

|              |                       |           |                                           |    |    |
|--------------|-----------------------|-----------|-------------------------------------------|----|----|
| 7            | Non Patent Literature | NPL18.pdf | 455840                                    | no | 10 |
|              |                       |           | f4b9b59a#f641590a0#c49a0096#88#ce18#805c  |    |    |
| Warnings:    |                       |           |                                           |    |    |
| Information: |                       |           |                                           |    |    |
| 8            | Non Patent Literature | NPL19.pdf | 429510                                    | no | 10 |
|              |                       |           | c99e402576357a59b1a346782#900001e581efb   |    |    |
| Warnings:    |                       |           |                                           |    |    |
| Information: |                       |           |                                           |    |    |
| 9            | Non Patent Literature | NPL20.pdf | 3765296                                   | no | 54 |
|              |                       |           | 6#4794fc13f6e3a09a00c787b7289#05f4#50c8f  |    |    |
| Warnings:    |                       |           |                                           |    |    |
| Information: |                       |           |                                           |    |    |
| 10           | Non Patent Literature | NPL21.pdf | 510683                                    | no | 13 |
|              |                       |           | 79f43#20#3aa601480aee1a759b21#34eb94#e14  |    |    |
| Warnings:    |                       |           |                                           |    |    |
| Information: |                       |           |                                           |    |    |
| 11           | Non Patent Literature | NPL22.pdf | 17811920                                  | no | 27 |
|              |                       |           | 8c6#6a7875eab2a8e81be9546b6ac9b38e29250c  |    |    |
| Warnings:    |                       |           |                                           |    |    |
| Information: |                       |           |                                           |    |    |
| 12           | Non Patent Literature | NPL23.pdf | 415179                                    | no | 5  |
|              |                       |           | 9#168ec713#eb31638149af89a8817907b06eeab  |    |    |
| Warnings:    |                       |           |                                           |    |    |
| Information: |                       |           |                                           |    |    |
| 13           | Non Patent Literature | NPL24.pdf | 462443                                    | no | 5  |
|              |                       |           | ffb3c14f1a15281a0b09f295372f2ecffc86fe6f0 |    |    |
| Warnings:    |                       |           |                                           |    |    |
| Information: |                       |           |                                           |    |    |
| 14           | Non Patent Literature | NPL25.pdf | 3963920                                   | no | 62 |
|              |                       |           | 6c0f538654a65#ed#5a158ff2#ad#c2a752f50165 |    |    |
| Warnings:    |                       |           |                                           |    |    |
| Information: |                       |           |                                           |    |    |
| 15           | Non Patent Literature | NPL26.pdf | 2902373                                   | no | 42 |
|              |                       |           | 1124cb880#f26e70a2eb74fc666937e27b100509  |    |    |
| Warnings:    |                       |           |                                           |    |    |
| Information: |                       |           |                                           |    |    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                       |              |                                                    |    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------|----------------------------------------------------|----|----|
| 16                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Non Patent Literature | NPL27.pdf    | 2632716<br>9d5c38c3c65316dbde1f5ea4afb26258c70dcf2 | no | 25 |
| <b>Warnings:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                       |              |                                                    |    |    |
| The page size in the PDF is too large. The pages should be 8.5 x 11 or A4. If this PDF is submitted, the pages will be resized upon entry into the Image File Wrapper and may affect subsequent processing                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                       |              |                                                    |    |    |
| <b>Information:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                       |              |                                                    |    |    |
| 17                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Fee Worksheet (SB06)  | fee-info.pdf | 30417<br>c1104708a977d4e74fad319c6ec709e7e0df7453  | no | 2  |
| <b>Warnings:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                       |              |                                                    |    |    |
| <b>Information:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                       |              |                                                    |    |    |
| <b>Total Files Size (in bytes):</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                       |              | 36702859                                           |    |    |
| <p><b>This Acknowledgement Receipt evidences receipt on the noted date by the USPTO of the indicated documents, characterized by the applicant, and including page counts, where applicable. It serves as evidence of receipt similar to a Post Card, as described in MPEP 503.</b></p> <p><b><u>New Applications Under 35 U.S.C. 111</u></b><br/> If a new application is being filed and the application includes the necessary components for a filing date (see 37 CFR 1.53(b)-(d) and MPEP 506), a Filing Receipt (37 CFR 1.54) will be issued in due course and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the filing date of the application.</p> <p><b><u>National Stage of an International Application under 35 U.S.C. 371</u></b><br/> If a timely submission to enter the national stage of an international application is compliant with the conditions of 35 U.S.C. 371 and other applicable requirements a Form PCT/DO/EO/903 indicating acceptance of the application as a national stage submission under 35 U.S.C. 371 will be issued in addition to the Filing Receipt, in due course.</p> <p><b><u>New International Application Filed with the USPTO as a Receiving Office</u></b><br/> If a new international application is being filed and the international application includes the necessary components for an international filing date (see PCT Article 11 and MPEP 1810), a Notification of the International Application Number and of the International Filing Date (Form PCT/RO/105) will be issued in due course, subject to prescriptions concerning national security, and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the international filing date of the application.</p> |                       |              |                                                    |    |    |

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

|                        |                          |             |               |
|------------------------|--------------------------|-------------|---------------|
| First Named Inventor : | Aristeidis Karalis       | Art Unit :  | 3649          |
| Serial No. :           | 13/789,860               | Examiner :  | Fritz Fleming |
| Filed :                | March 8, 2013            | Conf. No. : | 4131          |
| Title :                | WIRELESS ENERGY TRANSFER |             |               |

**MAIL STOP AMENDMENT**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT

Please consider the references listed on the enclosed PTO-SB-08 or Disclosure Form. Foreign patent documents and non-patent literature are enclosed; cited U.S. patents and patent application publications will be provided on request. A copy of a communication from a foreign patent office in a counterpart application is also enclosed.

This statement is being filed after a first action on the merits, but before receipt of a final action or a notice of allowance. A late submission fee in the amount of \$180, specified by 37 CFR §1.17(p), is being paid with this statement.

Apply any necessary charges or credits to deposit account 06-1050, referencing the above attorney docket number.

Respectfully submitted,

Date: April 10, 2015

/Marc M. Wefers Reg. No. 56,842/

Marc M. Wefers  
Reg. No. 56,842

Customer Number 26161  
Fish & Richardson P.C.  
Telephone: (617) 542-5070  
Facsimile: (877) 769-7945

23378262.doc

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

|                        |                          |             |               |
|------------------------|--------------------------|-------------|---------------|
| First Named Inventor : | Aristeidis Karalis       | Art Unit :  | 3649          |
| Serial No. :           | 13/789,860               | Examiner :  | Fritz Fleming |
| Filed :                | March 8, 2013            | Conf. No. : | 4131          |
| Title :                | WIRELESS ENERGY TRANSFER |             |               |

**Mail Stop Amendment**

Commissioner for Patents

P.O. Box 1450

Alexandria, VA 22313-1450

REPLY TO ACTION OF MARCH 13, 2015

Please consider the following reply.

List of claims (replacing prior versions).

1. (Currently Amended) A power supply system comprising:

a power supply loop that is configured to be supplied with power from a power supply;

a power supply-side resonance coil that is configured to be supplied with power from the power supply loop in a non-contact manner, wherein the power supply-side resonance coil is part of a source resonator having a resonant frequency  $\omega_1$ , an intrinsic loss rate  $\Gamma_1$ , and an intrinsic quality factor  $Q_1 = \omega_1 / (2\Gamma_1)$ ;

a power receiving-side resonance coil that is configured to be supplied with power from the power supply-side resonance coil in a non-contact manner, wherein the power receiving-side resonance coil is part of a device resonator having a resonant frequency  $\omega_2$ , an intrinsic loss rate  $\Gamma_2$ , and an intrinsic quality factor  $Q_2 = \omega_2 / (2\Gamma_2)$ ;

a power receiving loop that is configured to be supplied with power from the power receiving-side resonance coil in a non-contact manner;

~~wherein at least one of a distance between the power supply loop and the power supply-side resonance coil and a distance between the power receiving loop and the power receiving-side resonance coil is adjustable on the basis of a distance between the power supply-side resonance coil and the power receiving-side resonance coil~~ the device module is configured to be movable relative to the source module over a range of distances D between the source module and the device module, and

wherein the source resonator and the device resonator are configured to resonantly and wirelessly couple electromagnetic power from the source resonator to the device resonator using non-radiative electromagnetic induction having a coupling coefficient  $\kappa$ , and wherein the intrinsic loss rates satisfy  $\kappa / \sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2} > 1$  over the range of distances D.

2. (Original) The power supply system according to claim 1, wherein the at least one of the distance between the power supply loop and the power supply-side resonance coil and the

distance between the power receiving loop and the power receiving-side resonance coil is adjustable so as to increase a power supply efficiency.

3.-18. (Cancelled)

19. (New) The power supply system of claim 1, wherein the power provided to the power receiving loop from the power receiving-side resonance coil defines a work drainage rate  $\Gamma_w$ , and wherein the work drainage rate  $\Gamma_w$  is configured to be set such that

$\Gamma_w = \Gamma_2 \sqrt{1 + wp \cdot (\kappa^2 / \Gamma_1 \cdot \Gamma_2)}$  for some value of the ~~energy transfer rate coupling coefficient~~  $\kappa$  in the range of distances D, wherein  $wp$  is a parameter satisfying  $wp > 0$ .

20. (New) The power supply system of claim 19, wherein the parameter  $wp$  satisfies  $wp \geq 1$ .

21. (New) The power supply system of claim 20, wherein the parameter  $wp$  satisfies  $1 \leq wp \leq 10$ .

22. (New) The power supply system of claim 21, wherein the parameter  $wp$  satisfies  $1 < wp \leq 10$ .

23. (New) The power supply system of claim 19, wherein the parameter  $wp$  is set to optimize an efficiency of the non-contact power supply of the power supply-side resonance coil by the power receiving-side resonance coil.

24. (New) The power supply system of claim 19, wherein the parameter  $wp$  is set to decrease energy stored in the device resonator to prevent breakdown of a capacitor material providing a capacitance for the device resonator.

25. (New) The power supply system of claim 19, wherein the parameter  $w_p$  is set to decrease energy stored in the device resonator.

26. (New) The power supply system of claim 1, further comprising a portable electronic device comprising the power receiving loop, wherein the portable electronic device is a cell phone, a computer, or a robot, wherein  $f_1 = \omega_1 / (2\pi)$  and  $f_2 = \omega_2 / (2\pi)$ , and  $f_1$  and  $f_2$ , are between 1 MHz and 10 MHz, and wherein each intrinsic loss rate comprises a resistive component and a radiative component.

27. (New) The power supply system of claim 1, wherein  $Q_1 > 100$ .

28. (New) The power supply system of claim 27, wherein the intrinsic quality factors satisfy  $\sqrt{Q_1 Q_2} > 100$ .

29. (New) The power supply system of claim 26, wherein power provided to the load from the device resonator is at least 1 Watt.

30. (New) The power supply system of claim 1, further comprising a vehicle comprising the power receiving loop, wherein a load is coupled to the power receiving loop to receive power from the device resonator, wherein the power provided to the load from the device resonator is greater than 10 Watts, and wherein  $f_1 = \omega_1 / (2\pi)$  and  $f_2 = \omega_2 / (2\pi)$ , and  $f_1$  and  $f_2$ , are between 10 kHz and 1 MHz.

31. (New) The power supply system of claim 30, wherein  $f_1$  and  $f_2$ , are between 10 kHz and 100 kHz.

32. (New) The power supply system of claim 30, wherein the intrinsic loss rates satisfy  $\kappa / \sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2} > 5$  over the range of distances  $D$ .

33. (New) The power supply system of claim 30, wherein the power provided to the load from the device resonator is on the order of 1 kW.

34. (New) The power supply system of claim 30, wherein  $Q_1 > 100$  and  $Q_2 > 100$ .

35. (New) The power supply system of claim 30, wherein the power provided to the load from the device resonator is on the order of 1 kW, wherein the intrinsic loss rates satisfy  $\kappa/\sqrt{\Gamma_1\Gamma_2} > 5$  over the range of distances D, and wherein  $Q_1 > 200$  and  $Q_2 > 200$ .

### REMARKS

Based on the above amendments, claims 1-2 and 19-35 are pending. Claim 1 is the only independent claim. Claims 19-35 are new.

#### Prior Art Rejections

Claims 1-2 stand rejected under pre-AIA 35 U.S.C. 103(e) as allegedly unpatentable over US 2005/0125093 ("Kikuchi"). We traverse.

In conjunction with other limitations, independent claim 1 recites "the device module is configured to be movable relative to the source module over a range of distances D between the source module and the device module." This limitation is not taught or suggested in Kikuchi.

To the contrary, what the Action identifies in Kikuchi as the claimed power supply-side resonance coil in the source module and the claimed power receiving-side resonance coil in the device module are coils 31 and 32, respectively, in Kikuchi's matching tuning circuit 34. The coils 31 and 32 cannot be movable relative to one another because Kikuchi's expressly teaches them being connected in series with one another (see, e.g., paragraphs [0076], [0089], and [0110]-[0112]) and because Kikuchi expressly teaches them being mounted onto a common substrate 35 (see, e.g., paragraphs [0076] and Figs. 3 and 6).

Moreover, independent claim 1 as presently amended further recites the source resonator having a resonant frequency  $\omega_1$ , an intrinsic loss rate  $\Gamma_1$ , and an intrinsic quality factor  $Q_1 = \omega_1 / (2\Gamma_1)$ , the device resonator having a resonant frequency  $\omega_2$ , an intrinsic loss rate  $\Gamma_2$ , and an intrinsic quality factor  $Q_2 = \omega_2 / (2\Gamma_2)$ , and that the source resonator and the device resonator are configured to resonantly and wirelessly couple electromagnetic power from the source resonator to the device resonator using non-radiative electromagnetic induction having a coupling coefficient  $\kappa$ , wherein the intrinsic loss rates satisfy  $\kappa / \sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2} > 1$  over the range of distances D. Such features are also not disclosed in Kikuchi.

Accordingly, Applicants request that the rejections based on Kikuchi be withdrawn.

Moreover, Applicants respectfully submit that Kikuchi fails to disclose the limitations of new dependent claims 19-35. By way of example, new dependent claim 20 requires the parameter  $wp$  to satisfy  $wp \geq 1$ , where the power provided to the power receiving loop from the

power receiving-side resonance coil defines a work drainage rate  $\Gamma_w$ , and wherein the work drainage rate  $\Gamma_w$  is configured to be set such that  $\Gamma_w = \Gamma_2 \sqrt{1 + wp \cdot (\kappa^2 / \Gamma_1 \cdot \Gamma_2)}$  for some value of the coupling coefficient  $\kappa$  in the range of distances  $D$ . Applicants can find no such disclosure in Kikuchi.

In contrast, the present specification generally describes optimizing the energy transfer based on  $\Gamma_{\text{work}}/\Gamma_{\text{d[e]}}$  at, for example, page 47, line 15 through page 53, line 10 (especially, page 50, lines 1-7 and page 51, lines 11-20), where  $\Gamma_{\text{d[e]}}$  is the total loss rate for the device resonator (which corresponds to the second resonator structure in the claims) including intrinsic losses (which corresponds to  $\Gamma_2$  in the claims) and further including perturbative losses due to extraneous objects (page 42, lines 5-13 and page 47, line 16, to page 48, line 1). For example, to optimize the efficiency of the energy transfer, the application discloses that the ratio  $\Gamma_{\text{work}}/\Gamma_{\text{d[e]}}$  can be chosen to be equal to  $\sqrt{1 + fom_{[e]}^2}$  (page 48, lines 12-19; page 50, line 3; page 51, line 16; page 18, lines 18-21; and page 37, line 18-19) where  $fom_{[e]}$ , the distance-dependent figure-of-merit of the perturbed resonant energy-exchange system, is expressed as  $fom_{[e]} = \frac{\kappa_{[e]}}{\sqrt{\Gamma_{s[e]}\Gamma_{d[e]}}}$  (page 48, lines 12-19). The application further parametrizes this expression based on the variable “wp” according to  $\Gamma_{\text{work}}/\Gamma_{\text{d[e]}} = \sqrt{1 + wp \cdot fom_{[e]}^2}$  (page 51, lines 11-20), and describes  $wp = 1$  as the condition for optimum efficiency, and  $wp > 1$  as the condition for decreasing energy stored in the device resonator (corresponding to the claimed second resonator structure). The latter can be important to minimize capacitive breakdown in the device resonator (page 51, line 17 through page 52, line 6). For example, the application contemplates an embodiment with  $wp = 10$  (page 52, line 25, through page 53, line 5). This is in contrast to the common impedance matching condition, which corresponds to  $wp = 0$  (see page 51, lines 14-16).

#### Double Patenting Rejection

Claims 1-2 are provisionally rejected on the ground of nonstatutory double patenting as being allegedly unpatentable over claims 1-28 of copending Application No. 13/477,459 in view

of Kikuchi. Claims 1-2 are also rejected on the ground of nonstatutory double patenting as being allegedly unpatentable over claims 1-44 of U.S. Patent No. 8,760,007 in view of Kikuchi.

Applicants request that the rejections be held in abeyance until the claims are otherwise in condition for allowance, at which time Applicants will consider filing Terminal Disclaimers to moot the rejections.

#### In Conclusion

All of the dependent claims are patentable for at least similar reasons as those for the claims on which they depend are patentable.

Canceled claims, if any, have been canceled without prejudice or disclaimer.

Any circumstance in which the applicant has (a) addressed certain comments of the examiner does not mean that the applicant concedes other comments of the examiner, (b) made arguments for the patentability of some claims does not mean that there are not other good reasons for patentability of those claims and other claims, or (c) amended or canceled a claim does not mean that the applicant concedes any of the examiner's positions with respect to that claim or other claims.

The applicant respectfully requests consideration of all filed IDSs not previously considered, by initialing and returning each Form PTO-1449.

The fees in the amount of \$600.00 for the Two Month Extension of Time are being paid with this reply on the Electronic Filing System. Apply those fees and any other necessary charges or credits to Deposit Account 06-1050, referencing the above attorney docket number.

First Named Inventor : Aristeidis Karalis  
Serial No. : 13/789,860  
Filed : March 8, 2013  
Page : 9 of 9

Attorney's Docket No.: 01997-0358008 / MIT Case  
No. 12525

Respectfully submitted,

Date: August 12, 2015

/Marc M. Wefers Reg. No. 56,842/  
Marc M. Wefers  
Reg. No. 56,842

Customer Number 26161  
Fish & Richardson P.C.  
Telephone: (617) 542-5070  
Facsimile: (877) 769-7945

2345415.doc

| Electronic Patent Application Fee Transmittal      |          |                               |        |                      |
|----------------------------------------------------|----------|-------------------------------|--------|----------------------|
| <b>Application Number:</b>                         |          | 13789860                      |        |                      |
| <b>Filing Date:</b>                                |          | 08-Mar-2013                   |        |                      |
| <b>Title of Invention:</b>                         |          | WIRELESS ENERGY TRANSFER      |        |                      |
| <b>First Named Inventor/Applicant Name:</b>        |          | Aristeidis Karalis            |        |                      |
| <b>Filer:</b>                                      |          | Marc M. Wefers/Cheryl Forrest |        |                      |
| <b>Attorney Docket Number:</b>                     |          | 01997-0358008                 |        |                      |
| Filed as Large Entity                              |          |                               |        |                      |
| <b>Filing Fees for Utility under 35 USC 111(a)</b> |          |                               |        |                      |
| Description                                        | Fee Code | Quantity                      | Amount | Sub-Total in USD(\$) |
| <b>Basic Filing:</b>                               |          |                               |        |                      |
| <b>Pages:</b>                                      |          |                               |        |                      |
| <b>Claims:</b>                                     |          |                               |        |                      |
| <b>Miscellaneous-Filing:</b>                       |          |                               |        |                      |
| <b>Petition:</b>                                   |          |                               |        |                      |
| <b>Patent-Appeals-and-Interference:</b>            |          |                               |        |                      |
| <b>Post-Allowance-and-Post-Issuance:</b>           |          |                               |        |                      |
| <b>Extension-of-Time:</b>                          |          |                               |        |                      |

| Description                        | Fee Code | Quantity | Amount | Sub-Total in USD(\$) |
|------------------------------------|----------|----------|--------|----------------------|
| Extension - 2 months with \$0 paid | 1252     | 1        | 600    | 600                  |
| <b>Miscellaneous:</b>              |          |          |        |                      |
| <b>Total in USD (\$)</b>           |          |          |        | <b>600</b>           |

| Electronic Acknowledgement Receipt          |                               |
|---------------------------------------------|-------------------------------|
| <b>EFS ID:</b>                              | 23191027                      |
| <b>Application Number:</b>                  | 13789860                      |
| <b>International Application Number:</b>    |                               |
| <b>Confirmation Number:</b>                 | 4131                          |
| <b>Title of Invention:</b>                  | WIRELESS ENERGY TRANSFER      |
| <b>First Named Inventor/Applicant Name:</b> | Aristeidis Karalis            |
| <b>Customer Number:</b>                     | 26161                         |
| <b>Filer:</b>                               | Marc M. Wefers/Cheryl Forrest |
| <b>Filer Authorized By:</b>                 | Marc M. Wefers                |
| <b>Attorney Docket Number:</b>              | 01997-0358008                 |
| <b>Receipt Date:</b>                        | 12-AUG-2015                   |
| <b>Filing Date:</b>                         | 08-MAR-2013                   |
| <b>Time Stamp:</b>                          | 15:51:11                      |
| <b>Application Type:</b>                    | Utility under 35 USC 111(a)   |

**Payment information:**

|                                                                                                                |                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Submitted with Payment                                                                                         | yes                   |
| Payment Type                                                                                                   | Deposit Account       |
| Payment was successfully received in RAM                                                                       | \$600                 |
| RAM confirmation Number                                                                                        | 2324                  |
| Deposit Account                                                                                                | 061050                |
| Authorized User                                                                                                | FISH & RICHARDSON P C |
| The Director of the USPTO is hereby authorized to charge indicated fees and credit any overpayment as follows: |                       |

**File Listing:**

| Document Number                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Document Description                                  | File Name     | File Size(Bytes)/ Message Digest                       | Multi Part /.zip | Pages (if appl.) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------------|------------------|------------------|
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                       | ReplytoOA.pdf | 111256<br>857d3095316860975c5a26087cb410645ab<br>cfc93 | yes              | 9                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Multipart Description/PDF files in .zip description   |               |                                                        |                  |                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Document Description                                  |               | Start                                                  | End              |                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Amendment/Req. Reconsideration-After Non-Final Reject |               | 1                                                      | 1                |                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Claims                                                |               | 2                                                      | 5                |                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Applicant Arguments/Remarks Made in an Amendment      |               | 6                                                      | 9                |                  |
| Warnings:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                       |               |                                                        |                  |                  |
| Information:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                       |               |                                                        |                  |                  |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Fee Worksheet (SB06)                                  | fee-info.pdf  | 30597<br>7636b3b9ffb97f515471d24ec3773ba7433a<br>5e99  | no               | 2                |
| Warnings:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                       |               |                                                        |                  |                  |
| Information:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                       |               |                                                        |                  |                  |
| Total Files Size (in bytes):                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                       |               | 141853                                                 |                  |                  |
| <p>This Acknowledgement Receipt evidences receipt on the noted date by the USPTO of the indicated documents, characterized by the applicant, and including page counts, where applicable. It serves as evidence of receipt similar to a Post Card, as described in MPEP 503.</p> <p><b><u>New Applications Under 35 U.S.C. 111</u></b><br/>If a new application is being filed and the application includes the necessary components for a filing date (see 37 CFR 1.53(b)-(d) and MPEP 506), a Filing Receipt (37 CFR 1.54) will be issued in due course and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the filing date of the application.</p> <p><b><u>National Stage of an International Application under 35 U.S.C. 371</u></b><br/>If a timely submission to enter the national stage of an international application is compliant with the conditions of 35 U.S.C. 371 and other applicable requirements a Form PCT/DO/EO/903 indicating acceptance of the application as a national stage submission under 35 U.S.C. 371 will be issued in addition to the Filing Receipt, in due course.</p> <p><b><u>New International Application Filed with the USPTO as a Receiving Office</u></b><br/>If a new international application is being filed and the international application includes the necessary components for an international filing date (see PCT Article 11 and MPEP 1810), a Notification of the International Application Number and of the International Filing Date (Form PCT/RO/105) will be issued in due course, subject to prescriptions concerning national security, and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the international filing date of the application.</p> |                                                       |               |                                                        |                  |                  |

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                               |                                  |       |                                                   |               |                                  |   |                                       |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------|---------------------------------------------------|---------------|----------------------------------|---|---------------------------------------|--|
| <b>PATENT APPLICATION FEE DETERMINATION RECORD</b><br>Substitute for Form PTO-875                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                               |                                  |       | Application or Docket Number<br><b>13/789,860</b> |               | Filing Date<br><b>03/08/2013</b> |   | <input type="checkbox"/> To be Mailed |  |
| ENTITY: <input checked="" type="checkbox"/> LARGE <input type="checkbox"/> SMALL <input type="checkbox"/> MICRO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                               |                                  |       |                                                   |               |                                  |   |                                       |  |
| <b>APPLICATION AS FILED – PART I</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                               |                                  |       |                                                   |               |                                  |   |                                       |  |
| (Column 1)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                               | (Column 2)                       |       |                                                   |               |                                  |   |                                       |  |
| FOR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | NUMBER FILED                                                                                                                                                                                                                  | NUMBER EXTRA                     |       | RATE (\$)                                         |               | FEE (\$)                         |   |                                       |  |
| <input type="checkbox"/> BASIC FEE<br>(37 CFR 1.16(a), (b), or (c))                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | N/A                                                                                                                                                                                                                           | N/A                              |       | N/A                                               |               |                                  |   |                                       |  |
| <input type="checkbox"/> SEARCH FEE<br>(37 CFR 1.16(k), (i), or (m))                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | N/A                                                                                                                                                                                                                           | N/A                              |       | N/A                                               |               |                                  |   |                                       |  |
| <input type="checkbox"/> EXAMINATION FEE<br>(37 CFR 1.16(o), (p), or (q))                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | N/A                                                                                                                                                                                                                           | N/A                              |       | N/A                                               |               |                                  |   |                                       |  |
| TOTAL CLAIMS<br>(37 CFR 1.16(i))                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | minus 20 =                                                                                                                                                                                                                    | *                                |       | X \$                                              | =             |                                  |   |                                       |  |
| INDEPENDENT CLAIMS<br>(37 CFR 1.16(h))                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | minus 3 =                                                                                                                                                                                                                     | *                                |       | X \$                                              | =             |                                  |   |                                       |  |
| <input type="checkbox"/> APPLICATION SIZE FEE<br>(37 CFR 1.16(s))                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | If the specification and drawings exceed 100 sheets of paper, the application size fee due is \$310 (\$155 for small entity) for each additional 50 sheets or fraction thereof. See 35 U.S.C. 41(a)(1)(G) and 37 CFR 1.16(s). |                                  |       |                                                   |               |                                  |   |                                       |  |
| <input type="checkbox"/> MULTIPLE DEPENDENT CLAIM PRESENT (37 CFR 1.16(j))                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                               |                                  |       |                                                   |               |                                  |   |                                       |  |
| * If the difference in column 1 is less than zero, enter "0" in column 2.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                               |                                  |       | TOTAL                                             |               |                                  |   |                                       |  |
| <b>APPLICATION AS AMENDED – PART II</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                               |                                  |       |                                                   |               |                                  |   |                                       |  |
| (Column 1)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                               | (Column 2)                       |       | (Column 3)                                        |               |                                  |   |                                       |  |
| <b>AMENDMENT</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>08/12/2015</b>                                                                                                                                                                                                             | CLAIMS REMAINING AFTER AMENDMENT |       | HIGHEST NUMBER PREVIOUSLY PAID FOR                | PRESENT EXTRA | RATE (\$)                        |   | ADDITIONAL FEE (\$)                   |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Total (37 CFR 1.16(i))                                                                                                                                                                                                        | * 19                             | Minus | ** 20                                             | = 0           | X \$80 =                         |   | 0                                     |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Independent (37 CFR 1.16(h))                                                                                                                                                                                                  | * 1                              | Minus | ***10                                             | = 0           | X \$420 =                        |   | 0                                     |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <input type="checkbox"/> Application Size Fee (37 CFR 1.16(s))                                                                                                                                                                |                                  |       |                                                   |               |                                  |   |                                       |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <input type="checkbox"/> FIRST PRESENTATION OF MULTIPLE DEPENDENT CLAIM (37 CFR 1.16(j))                                                                                                                                      |                                  |       |                                                   |               |                                  |   |                                       |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                               |                                  |       |                                                   |               | TOTAL ADD'L FEE                  |   | <b>0</b>                              |  |
| (Column 1)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                               | (Column 2)                       |       | (Column 3)                                        |               |                                  |   |                                       |  |
| <b>AMENDMENT</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                               | CLAIMS REMAINING AFTER AMENDMENT |       | HIGHEST NUMBER PREVIOUSLY PAID FOR                | PRESENT EXTRA | RATE (\$)                        |   | ADDITIONAL FEE (\$)                   |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Total (37 CFR 1.16(i))                                                                                                                                                                                                        | *                                | Minus | **                                                | =             | X \$                             | = |                                       |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Independent (37 CFR 1.16(h))                                                                                                                                                                                                  | *                                | Minus | ***                                               | =             | X \$                             | = |                                       |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <input type="checkbox"/> Application Size Fee (37 CFR 1.16(s))                                                                                                                                                                |                                  |       |                                                   |               |                                  |   |                                       |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <input type="checkbox"/> FIRST PRESENTATION OF MULTIPLE DEPENDENT CLAIM (37 CFR 1.16(j))                                                                                                                                      |                                  |       |                                                   |               |                                  |   |                                       |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                               |                                  |       |                                                   |               | TOTAL ADD'L FEE                  |   |                                       |  |
| <p>* If the entry in column 1 is less than the entry in column 2, write "0" in column 3.</p> <p>** If the "Highest Number Previously Paid For" IN THIS SPACE is less than 20, enter "20".</p> <p>*** If the "Highest Number Previously Paid For" IN THIS SPACE is less than 3, enter "3".</p> <p>The "Highest Number Previously Paid For" (Total or Independent) is the highest number found in the appropriate box in column 1.</p> |                                                                                                                                                                                                                               |                                  |       |                                                   |               |                                  |   |                                       |  |

This collection of information is required by 37 CFR 1.16. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 12 minutes to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. **SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.**

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 and select option 2.

|                                                                                                                    |                                                            |                                               |                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------|
| Substitute Disclosure Form                                                                                         | U.S. Department of Commerce<br>Patent and Trademark Office | Attorney Docket No.<br><b>01997-0358008</b>   | Application No.<br><b>13/789,860</b> |
| <b>Information Disclosure Statement<br/>by Applicant</b><br>(Use several sheets if necessary)<br>(37 CFR §1.98(b)) |                                                            | Applicant<br><b>Aristeidis Karalis et al.</b> |                                      |
|                                                                                                                    |                                                            | Filing Date<br><b>March 8, 2013</b>           | Group Art Unit<br><b>3649</b>        |

**U.S. Patent Documents**

| Examiner Initial | Desig. ID | Document Number | Publication Date | Patentee            | Class | Subclass | Filing Date If Appropriate |
|------------------|-----------|-----------------|------------------|---------------------|-------|----------|----------------------------|
|                  | 1.        | 6,407,470       | 6/18/2002        | Seelig              |       |          |                            |
|                  | 2.        | 9,065,286       | 6/23/2015        | Joannopoulos et al. |       |          |                            |
|                  | 3.        | 2015/0188321    | 7/2/2015         | Joannopoulos et al. |       |          |                            |

**Foreign Patent Documents or Published Foreign Patent Applications**

| Examiner Initial | Desig. ID | Document Number | Publication Date | Country or Patent Office | Class | Subclass | Translation |    |
|------------------|-----------|-----------------|------------------|--------------------------|-------|----------|-------------|----|
|                  |           |                 |                  |                          |       |          | Yes         | No |
|                  | 4.        |                 |                  |                          |       |          |             |    |

**Other Documents (include Author, Title, Date, and Place of Publication)**

| Examiner Initial | Desig. ID | Document                                                                                                                               |
|------------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                  | 5.        | Chinese Office Action, Application No. 201310280724.1; Dated June 16, 2015; Applicant: Massachusetts Institute of Technology (7 pages) |
|                  | 6.        | Korean Office Action, Application No. 10-2015-7005681; mailed May 1, 2015; Applicant: Massachusetts Institute of Technology; (6 pages) |
|                  | 7.        | Copy of Non-Final Office Action for US Application Serial No. 14/629,709 by Examiner Fritz M. Fleming dated 8/14/2015 (40 pages)       |
|                  | 8.        | Copy of Non-Final Office Action for US Application Serial No. 14/666,683 by Examiner Fritz M. Fleming dated 8/17/2015 (42 pages)       |

|                                                                                                                                                                              |                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Examiner Signature                                                                                                                                                           | Date Considered |
| EXAMINER: Initials citation considered. Draw line through citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant. |                 |

Substitute Disclosure Form

| Electronic Patent Application Fee Transmittal        |          |                               |        |                      |
|------------------------------------------------------|----------|-------------------------------|--------|----------------------|
| <b>Application Number:</b>                           |          | 13789860                      |        |                      |
| <b>Filing Date:</b>                                  |          | 08-Mar-2013                   |        |                      |
| <b>Title of Invention:</b>                           |          | WIRELESS ENERGY TRANSFER      |        |                      |
| <b>First Named Inventor/Applicant Name:</b>          |          | Aristeidis Karalis            |        |                      |
| <b>Filer:</b>                                        |          | Marc M. Wefers/Cheryl Forrest |        |                      |
| <b>Attorney Docket Number:</b>                       |          | 01997-0358008                 |        |                      |
| Filed as Large Entity                                |          |                               |        |                      |
| <b>Filing Fees for   Utility under 35 USC 111(a)</b> |          |                               |        |                      |
| Description                                          | Fee Code | Quantity                      | Amount | Sub-Total in USD(\$) |
| <b>Basic Filing:</b>                                 |          |                               |        |                      |
| <b>Pages:</b>                                        |          |                               |        |                      |
| <b>Claims:</b>                                       |          |                               |        |                      |
| <b>Miscellaneous-Filing:</b>                         |          |                               |        |                      |
| <b>Petition:</b>                                     |          |                               |        |                      |
| <b>Patent-Appeals-and-Interference:</b>              |          |                               |        |                      |
| <b>Post-Allowance-and-Post-Issuance:</b>             |          |                               |        |                      |
| <b>Extension-of-Time:</b>                            |          |                               |        |                      |

| Description                             | Fee Code | Quantity | Amount | Sub-Total in USD(\$) |
|-----------------------------------------|----------|----------|--------|----------------------|
| <b>Miscellaneous:</b>                   |          |          |        |                      |
| Submission- Information Disclosure Stmt | 1806     | 1        | 180    | 180                  |
| <b>Total in USD (\$)</b>                |          |          |        | <b>180</b>           |

## Electronic Acknowledgement Receipt

|                                             |                               |
|---------------------------------------------|-------------------------------|
| <b>EFS ID:</b>                              | 23264616                      |
| <b>Application Number:</b>                  | 13789860                      |
| <b>International Application Number:</b>    |                               |
| <b>Confirmation Number:</b>                 | 4131                          |
| <b>Title of Invention:</b>                  | WIRELESS ENERGY TRANSFER      |
| <b>First Named Inventor/Applicant Name:</b> | Aristeidis Karalis            |
| <b>Customer Number:</b>                     | 26161                         |
| <b>Filer:</b>                               | Marc M. Wefers/Cheryl Forrest |
| <b>Filer Authorized By:</b>                 | Marc M. Wefers                |
| <b>Attorney Docket Number:</b>              | 01997-0358008                 |
| <b>Receipt Date:</b>                        | 20-AUG-2015                   |
| <b>Filing Date:</b>                         | 08-MAR-2013                   |
| <b>Time Stamp:</b>                          | 14:39:14                      |
| <b>Application Type:</b>                    | Utility under 35 USC 111(a)   |

### Payment information:

|                                                                                                                |                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Submitted with Payment                                                                                         | yes                   |
| Payment Type                                                                                                   | Deposit Account       |
| Payment was successfully received in RAM                                                                       | \$180                 |
| RAM confirmation Number                                                                                        | 883                   |
| Deposit Account                                                                                                | 061050                |
| Authorized User                                                                                                | FISH & RICHARDSON P C |
| The Director of the USPTO is hereby authorized to charge indicated fees and credit any overpayment as follows: |                       |

|                 |                                                     |               |                                          |                  |                  |
|-----------------|-----------------------------------------------------|---------------|------------------------------------------|------------------|------------------|
|                 |                                                     |               |                                          |                  |                  |
| File Listing:   |                                                     |               |                                          |                  |                  |
| Document Number | Document Description                                | File Name     | File Size(Bytes)/ Message Digest         | Multi Part /.zip | Pages (if appl.) |
| 1               |                                                     | 358008IDS.pdf | 136245                                   | yes              | 2                |
|                 |                                                     |               | e02129dd62f900bbbd339e4c0c786ae8a5118a6a |                  |                  |
|                 | Multipart Description/PDF files in .zip description |               |                                          |                  |                  |
|                 | Document Description                                |               | Start                                    |                  | End              |
|                 | Transmittal Letter                                  |               | 1                                        |                  | 1                |
|                 | Information Disclosure Statement (IDS) Form (SB08)  |               | 2                                        |                  | 2                |
| Warnings:       |                                                     |               |                                          |                  |                  |
| Information:    |                                                     |               |                                          |                  |                  |
| 2               | Non Patent Literature                               | CHINESEOA.pdf | 354727                                   | no               | 7                |
|                 |                                                     |               | a167da8df26dcca4ae55289b2614374041613ffa |                  |                  |
| Warnings:       |                                                     |               |                                          |                  |                  |
| Information:    |                                                     |               |                                          |                  |                  |
| 3               | Non Patent Literature                               | KOREANOA.pdf  | 3066225                                  | no               | 6                |
|                 |                                                     |               | dc61946e7366e0eb37e7d53cbd16921f53db1c22 |                  |                  |
| Warnings:       |                                                     |               |                                          |                  |                  |
| Information:    |                                                     |               |                                          |                  |                  |
| 4               | Non Patent Literature                               | OA358009.pdf  | 622406                                   | no               | 42               |
|                 |                                                     |               | 0b5ff46e6f5abf4c18dbd265dff87b0df080d47b |                  |                  |
| Warnings:       |                                                     |               |                                          |                  |                  |
| Information:    |                                                     |               |                                          |                  |                  |
| 5               | Non Patent Literature                               | OA359022.pdf  | 599913                                   | no               | 40               |
|                 |                                                     |               | 1823d05050d92bdf755a6732f238f001afdcf712 |                  |                  |
| Warnings:       |                                                     |               |                                          |                  |                  |
| Information:    |                                                     |               |                                          |                  |                  |
| 6               | Fee Worksheet (SB06)                                | fee-info.pdf  | 30408                                    | no               | 2                |
|                 |                                                     |               | 0cd01bd3c49e63a67e413b5c7965417b8d7319ff |                  |                  |
| Warnings:       |                                                     |               |                                          |                  |                  |
| Information:    |                                                     |               |                                          |                  |                  |

This Acknowledgement Receipt evidences receipt on the noted date by the USPTO of the indicated documents, characterized by the applicant, and including page counts, where applicable. It serves as evidence of receipt similar to a Post Card, as described in MPEP 503.

**New Applications Under 35 U.S.C. 111**

If a new application is being filed and the application includes the necessary components for a filing date (see 37 CFR 1.53(b)-(d) and MPEP 506), a Filing Receipt (37 CFR 1.54) will be issued in due course and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the filing date of the application.

**National Stage of an International Application under 35 U.S.C. 371**

If a timely submission to enter the national stage of an international application is compliant with the conditions of 35 U.S.C. 371 and other applicable requirements a Form PCT/DO/EO/903 indicating acceptance of the application as a national stage submission under 35 U.S.C. 371 will be issued in addition to the Filing Receipt, in due course.

**New International Application Filed with the USPTO as a Receiving Office**

If a new international application is being filed and the international application includes the necessary components for an international filing date (see PCT Article 11 and MPEP 1810), a Notification of the International Application Number and of the International Filing Date (Form PCT/RO/105) will be issued in due course, subject to prescriptions concerning national security, and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the international filing date of the application.

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

|                        |                          |             |                  |
|------------------------|--------------------------|-------------|------------------|
| First Named Inventor : | Aristeidis Karalis       | Art Unit :  | 3649             |
| Serial No. :           | 13/789,860               | Examiner :  | Fritz M. Fleming |
| Filed :                | March 8, 2013            | Conf. No. : | 4131             |
| Title :                | WIRELESS ENERGY TRANSFER |             |                  |

**MAIL STOP AMENDMENT**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT

Please consider the references listed on the enclosed PTO-SB-08 or Disclosure Form. Foreign patent documents and non-patent literature are enclosed; cited U.S. patents and patent application publications will be provided on request. A copy of a communication from a foreign patent office in a counterpart application is also enclosed.

This statement is being filed after a first action on the merits, but before receipt of a final action or a notice of allowance. A late submission fee in the amount of \$180, specified by 37 CFR §1.17(p), is being paid with this statement.

Apply any necessary charges or credits to deposit account 06-1050, referencing the above attorney docket number.

Please contact the undersigned if there are any questions regarding this Statement.

Respectfully submitted,

Date: August 20, 2015

/Marc M. Wefers Reg. No. 56,842/

Marc M. Wefers

Reg. No. 56,842

Customer Number 26161  
Fish & Richardson P.C.  
Telephone: (617) 542-5070  
Facsimile: (877) 769-7945

23428159.doc

PLUS Search Results for S/N 13789860, Searched Wed Oct 21 11:19:43 EDT 2015  
 The Patent Linguistics Utility System (PLUS) is a USPTO automated search system for U.S. Patents from 1971 to the present PLUS is a query-by-example search system which produces a list of patents that are most closely related linguistically to the application searched. This search was prepared by the staff of the Scientific and Technical Information Center, SIRA.

|                |                |                |
|----------------|----------------|----------------|
| 7741734 99     | 20100207458 99 | 8836172 84     |
| 7825543 99     | 20100225175 99 | 20090284083 84 |
| 8022576 99     | 20100231053 99 | 20100093125 84 |
| 8076800 99     | 20100237706 99 | 20100148589 84 |
| 8084889 99     | 20100237707 99 | 20110084781 84 |
| 8022576 99     | 20100237708 99 | 20110084781 84 |
| 8076800 99     | 20100253152 99 | 20120068549 84 |
| 8084889 99     | 20100264745 99 | 20140062211 84 |
| 8097983 99     | 20100277005 99 | 20140354071 84 |
| 8395282 99     | 20100327660 99 | 20150266724 84 |
| 8395283 99     | 20100327661 99 | 6279379 82     |
| 8400018 99     | 20110012431 99 | 7583717 82     |
| 8400019 99     | 20110018361 99 | 8339328 82     |
| 8400020 99     | 20110025131 99 | 20070195839 82 |
| 8400021 99     | 20110049996 99 | 20100033397 82 |
| 8400022 99     | 20110049998 99 | 20140265617 82 |
| 8400024 99     | 20110074218 99 | 6300098 76     |
| 8760007 99     | 20110074347 99 | 6342219 76     |
| 8760008 99     | 20110089895 99 | 6342221 76     |
| 8766485 99     | 20110074218 99 | 6391574 76     |
| 8772971 99     | 20110074347 99 | 6416758 76     |
| 8772972 99     | 20110089895 99 | 6465633 76     |
| 8791599 99     | 20110140544 99 | 6476046 76     |
| 9065286 99     | 20110148219 99 | 6476198 76     |
| 20080278264 99 | 20110162895 99 | 20030012782 76 |
| 20090195332 99 | 20110169339 99 | 8218232 71     |
| 20090195333 99 | 20110181122 99 | 20050088058 71 |
| 20090224856 99 | 20110193419 99 | 20090153952 71 |
| 20090267709 99 | 20110198939 99 | 6549100 68     |
| 20090267710 99 | 20110221278 99 | 20010012237 68 |
| 20100096934 99 | 20110227528 99 | 3581236 67     |
| 20100102639 99 | 20110227530 99 | 3899748 67     |
| 20100102640 99 | 20110241618 99 | 5053734 67     |
| 20100102641 99 | 20120228960 99 | 5031186 67     |
| 20100117455 99 | 20120248884 99 | 5425042 67     |
| 20100117456 99 | 20130181541 99 | 6335667 67     |
| 20100123353 99 | 20150048676 99 | 6366096 67     |
| 20100123354 99 | 20150188321 99 | 6367786 67     |
| 20100123355 99 | 20150194818 99 | 6404101 67     |
| 20100127573 99 | 8400023 86     | 6404786 67     |
| 20100127574 99 | 20110043046 86 | 6433918 67     |
| 20100127575 99 | 7055332 84     | 6466814 67     |
| 20100133918 99 | 7154212 84     | 6545571 67     |
| 20100133919 99 | 7639104 84     | 6560261 67     |
| 20100133920 99 | 8076801 84     | 6720280 67     |
| 20100171370 99 | 8076801 84     | 6881694 67     |
| 20100181844 99 | 8362651 84     | 7184629 67     |
| 20100187911 99 | 8464418 84     | 7190860 67     |
| 20100201205 99 | 8669831 84     | 7224866 67     |

|                |                |            |
|----------------|----------------|------------|
| 7236679 67     | 20080289419 67 | 7475102 62 |
| 7245195 67     | 20090283761 67 | 3642505 61 |
| 7286734 67     | 20100171485 67 | 4002694 61 |
| 7346241 67     | 20100248647 67 | 4160645 61 |
| 7352185 67     | 20100321759 67 | 5063391 61 |
| 7414497 67     | 20100321769 67 | 5256542 61 |
| 7415178 67     | 20100322553 67 | 6255458 61 |
| 7508212 67     | 20110007875 67 | 6258252 61 |
| 7549791 67     | 20110133568 67 | 6258257 61 |
| 7555179 67     | 20110150021 67 | 6274635 61 |
| 7924902 67     | 20110156823 67 | 6300129 61 |
| 8000448 67     | 20110201491 67 | 6311437 61 |
| 7924902 67     | 20110234046 67 | 6316465 61 |
| 8000448 67     | 20110279187 67 | 6319686 61 |
| 8097080 67     | 20120027038 67 | 6333099 61 |
| 8190366 67     | 20120038219 67 | 6335163 61 |
| 8212457 67     | 20120084046 67 | 6350467 61 |
| 8220331 67     | 20120113998 67 | 6383487 61 |
| 8238398 67     | 20120139652 67 | 6383778 61 |
| 8242856 67     | 20120218054 67 | 6395515 61 |
| 8315489 67     | 20120328233 67 | 6399601 61 |
| 8332150 67     | 20130025350 67 | 6410556 61 |
| 8351867 67     | 20130033261 67 | 6420140 61 |
| 8401046 67     | 20130176557 67 | 6422264 61 |
| 8426331 67     | 20130192372 67 | 6423403 61 |
| 8456730 67     | 20130286454 67 | 6423725 61 |
| 8476984 67     | 20140016666 67 | 6440187 61 |
| 8617471 67     | 20140084147 67 | 6451180 61 |
| 8698493 67     | 20140091636 67 | 6465478 61 |
| 8751993 67     | 20140091756 67 | 6554971 61 |
| 8786135 67     | 20140289692 67 | 6572991 61 |
| 8829764 67     | 20140333980 67 | 6601411 61 |
| 8860935 67     | 20150069831 67 | 6605515 61 |
| 8917960 67     | 20150236428 67 | 6660255 61 |
| 8991240 67     | 20150244082 67 | 6673430 61 |
| 9130348 67     | 6458592 63     | 6677138 61 |
| 9157850 67     | 6689564 63     | 6689450 61 |
| 20030048159 67 | 7145713 63     | 6747334 61 |
| 20030176273 67 | 7279288 63     | 6833268 61 |
| 20040029710 67 | 8062978 63     | 6911204 61 |
| 20040255671 67 | 8062978 63     | 7003010 61 |
| 20050206480 67 | 8734799 63     |            |
| 20060239615 67 | 9063123 63     |            |
| 20060239616 67 | 20020056150 63 |            |
| 20060239617 67 | 20060012797 63 |            |
| 20060239633 67 | 20060062791 63 |            |
| 20060239634 67 | 20090111782 63 |            |
| 20060280406 67 | 20100240627 63 |            |
| 20060280407 67 | 20120252051 63 |            |
| 20070053401 67 | 20130028891 63 |            |
| 20070223540 67 | 20140038890 63 |            |
| 20070257228 67 | 20150110716 63 |            |
| 20080048803 67 | 20150184249 63 |            |
| 20080186109 67 | 4983530 62     |            |
| 20080231281 67 | 6326179 62     |            |
| 20080273828 67 | 4167338 62     |            |

|                                                                                                                        |                                                            |                                               |                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------|
| Substitute Disclosure Form                                                                                             | U.S. Department of Commerce<br>Patent and Trademark Office | Attorney Docket No.<br><b>01997-0358008</b>   | Application No.<br><b>13/789,860</b> |
| <b>Information Disclosure Statement<br/>by Applicant</b><br>(Use several sheets if necessary)<br><br>(37 CFR §1.98(b)) |                                                            | Applicant<br><b>Aristeidis Karalis et al.</b> |                                      |
|                                                                                                                        |                                                            | Filing Date<br><b>March 8, 2013</b>           | Group Art Unit<br><b>3649</b>        |

| U.S. Patent Documents |           |                 |                  |          |       |          |                            |
|-----------------------|-----------|-----------------|------------------|----------|-------|----------|----------------------------|
| Examiner Initial      | Desig. ID | Document Number | Publication Date | Patentee | Class | Subclass | Filing Date If Appropriate |
|                       | 1.        |                 |                  |          |       |          |                            |

| Foreign Patent Documents or Published Foreign Patent Applications |           |                 |                  |                          |       |          |             |    |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------|------------------|--------------------------|-------|----------|-------------|----|
| Examiner Initial                                                  | Desig. ID | Document Number | Publication Date | Country or Patent Office | Class | Subclass | Translation |    |
|                                                                   |           |                 |                  |                          |       |          | Yes         | No |
|                                                                   | 2.        |                 |                  |                          |       |          |             |    |

| Other Documents (include Author, Title, Date, and Place of Publication) |           |                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Examiner Initial                                                        | Desig. ID | Document                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                                         | 3.        | Copy of Final Office Action for US Application Serial No. 13/477,459 by Examiner Fritz M. Fleming dated 9/22/2015 (18 pages)                                                                                               |
|                                                                         | 4.        | John T. Boys et al., "The Inductive Power Transfer Story at the University of Auckland", <u>IEEE Circuits and Systems Magazine</u> , Second Quarter 2015, pp. 6 – 27 (May 21, 2015)                                        |
|                                                                         | 5.        | Xun Liu, "Qi Standard Wireless Power Transfer Technology Development Toward Spatial Freedom", <u>IEEE Circuits and Systems Magazine</u> , Second Quarter 2015, pp. 32-39 (May 21, 2015)                                    |
|                                                                         | 6.        | John M. Miller et al., "Elements of Wireless Power Transfer Essential to High Power Charging of Heavy Duty Vehicles", <u>IEEE Transactions on Transportation Electrification</u> , Vol. 1, No. 1, pp. 26-39 (June 2015)    |
|                                                                         | 7.        | Phil Schewe et al., "Berkeley Symposium Celebrates Laser Pioneer", <u>Physics News Update</u> , No. 749 #1, October 13, 2005 (3 pages)                                                                                     |
|                                                                         | 8.        | Marin Soljagic, "Wireless Non-Radiative Energy Transfer - PowerPoint Presentation", <u>Amazing Light: Visions for Discovery</u> , An International Symposium, October 6-8, 2005, University of California, Berkeley (2005) |

|                                                                                                                                                                              |                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Examiner Signature                                                                                                                                                           | Date Considered |
| EXAMINER: Initials citation considered. Draw line through citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant. |                 |

Substitute Disclosure Form

| Electronic Patent Application Fee Transmittal      |          |                               |        |                      |
|----------------------------------------------------|----------|-------------------------------|--------|----------------------|
| <b>Application Number:</b>                         |          | 13789860                      |        |                      |
| <b>Filing Date:</b>                                |          | 08-Mar-2013                   |        |                      |
| <b>Title of Invention:</b>                         |          | WIRELESS ENERGY TRANSFER      |        |                      |
| <b>First Named Inventor/Applicant Name:</b>        |          | Aristeidis Karalis            |        |                      |
| <b>Filer:</b>                                      |          | Marc M. Wefers/Cheryl Forrest |        |                      |
| <b>Attorney Docket Number:</b>                     |          | 01997-0358008                 |        |                      |
| Filed as Large Entity                              |          |                               |        |                      |
| <b>Filing Fees for Utility under 35 USC 111(a)</b> |          |                               |        |                      |
| Description                                        | Fee Code | Quantity                      | Amount | Sub-Total in USD(\$) |
| <b>Basic Filing:</b>                               |          |                               |        |                      |
| <b>Pages:</b>                                      |          |                               |        |                      |
| <b>Claims:</b>                                     |          |                               |        |                      |
| <b>Miscellaneous-Filing:</b>                       |          |                               |        |                      |
| <b>Petition:</b>                                   |          |                               |        |                      |
| <b>Patent-Appeals-and-Interference:</b>            |          |                               |        |                      |
| <b>Post-Allowance-and-Post-Issuance:</b>           |          |                               |        |                      |
| <b>Extension-of-Time:</b>                          |          |                               |        |                      |

| Description                             | Fee Code | Quantity | Amount | Sub-Total in USD(\$) |
|-----------------------------------------|----------|----------|--------|----------------------|
| <b>Miscellaneous:</b>                   |          |          |        |                      |
| Submission- Information Disclosure Stmt | 1806     | 1        | 180    | 180                  |
| <b>Total in USD (\$)</b>                |          |          |        | <b>180</b>           |

| Electronic Acknowledgement Receipt          |                               |
|---------------------------------------------|-------------------------------|
| <b>EFS ID:</b>                              | 24091830                      |
| <b>Application Number:</b>                  | 13789860                      |
| <b>International Application Number:</b>    |                               |
| <b>Confirmation Number:</b>                 | 4131                          |
| <b>Title of Invention:</b>                  | WIRELESS ENERGY TRANSFER      |
| <b>First Named Inventor/Applicant Name:</b> | Aristeidis Karalis            |
| <b>Customer Number:</b>                     | 26161                         |
| <b>Filer:</b>                               | Marc M. Wefers/Cheryl Forrest |
| <b>Filer Authorized By:</b>                 | Marc M. Wefers                |
| <b>Attorney Docket Number:</b>              | 01997-0358008                 |
| <b>Receipt Date:</b>                        | 16-NOV-2015                   |
| <b>Filing Date:</b>                         | 08-MAR-2013                   |
| <b>Time Stamp:</b>                          | 14:41:18                      |
| <b>Application Type:</b>                    | Utility under 35 USC 111(a)   |

**Payment information:**

| Submitted with Payment |                      | no        |                                           |                  |                  |
|------------------------|----------------------|-----------|-------------------------------------------|------------------|------------------|
| <b>File Listing:</b>   |                      |           |                                           |                  |                  |
| Document Number        | Document Description | File Name | File Size(Bytes)/<br>Message Digest       | Multi Part /.zip | Pages (if appl.) |
| 1                      |                      | IDS.pdf   | 145356                                    | yes              | 2                |
|                        |                      |           | dbcac96f69bdc17ec38c8c8cbe4df78175688b661 |                  |                  |

|                              | Multipart Description/PDF files in .zip description |              |                                           |     |    |
|------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------|-------------------------------------------|-----|----|
|                              | Document Description                                |              | Start                                     | End |    |
|                              | Transmittal Letter                                  |              | 1                                         | 1   |    |
|                              | Information Disclosure Statement (IDS) Form (SB08)  |              | 2                                         | 2   |    |
| Warnings:                    |                                                     |              |                                           |     |    |
| Information:                 |                                                     |              |                                           |     |    |
| 2                            | Non Patent Literature                               | NPL3.pdf     | 152959                                    | no  | 18 |
|                              |                                                     |              | 07a6df954d757c91dbe89759f2f554b04a73828f  |     |    |
| Warnings:                    |                                                     |              |                                           |     |    |
| Information:                 |                                                     |              |                                           |     |    |
| 3                            | Non Patent Literature                               | NPL4.pdf     | 3433108                                   | no  | 22 |
|                              |                                                     |              | 5053a355d2303ec66393b0cf5657beca12483bff  |     |    |
| Warnings:                    |                                                     |              |                                           |     |    |
| Information:                 |                                                     |              |                                           |     |    |
| 4                            | Non Patent Literature                               | NPL5.pdf     | 1513968                                   | no  | 8  |
|                              |                                                     |              | 73c82f5fd2dfdb4adc44614d6d0542618f2ef8a   |     |    |
| Warnings:                    |                                                     |              |                                           |     |    |
| Information:                 |                                                     |              |                                           |     |    |
| 5                            | Non Patent Literature                               | NPL6.pdf     | 1728172                                   | no  | 14 |
|                              |                                                     |              | ccd75c4fd6d6a2190989cc56eeeca630733f5f99  |     |    |
| Warnings:                    |                                                     |              |                                           |     |    |
| Information:                 |                                                     |              |                                           |     |    |
| 6                            | Non Patent Literature                               | NPL7.pdf     | 112243                                    | no  | 3  |
|                              |                                                     |              | 3e284995678d4dbd10e8f995caffcd93867a1ab98 |     |    |
| Warnings:                    |                                                     |              |                                           |     |    |
| Information:                 |                                                     |              |                                           |     |    |
| 7                            | Non Patent Literature                               | NPL8.pdf     | 2968843                                   | no  | 26 |
|                              |                                                     |              | f9bda5d17ed79bb1ae8f3ee125ca561823bc374   |     |    |
| Warnings:                    |                                                     |              |                                           |     |    |
| Information:                 |                                                     |              |                                           |     |    |
| 8                            | Fee Worksheet (SB06)                                | fee-info.pdf | 30418                                     | no  | 2  |
|                              |                                                     |              | 7b9f9e11ea457bbb5c9df3da248b6e94a7692d5a  |     |    |
| Warnings:                    |                                                     |              |                                           |     |    |
| Information:                 |                                                     |              |                                           |     |    |
| Total Files Size (in bytes): |                                                     |              | 10085067                                  |     |    |

This Acknowledgement Receipt evidences receipt on the noted date by the USPTO of the indicated documents, characterized by the applicant, and including page counts, where applicable. It serves as evidence of receipt similar to a Post Card, as described in MPEP 503.

**New Applications Under 35 U.S.C. 111**

If a new application is being filed and the application includes the necessary components for a filing date (see 37 CFR 1.53(b)-(d) and MPEP 506), a Filing Receipt (37 CFR 1.54) will be issued in due course and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the filing date of the application.

**National Stage of an International Application under 35 U.S.C. 371**

If a timely submission to enter the national stage of an international application is compliant with the conditions of 35 U.S.C. 371 and other applicable requirements a Form PCT/DO/EO/903 indicating acceptance of the application as a national stage submission under 35 U.S.C. 371 will be issued in addition to the Filing Receipt, in due course.

**New International Application Filed with the USPTO as a Receiving Office**

If a new international application is being filed and the international application includes the necessary components for an international filing date (see PCT Article 11 and MPEP 1810), a Notification of the International Application Number and of the International Filing Date (Form PCT/RO/105) will be issued in due course, subject to prescriptions concerning national security, and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the international filing date of the application.

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

|                        |                          |             |                  |
|------------------------|--------------------------|-------------|------------------|
| First Named Inventor : | Aristeidis Karalis       | Art Unit :  | 3649             |
| Serial No. :           | 13/789,860               | Examiner :  | Fritz M. Fleming |
| Filed :                | March 8, 2013            | Conf. No. : | 4131             |
| Title :                | WIRELESS ENERGY TRANSFER |             |                  |

**MAIL STOP AMENDMENT**

Commissioner for Patents

P.O. Box 1450

Alexandria, VA 22313-1450

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT

Please consider the references listed on the enclosed PTO-SB-08 or Disclosure Form.

Foreign patent documents and non-patent literature are enclosed; cited U.S. patents and patent application publications will be provided on request.

This statement is being filed after a first action on the merits, but before receipt of a final action or a notice of allowance. A late submission fee in the amount of \$180, specified by 37 CFR §1.17(p), is being paid with this statement.

Apply any necessary charges or credits to deposit account 06-1050, referencing the above attorney docket number.

Please contact the undersigned if there are any questions regarding this Statement.

Respectfully submitted,

Date: November 16, 2015

/Marc M. Wefers Reg. No. 56,842/

Marc M. Wefers

Reg. No. 56,842

Customer Number 26161

Fish & Richardson P.C.

Telephone: (617) 542-5070

Facsimile: (877) 769-7945

23459561.doc

| Electronic Patent Application Fee Transmittal        |          |                               |        |                      |
|------------------------------------------------------|----------|-------------------------------|--------|----------------------|
| <b>Application Number:</b>                           |          | 13789860                      |        |                      |
| <b>Filing Date:</b>                                  |          | 08-Mar-2013                   |        |                      |
| <b>Title of Invention:</b>                           |          | WIRELESS ENERGY TRANSFER      |        |                      |
| <b>First Named Inventor/Applicant Name:</b>          |          | Aristeidis Karalis            |        |                      |
| <b>Filer:</b>                                        |          | Marc M. Wefers/Cheryl Forrest |        |                      |
| <b>Attorney Docket Number:</b>                       |          | 01997-0358008                 |        |                      |
| Filed as Large Entity                                |          |                               |        |                      |
| <b>Filing Fees for   Utility under 35 USC 111(a)</b> |          |                               |        |                      |
| Description                                          | Fee Code | Quantity                      | Amount | Sub-Total in USD(\$) |
| <b>Basic Filing:</b>                                 |          |                               |        |                      |
| <b>Pages:</b>                                        |          |                               |        |                      |
| <b>Claims:</b>                                       |          |                               |        |                      |
| <b>Miscellaneous-Filing:</b>                         |          |                               |        |                      |
| <b>Petition:</b>                                     |          |                               |        |                      |
| <b>Patent-Appeals-and-Interference:</b>              |          |                               |        |                      |
| <b>Post-Allowance-and-Post-Issuance:</b>             |          |                               |        |                      |
| <b>Extension-of-Time:</b>                            |          |                               |        |                      |

| Description                             | Fee Code | Quantity | Amount | Sub-Total in USD(\$) |
|-----------------------------------------|----------|----------|--------|----------------------|
| <b>Miscellaneous:</b>                   |          |          |        |                      |
| Submission- Information Disclosure Stmt | 1806     | 1        | 180    | 180                  |
| <b>Total in USD (\$)</b>                |          |          |        | <b>180</b>           |

| Electronic Acknowledgement Receipt   |                               |
|--------------------------------------|-------------------------------|
| EFS ID:                              | 24092078                      |
| Application Number:                  | 13789860                      |
| International Application Number:    |                               |
| Confirmation Number:                 | 4131                          |
| Title of Invention:                  | WIRELESS ENERGY TRANSFER      |
| First Named Inventor/Applicant Name: | Aristeidis Karalis            |
| Customer Number:                     | 26161                         |
| Filer:                               | Marc M. Wefers/Cheryl Forrest |
| Filer Authorized By:                 | Marc M. Wefers                |
| Attorney Docket Number:              | 01997-0358008                 |
| Receipt Date:                        | 16-NOV-2015                   |
| Filing Date:                         | 08-MAR-2013                   |
| Time Stamp:                          | 14:48:16                      |
| Application Type:                    | Utility under 35 USC 111(a)   |

### Payment information:

| Submitted with Payment | no                   |              |                                                   |                  |                  |
|------------------------|----------------------|--------------|---------------------------------------------------|------------------|------------------|
| <b>File Listing:</b>   |                      |              |                                                   |                  |                  |
| Document Number        | Document Description | File Name    | File Size(Bytes)/<br>Message Digest               | Multi Part /.zip | Pages (if appl.) |
| 1                      | Fee Worksheet (SB06) | fee-info.pdf | 30418<br>56fbf1b04d909541a7b60c0aca43be52a1f28ceb | no               | 2                |
| <b>Warnings:</b>       |                      |              |                                                   |                  |                  |
| <b>Information:</b>    |                      |              |                                                   |                  |                  |

This Acknowledgement Receipt evidences receipt on the noted date by the USPTO of the indicated documents, characterized by the applicant, and including page counts, where applicable. It serves as evidence of receipt similar to a Post Card, as described in MPEP 503.

**New Applications Under 35 U.S.C. 111**

If a new application is being filed and the application includes the necessary components for a filing date (see 37 CFR 1.53(b)-(d) and MPEP 506), a Filing Receipt (37 CFR 1.54) will be issued in due course and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the filing date of the application.

**National Stage of an International Application under 35 U.S.C. 371**

If a timely submission to enter the national stage of an international application is compliant with the conditions of 35 U.S.C. 371 and other applicable requirements a Form PCT/DO/EO/903 indicating acceptance of the application as a national stage submission under 35 U.S.C. 371 will be issued in addition to the Filing Receipt, in due course.

**New International Application Filed with the USPTO as a Receiving Office**

If a new international application is being filed and the international application includes the necessary components for an international filing date (see PCT Article 11 and MPEP 1810), a Notification of the International Application Number and of the International Filing Date (Form PCT/RO/105) will be issued in due course, subject to prescriptions concerning national security, and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the international filing date of the application.

| Electronic Patent Application Fee Transmittal        |          |                               |        |                      |
|------------------------------------------------------|----------|-------------------------------|--------|----------------------|
| <b>Application Number:</b>                           |          | 13789860                      |        |                      |
| <b>Filing Date:</b>                                  |          | 08-Mar-2013                   |        |                      |
| <b>Title of Invention:</b>                           |          | WIRELESS ENERGY TRANSFER      |        |                      |
| <b>First Named Inventor/Applicant Name:</b>          |          | Aristeidis Karalis            |        |                      |
| <b>Filer:</b>                                        |          | Marc M. Wefers/Cheryl Forrest |        |                      |
| <b>Attorney Docket Number:</b>                       |          | 01997-0358008                 |        |                      |
| Filed as Large Entity                                |          |                               |        |                      |
| <b>Filing Fees for   Utility under 35 USC 111(a)</b> |          |                               |        |                      |
| Description                                          | Fee Code | Quantity                      | Amount | Sub-Total in USD(\$) |
| <b>Basic Filing:</b>                                 |          |                               |        |                      |
| <b>Pages:</b>                                        |          |                               |        |                      |
| <b>Claims:</b>                                       |          |                               |        |                      |
| <b>Miscellaneous-Filing:</b>                         |          |                               |        |                      |
| <b>Petition:</b>                                     |          |                               |        |                      |
| <b>Patent-Appeals-and-Interference:</b>              |          |                               |        |                      |
| <b>Post-Allowance-and-Post-Issuance:</b>             |          |                               |        |                      |
| <b>Extension-of-Time:</b>                            |          |                               |        |                      |

| Description                             | Fee Code | Quantity | Amount | Sub-Total in USD(\$) |
|-----------------------------------------|----------|----------|--------|----------------------|
| <b>Miscellaneous:</b>                   |          |          |        |                      |
| Submission- Information Disclosure Stmt | 1806     | 1        | 180    | 180                  |
| <b>Total in USD (\$)</b>                |          |          |        | <b>180</b>           |

| Electronic Acknowledgement Receipt          |                               |
|---------------------------------------------|-------------------------------|
| <b>EFS ID:</b>                              | 24093242                      |
| <b>Application Number:</b>                  | 13789860                      |
| <b>International Application Number:</b>    |                               |
| <b>Confirmation Number:</b>                 | 4131                          |
| <b>Title of Invention:</b>                  | WIRELESS ENERGY TRANSFER      |
| <b>First Named Inventor/Applicant Name:</b> | Aristeidis Karalis            |
| <b>Customer Number:</b>                     | 26161                         |
| <b>Filer:</b>                               | Marc M. Wefers/Cheryl Forrest |
| <b>Filer Authorized By:</b>                 | Marc M. Wefers                |
| <b>Attorney Docket Number:</b>              | 01997-0358008                 |
| <b>Receipt Date:</b>                        | 16-NOV-2015                   |
| <b>Filing Date:</b>                         | 08-MAR-2013                   |
| <b>Time Stamp:</b>                          | 15:18:19                      |
| <b>Application Type:</b>                    | Utility under 35 USC 111(a)   |

### Payment information:

| Submitted with Payment |                      | no           |                                           |                  |                  |
|------------------------|----------------------|--------------|-------------------------------------------|------------------|------------------|
| <b>File Listing:</b>   |                      |              |                                           |                  |                  |
| Document Number        | Document Description | File Name    | File Size(Bytes)/<br>Message Digest       | Multi Part /.zip | Pages (if appl.) |
| 1                      | Fee Worksheet (SB06) | fee-info.pdf | 30417                                     | no               | 2                |
|                        |                      |              | ca9bdfc1b6fc7aad88369b3856df9962ec342b643 |                  |                  |
| <b>Warnings:</b>       |                      |              |                                           |                  |                  |
| <b>Information:</b>    |                      |              |                                           |                  |                  |

This Acknowledgement Receipt evidences receipt on the noted date by the USPTO of the indicated documents, characterized by the applicant, and including page counts, where applicable. It serves as evidence of receipt similar to a Post Card, as described in MPEP 503.

**New Applications Under 35 U.S.C. 111**

If a new application is being filed and the application includes the necessary components for a filing date (see 37 CFR 1.53(b)-(d) and MPEP 506), a Filing Receipt (37 CFR 1.54) will be issued in due course and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the filing date of the application.

**National Stage of an International Application under 35 U.S.C. 371**

If a timely submission to enter the national stage of an international application is compliant with the conditions of 35 U.S.C. 371 and other applicable requirements a Form PCT/DO/EO/903 indicating acceptance of the application as a national stage submission under 35 U.S.C. 371 will be issued in addition to the Filing Receipt, in due course.

**New International Application Filed with the USPTO as a Receiving Office**

If a new international application is being filed and the international application includes the necessary components for an international filing date (see PCT Article 11 and MPEP 1810), a Notification of the International Application Number and of the International Filing Date (Form PCT/RO/105) will be issued in due course, subject to prescriptions concerning national security, and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the international filing date of the application.

| Electronic Patent Application Fee Transmittal      |          |                               |        |                      |
|----------------------------------------------------|----------|-------------------------------|--------|----------------------|
| <b>Application Number:</b>                         |          | 13789860                      |        |                      |
| <b>Filing Date:</b>                                |          | 08-Mar-2013                   |        |                      |
| <b>Title of Invention:</b>                         |          | WIRELESS ENERGY TRANSFER      |        |                      |
| <b>First Named Inventor/Applicant Name:</b>        |          | Aristeidis Karalis            |        |                      |
| <b>Filer:</b>                                      |          | Marc M. Wefers/Cheryl Forrest |        |                      |
| <b>Attorney Docket Number:</b>                     |          | 01997-0358008                 |        |                      |
| Filed as Large Entity                              |          |                               |        |                      |
| <b>Filing Fees for Utility under 35 USC 111(a)</b> |          |                               |        |                      |
| Description                                        | Fee Code | Quantity                      | Amount | Sub-Total in USD(\$) |
| <b>Basic Filing:</b>                               |          |                               |        |                      |
| <b>Pages:</b>                                      |          |                               |        |                      |
| <b>Claims:</b>                                     |          |                               |        |                      |
| <b>Miscellaneous-Filing:</b>                       |          |                               |        |                      |
| <b>Petition:</b>                                   |          |                               |        |                      |
| <b>Patent-Appeals-and-Interference:</b>            |          |                               |        |                      |
| <b>Post-Allowance-and-Post-Issuance:</b>           |          |                               |        |                      |
| <b>Extension-of-Time:</b>                          |          |                               |        |                      |

| Description                             | Fee Code | Quantity | Amount | Sub-Total in USD(\$) |
|-----------------------------------------|----------|----------|--------|----------------------|
| <b>Miscellaneous:</b>                   |          |          |        |                      |
| Submission- Information Disclosure Stmt | 1806     | 1        | 180    | 180                  |
| <b>Total in USD (\$)</b>                |          |          |        | <b>180</b>           |

## Electronic Acknowledgement Receipt

|                                             |                               |
|---------------------------------------------|-------------------------------|
| <b>EFS ID:</b>                              | 24101280                      |
| <b>Application Number:</b>                  | 13789860                      |
| <b>International Application Number:</b>    |                               |
| <b>Confirmation Number:</b>                 | 4131                          |
| <b>Title of Invention:</b>                  | WIRELESS ENERGY TRANSFER      |
| <b>First Named Inventor/Applicant Name:</b> | Aristeidis Karalis            |
| <b>Customer Number:</b>                     | 26161                         |
| <b>Filer:</b>                               | Marc M. Wefers/Cheryl Forrest |
| <b>Filer Authorized By:</b>                 | Marc M. Wefers                |
| <b>Attorney Docket Number:</b>              | 01997-0358008                 |
| <b>Receipt Date:</b>                        | 17-NOV-2015                   |
| <b>Filing Date:</b>                         | 08-MAR-2013                   |
| <b>Time Stamp:</b>                          | 07:44:45                      |
| <b>Application Type:</b>                    | Utility under 35 USC 111(a)   |

### Payment information:

|                                                                                                                |                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Submitted with Payment                                                                                         | yes                   |
| Payment Type                                                                                                   | Deposit Account       |
| Payment was successfully received in RAM                                                                       | \$180                 |
| RAM confirmation Number                                                                                        | 7778                  |
| Deposit Account                                                                                                | 061050                |
| Authorized User                                                                                                | FISH & RICHARDSON P C |
| The Director of the USPTO is hereby authorized to charge indicated fees and credit any overpayment as follows: |                       |

**File Listing:**

| Document Number | Document Description | File Name    | File Size(Bytes)/ Message Digest         | Multi Part /.zip | Pages (if appl.) |
|-----------------|----------------------|--------------|------------------------------------------|------------------|------------------|
| 1               | Fee Worksheet (SB06) | fee-info.pdf | 30417                                    | no               | 2                |
|                 |                      |              | fb5dd32e1ea0338455dea749e17015c8f71c5f58 |                  |                  |

**Warnings:****Information:****Total Files Size (in bytes):**

30417

This Acknowledgement Receipt evidences receipt on the noted date by the USPTO of the indicated documents, characterized by the applicant, and including page counts, where applicable. It serves as evidence of receipt similar to a Post Card, as described in MPEP 503.

**New Applications Under 35 U.S.C. 111**

If a new application is being filed and the application includes the necessary components for a filing date (see 37 CFR 1.53(b)-(d) and MPEP 506), a Filing Receipt (37 CFR 1.54) will be issued in due course and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the filing date of the application.

**National Stage of an International Application under 35 U.S.C. 371**

If a timely submission to enter the national stage of an international application is compliant with the conditions of 35 U.S.C. 371 and other applicable requirements a Form PCT/DO/EO/903 indicating acceptance of the application as a national stage submission under 35 U.S.C. 371 will be issued in addition to the Filing Receipt, in due course.

**New International Application Filed with the USPTO as a Receiving Office**

If a new international application is being filed and the international application includes the necessary components for an international filing date (see PCT Article 11 and MPEP 1810), a Notification of the International Application Number and of the International Filing Date (Form PCT/RO/105) will be issued in due course, subject to prescriptions concerning national security, and the date shown on this Acknowledgement Receipt will establish the international filing date of the application.



# UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE  
United States Patent and Trademark Office  
Address: COMMISSIONER FOR PATENTS  
P.O. Box 1450  
Alexandria, Virginia 22313-1450  
www.uspto.gov

| APPLICATION NO.                                                                                     | FILING DATE | FIRST NAMED INVENTOR | ATTORNEY DOCKET NO.             | CONFIRMATION NO.            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| 13/789,860                                                                                          | 03/08/2013  | Aristeidis Karalis   | 01997-0358008                   | 4131                        |
| 26161 7590 11/20/2015<br>FISH & RICHARDSON P.C. (BO)<br>P.O. BOX 1022<br>MINNEAPOLIS, MN 55440-1022 |             |                      | EXAMINER<br>FLEMING, FRITZ M    |                             |
|                                                                                                     |             |                      | ART UNIT<br>2836                | PAPER NUMBER                |
|                                                                                                     |             |                      | NOTIFICATION DATE<br>11/20/2015 | DELIVERY MODE<br>ELECTRONIC |

**Please find below and/or attached an Office communication concerning this application or proceeding.**

The time period for reply, if any, is set in the attached communication.

Notice of the Office communication was sent electronically on above-indicated "Notification Date" to the following e-mail address(es):

PATDOCTC@fr.com

|                              |                                      |                                       |                                                  |
|------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>Office Action Summary</b> | <b>Application No.</b><br>13/789,860 | <b>Applicant(s)</b><br>KARALIS ET AL. |                                                  |
|                              | <b>Examiner</b><br>FRITZ M. FLEMING  | <b>Art Unit</b><br>2836               | <b>AIA (First Inventor to File) Status</b><br>No |

**-- The MAILING DATE of this communication appears on the cover sheet with the correspondence address --**

**Period for Reply**

A SHORTENED STATUTORY PERIOD FOR REPLY IS SET TO EXPIRE 3 MONTHS FROM THE MAILING DATE OF THIS COMMUNICATION.

- Extensions of time may be available under the provisions of 37 CFR 1.136(a). In no event, however, may a reply be timely filed after SIX (6) MONTHS from the mailing date of this communication.
- If NO period for reply is specified above, the maximum statutory period will apply and will expire SIX (6) MONTHS from the mailing date of this communication.
- Failure to reply within the set or extended period for reply will, by statute, cause the application to become ABANDONED (35 U.S.C. § 133). Any reply received by the Office later than three months after the mailing date of this communication, even if timely filed, may reduce any earned patent term adjustment. See 37 CFR 1.704(b).

**Status**

1) ☒ Responsive to communication(s) filed on 8/20/15.  
☐ A declaration(s)/affidavit(s) under **37 CFR 1.130(b)** was/were filed on \_\_\_\_\_.

2a) ☒ This action is **FINAL**.                      2b) ☐ This action is non-final.

3) ☐ An election was made by the applicant in response to a restriction requirement set forth during the interview on \_\_\_\_\_; the restriction requirement and election have been incorporated into this action.

4) ☐ Since this application is in condition for allowance except for formal matters, prosecution as to the merits is closed in accordance with the practice under *Ex parte Quayle*, 1935 C.D. 11, 453 O.G. 213.

**Disposition of Claims\***

5) ☒ Claim(s) 1,2 and 19-35 is/are pending in the application.  
     5a) Of the above claim(s) \_\_\_\_\_ is/are withdrawn from consideration.

6) ☐ Claim(s) \_\_\_\_\_ is/are allowed.

7) ☒ Claim(s) 1,2 and 19-35 is/are rejected.

8) ☐ Claim(s) \_\_\_\_\_ is/are objected to.

9) ☐ Claim(s) \_\_\_\_\_ are subject to restriction and/or election requirement.

\* If any claims have been determined allowable, you may be eligible to benefit from the **Patent Prosecution Highway** program at a participating intellectual property office for the corresponding application. For more information, please see [http://www.uspto.gov/patents/init\\_events/pph/index.jsp](http://www.uspto.gov/patents/init_events/pph/index.jsp) or send an inquiry to [PPHfeedback@uspto.gov](mailto:PPHfeedback@uspto.gov).

**Application Papers**

10) ☐ The specification is objected to by the Examiner.

11) ☒ The drawing(s) filed on 3/8/13 is/are: a) ☐ accepted or b) ☒ objected to by the Examiner.  
     Applicant may not request that any objection to the drawing(s) be held in abeyance. See 37 CFR 1.85(a).  
     Replacement drawing sheet(s) including the correction is required if the drawing(s) is objected to. See 37 CFR 1.121(d).

**Priority under 35 U.S.C. § 119**

12) ☐ Acknowledgment is made of a claim for foreign priority under 35 U.S.C. § 119(a)-(d) or (f).

**Certified copies:**

a) ☐ All    b) ☐ Some\*\*    c) ☐ None of the:

    1. ☐ Certified copies of the priority documents have been received.

    2. ☐ Certified copies of the priority documents have been received in Application No. \_\_\_\_\_.

    3. ☐ Copies of the certified copies of the priority documents have been received in this National Stage application from the International Bureau (PCT Rule 17.2(a)).

\*\* See the attached detailed Office action for a list of the certified copies not received.

**Attachment(s)**

1) ☒ Notice of References Cited (PTO-892)

2) ☒ Information Disclosure Statement(s) (PTO/SB/08a and/or PTO/SB/08b)  
 Paper No(s)/Mail Date 8/20/15, 3/10/15, 4/13/15

3) ☐ Interview Summary (PTO-413)  
 Paper No(s)/Mail Date. \_\_\_\_\_.

4) ☐ Other: \_\_\_\_\_.

1. The present application is being examined under the pre-AIA first to invent provisions.

#### **DETAILED ACTION**

1. Applicant's arguments filed 8/12/15 have been fully considered but they are not persuasive. Applicants have amended the claims in such a way that they no longer resemble in any substantive way what was previously examined. Claim 1 has been amended to add features such as resonators, intrinsic quality factors and loss rates, and a coupling coefficient. It is clear that the claims have been amended in such a way so as to permit the application of new art in a Final Rejection. Since the applicants have chosen to substantially amend the claim limitations, new references (compared to the previous office action) are being used, rendering applicants' comments moot.

2. As has been noted in a related application, "configured to be relatively movable" does not specify that the power transfer with the coupling coefficient and intrinsic loss rates is occurring over the entire range of distances. For example, a system in which the devices are relatively movable prior to be fixed would satisfy what is claimed, noting the "configured to" language. While the devices are being moved to their fixed relative locations they meet what is claimed. Claim 1 does not positively recite an actual system that is actually transmitting power from a power supply side to a power receiving side. Applicants have chosen to use "configured to" at every conceivable opportunity and have constructed a claim, that given its broadest reasonable interpretation, could be simply a kit of disconnected elements that are intended to provide the desired functionality, as "configured to be" is indicative of a latent capacity, but not actually

required to function as recited. Thus references need only display this same latent capability and be able to be “configured to be” as claimed.

3. Applicants did not present any technical argument regarding the double patenting rejections. These are maintained and modified by the newly cited references.

***Claim Rejections - 35 USC § 112***

1. The following is a quotation of 35 U.S.C. 112(b):  
(b) CONCLUSION.—The specification shall conclude with one or more claims particularly pointing out and distinctly claiming the subject matter which the inventor or a joint inventor regards as the invention.

The following is a quotation of 35 U.S.C. 112 (pre-AIA), second paragraph:  
The specification shall conclude with one or more claims particularly pointing out and distinctly claiming the subject matter which the applicant regards as his invention.

2. Claims 1,2,19-35 are rejected under 35 U.S.C. 112(b) or 35 U.S.C. 112 (pre-AIA), second paragraph, as being indefinite for failing to particularly point out and distinctly claim the subject matter which the inventor or a joint inventor, or for pre-AIA the applicant regards as the invention.

1. In claim 1, applicants have amended the claim to recite “a coupling coefficient  $k$ ”, which in and of itself is not a problem, but when it is used with the inequality claimed, creates a problem of new matter. It would seem to be accepted in the art that the “coupling coefficient  $k$ ” only takes values between 0 and 1, and could never exceed one, as a value of 1 means perfect coupling. Even a casual inspection of the inequality of amended claim 1 (i.e.  $k/(\text{SQRT}(\text{Gamma1}*\text{Gamma2}))>1$  which entails that  $k>(\text{SQRT}(\text{Gamma1}*\text{Gamma2}))$  which per  $Q1=\omega/2\text{Gamma1}$  which also entails that  $\text{Gamma1}=\omega/2Q1$  which entails a that  $\text{Gamma1}$  is on the order of the frequency) reveals that in order to create a value greater than 1, “ $k$ ” must be on the order of the

frequency, which is therefore a claimed  $k$  of much greater than 1. Applicants' response does not address this, as the response is a broadbrush treatment of generalized goals set forth in the specification as opposed to a specific analysis of how " $k$ " as a "coupling coefficient" can take the values on the order of those shown for the "energy transfer rate" of Figures 15 and 16. Applicants have not provided in the response any sort of explanation or technical argument with appropriate derivations how what is claimed is in the specification as originally filed, given the fact that a "coupling coefficient  $k$ " is accepted in the art to take on values between 0 and 1. Cited references such as Hochmair (critical coupling  $K=1$ , column 2), Galbraith ( $K=.2,.3$ , column 4, Figure 3A-C), Phillips (unity for an ideal transformer, column 2), Gaul et al. (the coupling factor can become at most 1, column 8), Wuidart et al. ( $k_{opt}$  is in practice always smaller than 1 and  $k_{max}$  is between 0 and 1, columns 5 and 6) cast reasonable doubt as the clarity, precision and accuracy of applicants claim language, as the body of art would normally consider  $k$  to be  $0 < k < 1$ . What applicants are claiming seems to contradict what is normally accepted in the art and thus seems to be vague and indefinite. For purposes of an art rejection, the references are applied as best as possible, using commonly accepted terminology and values for  $k$ .

2. This issue is further confused (now referring to the published application 2013/0181541) as in [0010-0012,0059,0063-0067] in which it is clearly stated, without any chance for misinterpretation, that the formula appearing in amended claim 1 is in terms of "the energy transfer has a rate  $k$ " and "resonant widths" (i.e. the gammas). Turning to [0101], applicants refer to " $k$  is the coupling coefficient" in equation (1) and

then recite the same "k" of the above mentioned relationships as in the amended claim

1. A text search of the published application reveals 3 instances of "coupling coefficient" in [0101,0112,0186]. In [0186] it is stated that k can be found experimentally and [0101] k is referred to as the coupling coefficient and the coupling to loss ratio and [0112] reveals a formula for k that is not claimed. It is thus very unclear how one is to interpret what is being claimed in light of what has been disclosed. The claims are simply vague and indefinite.

3. Turning to the newly claimed "intrinsic loss rates", the specification only has 2 occurrences in [0102,0106] (paragraph [0102] is very confusing as the sentence is incomplete and refers to "F", but this may be a printing error as page 19, line 2 of the specification does recite intrinsic loss rates) and [0074] refers to gamma being the resonant width due to intrinsic losses, but does not state that gamma is "an intrinsic loss rate." However, this term may be found at [0157] which refers to "the intrinsic (absorption, radiation etc.) loss rate." It is thus unclear if applicants intend the terms to be interchangeable, making the metes and bounds of the claims vague and indefinite.

4. Furthermore, claim 1 has been amended to recite "the device module...the source module" wherein there is no proper previous recitation of "module".

5. Applicants should consider using one term consistently in order to avoid any confusion as to what is being claimed and how the claims are to be properly interpreted in light of the specification.

***Priority***

6. A review of the priority claims and subject matter disclosure shows that the presently claimed subject matter is not supported in the earliest applications (60/698,442 [7/12/05] or 11/481,077 [7/05/06]), but seems to appear for the first time in a later filed application (12/055,963 [3/26/08] or 60/908,383 [3/27/2007]) in Figure 14. It is thus reasonable to conclude that the earliest application which supports what is claimed in this application goes back to 3/27/07. Thus the LEE reference (WO2006/011769A1) is competent prior art published more than one year prior (2/2/06) to the earliest effective filing date (3/27/07). If applicants disagree with this assessment, then applicants should provide a reasoned response hereto.

***Drawings***

1. The drawings are objected to under 37 CFR 1.83(a). The drawings must show every feature of the invention specified in the claims. Therefore, the portable electronic device of claim 26 and the vehicle of claim 30 (the light bulb shown in Figure 14 is not what is now claimed) must be shown or the feature(s) canceled from the claim(s). No new matter should be entered.

Corrected drawing sheets in compliance with 37 CFR 1.121(d) are required in reply to the Office action to avoid abandonment of the application. Any amended replacement drawing sheet should include all of the figures appearing on the immediate prior version of the sheet, even if only one figure is being amended. The figure or figure number of an amended drawing should not be labeled as "amended." If a drawing figure is to be canceled, the appropriate figure must be removed from the replacement sheet,

and where necessary, the remaining figures must be renumbered and appropriate changes made to the brief description of the several views of the drawings for consistency. Additional replacement sheets may be necessary to show the renumbering of the remaining figures. Each drawing sheet submitted after the filing date of an application must be labeled in the top margin as either "Replacement Sheet" or "New Sheet" pursuant to 37 CFR 1.121(d). If the changes are not accepted by the examiner, the applicant will be notified and informed of any required corrective action in the next Office action. The objection to the drawings will not be held in abeyance.

***Claim Rejections - 35 USC § 103***

1. The following is a quotation of pre-AIA 35 U.S.C. 103(a) which forms the basis for all obviousness rejections set forth in this Office action:

(a) A patent may not be obtained though the invention is not identically disclosed or described as set forth in section 102 of this title, if the differences between the subject matter sought to be patented and the prior art are such that the subject matter as a whole would have been obvious at the time the invention was made to a person having ordinary skill in the art to which said subject matter pertains. Patentability shall not be negated by the manner in which the invention was made.

2. The factual inquiries set forth in *Graham v. John Deere Co.*, 383 U.S. 1, 148 USPQ 459 (1966), that are applied for establishing a background for determining obviousness under pre-AIA 35 U.S.C. 103(a) are summarized as follows:

1. Determining the scope and contents of the prior art.
2. Ascertaining the differences between the prior art and the claims at issue.
3. Resolving the level of ordinary skill in the pertinent art.
4. Considering objective evidence present in the application indicating obviousness or nonobviousness.

3. This application currently names joint inventors. In considering patentability of the claims under pre-AIA 35 U.S.C. 103(a), the examiner presumes that the subject matter of the various claims was commonly owned at the time any inventions covered therein were made absent any evidence to the contrary. Applicant is advised of the obligation under 37 CFR 1.56 to point out the inventor and invention dates of each claim that was not commonly owned at the time a later invention was made in order for the examiner to consider the applicability of pre-AIA 35 U.S.C. 103(c) and potential pre-AIA 35 U.S.C. 102(e), (f) or (g) prior art under pre-AIA 35 U.S.C. 103(a).

4. Claims 1,2,19-35 are rejected under pre-AIA 35 U.S.C. 103(a) as being unpatentable over Lee (WO2006/011769A1) in view of Hochmair, Galbraith, Phillips Gaul, Fujimoto and Wuidart (as cited on the attached 892).

As has been noted above, the claims are vague and indefinite. The claims are being rejected based upon the application of art with the commonly accepted definitions and values for a coupling coefficient of  $k$ . For purposes of an art rejection the claimed "k" is being rejected on the combined teachings of the secondary references and what they disclose for "k", as it is unclear exactly what the claimed "k" is.

Lee sets for the components of the power supply system as claimed. Note for example, Figure 6 and a power supply loop configured to be supplied with power from a power supply (not shown in detail at 21, but described at [54] as being the electromagnetic wave generating source), a power supply side resonance coil (25), a power receiving side resonance coil (27) and a power receiving loop (22) all arranged in a non-contact manner. The coils (25,27,22) are all relatively movable with respect to

each other and the source (21), as shown by the Table 4 [57] over a range of distance D shown in the table and on the ruler scale. As far as resonance, resonant frequencies and resonators are concerned, please note that [42] states that C1 is added for impedance matching of resonance for maximum power transmission, making it clear to one of ordinary skill in the art that the system is being operated at a common resonance and resonant frequency, thus making all of the coils resonators to the extent claimed. When it comes the to the claimed relationship of Q and omega and gamma, this is an inherent feature of any and all wireless power transmission systems operating at resonance, as such a system operates at a Q and an omega, therefore the gamma falls out as being an inherent by product of the system. As is also known by those having ordinary skill in the art, the coupling coefficient also exists in Lee, but Lee does not explicitly describe this.

Turning to the cited secondary references, each describes different aspects of k. Since the claims are not clear, and in order to make the best possible rejection, all of the secondary references are being relied upon for teaching various aspects relevant to the claims.

Therefore, starting with Hochmair, the coupling coefficient "k" is related to M, L1, L2 and the normalized K is related to  $k_m$  Q1 and Q2 (column 2) and Q is to be greater than 5 and the Q of the transmitter preferably to be 3 times that of the receiver (column 1).

Galbraith offers a technical treatment of k, Gain, omega, Qt, Qr (columns 6-8), that the coupling range is usually found experimentally (column 5) and that output

impedance is reduced by increasing the coupling coefficient by using ferrite backings and larger coil diameters (column 9).

Phillips offers an explanation of Hochmair (column 2, Link efficiency) and relates  $k$  to  $Q_r$  and  $Q_t$  and that  $k$  varies between unity and zero. Also provided is a technical treatment of link efficiency,  $k$ ,  $Q_t$ ,  $Q_r$  and  $\omega$ .

Gaul relates  $k$  to  $M$  and  $L$  (column 8) and  $Q$  to  $\omega$ ,  $L$  and  $R$  (column 12, applicable to the claimed  $Q$ ) and  $R$  to  $k$  (column 11)

Fujimoto describes a "k detecting circuit" (20) and provides a formula for determining  $k$  in terms of  $V$ ,  $i$ ,  $r$ ,  $Q_1$  and  $Q_2$  (column 4)

Wuidart discloses an optimal  $k$  in terms of  $R$  and  $L$  (column 3).

Therefore it would have been obvious to one having ordinary skill in the art at the time that the invention was made to modify the system of Lee by the teachings of Hochmair, Galbraith, Phillips Gaul, Fujimoto and Wuidart in order provide for a relatively movable wireless resonant power transmission system of Lee with optimal coupling coefficient " $k$ " (Hochmair, Galbraith, Phillips Gaul, Fujimoto and Wuidart). While the combined references do not teach the claimed " $k$ ", it is clear that one of ordinary skill in the art given the teachings of the cited references is given the necessary technical teachings to provide the optimal " $k$ " in terms of the given circuit parameters (i.e.  $Q$ ,  $\omega$ ,  $L$ ,  $R$ , etc.) to arrive at what seems to be the intent of the claim, that being optimal coupling for a given coils configuration.

For claim 2, Phillips address link efficiency in terms of " $k$ ", and Lee shows a variable distance configuration. Thus simply moving the coils to find an optimal " $k$ " and

Art Unit: 2836

highest link efficiency is simply the routine application of ordinary skill in the art, noting that Fujimoto has shown a "k detecting circuit".

For claim 19, it too is unclear based upon the uncertainty of claim 1 and "k". However, the combined references have shown how link efficiency is related to a Q tuning approach (Phillips) and how "k" is related to Q, omega, L, R. Thus again, "setting" a value of a work drainage rate in terms of an unspecified parameter (wp, which can therefore be treated as an arbitrary constant) would also be construed to be an application of ordinary skill in the art when determining an optimal "k" for the given circuit of Lee.

For claims 20-23, the "wp" is an arbitrary constant in the claims and would therefore also be determined by one of ordinary skill in the art when obtaining the optimal "k" per the references.

For claim 24, the claim is drafted in terms of intended functional language outcome. Absent a showing of technical differences, the combined references operating at an optimal "k" would also prevent damage to any capacitors associated with Lee's system (i.e. C1,2).

Likewise, claim 25 is drafted in terms of desired functional outcome of decreased stored energy. Again, using the rationale of claim 24, the use of an optimal "k" will lead to an appropriate amount of stored energy. The claim recites a "decrease" but provides no guidance as to what the decrease is relative to. Since it is known in the art that Q is a measure of stored energy, the combined references teach "k" in terms of Q, thus rendering this broadly recited "decrease" obvious subject matter.

For claim 26, Lee does disclose use in a small power electronic device [86] as well as contactless wireless battery charging. This is obviously referring to a small portable device, given the entirety of the disclosure of Lee and the advantages of a relatively movable charging system. Cell phones are known (prior to applicants' earliest effective filing date and also known from the voluminous number of references applicants have cited to the office) to be charged wirelessly, and thus this is nothing new or inventive. The combined references teach resonant frequencies in this range (i.e. Phillips column 1, range of 10kHz to 1MHz). It is also known from the body of art applicants have cited to the office and what the office has cited the applicants that wireless power transfer systems have resistive and radiative loss components.

For claims 27 and 28, Q is an adjustable feature to be determined by the criteria of the cited references, noting that it is old and well known that higher Q provides a narrower bandwidth and better power coupling at the resonant frequency. Phillips also discloses a Q of 150 (column 8). Given this, one of ordinary skill in the art would also choose a high Q for the receiver in order to maximize power transfer (claim 28).

For claim 29, the amount of power is simply a matter of the power needed by the device and the size of the system. Simply scaling up a smaller system to account for larger power transfer is within the ordinary skill in the art. Claim 29 does not specify any particular structural components.

For claims 30,31,33,34, the above rationale is applicable. As has been noted above, applicants have cited a voluminous number of references, so modifying the combined references to achieve vehicular charging at 1kW would have been obvious to

one having ordinary skill in the art. Simply changing the type of load and the power transmitted is merely a matter of scaling an existing system, as the claims do not set forth any special vehicle specific structural features.

For claims 32 and 35, the “k” again is confusing, so the above rationale applies when the optimal “k” is determined for the given factors that go into the calculation and determination of a “k”. Likewise, scaling up the power to accommodate vehicular charging has been addressed above. Again, Q is selected to be as high as possible in order to maximize power transmission at the given resonant frequency.

### ***Double Patenting***

1. The nonstatutory double patenting rejection is based on a judicially created doctrine grounded in public policy (a policy reflected in the statute) so as to prevent the unjustified or improper timewise extension of the “right to exclude” granted by a patent and to prevent possible harassment by multiple assignees. A nonstatutory double patenting rejection is appropriate where the claims at issue are not identical, but at least one examined application claim is not patentably distinct from the reference claim(s) because the examined application claim is either anticipated by, or would have been obvious over, the reference claim(s). See, e.g., *In re Berg*, 140 F.3d 1428, 46 USPQ2d 1226 (Fed. Cir. 1998); *In re Goodman*, 11 F.3d 1046, 29 USPQ2d 2010 (Fed. Cir. 1993); *In re Longi*, 759 F.2d 887, 225 USPQ 645 (Fed. Cir. 1985); *In re Van Ornum*, 686 F.2d 937, 214 USPQ 761 (CCPA 1982); *In re Vogel*, 422 F.2d 438, 164 USPQ 619 (CCPA 1970); and *In re Thorington*, 418 F.2d 528, 163 USPQ 644 (CCPA 1969).

A timely filed terminal disclaimer in compliance with 37 CFR 1.321(c) or 1.321(d) may be used to overcome an actual or provisional rejection based on a nonstatutory double patenting ground provided the reference application or patent either is shown to be commonly owned with this application, or claims an invention made as a result of activities undertaken within the scope of a joint research agreement. A terminal disclaimer must be signed in compliance with 37 CFR 1.321(b).

The USPTO internet Web site contains terminal disclaimer forms which may be used. Please visit <http://www.uspto.gov/forms/>. The filing date of the application will determine what form should be used. A web-based eTerminal Disclaimer may be filled out completely online using web-screens. An eTerminal Disclaimer that meets all requirements is auto-processed and approved immediately upon submission. For more information about eTerminal Disclaimers, refer to <http://www.uspto.gov/patents/process/file/efs/guidance/eTD-info-I.jsp>.

2. Claims 1,2,19-35 are provisionally rejected on the ground of nonstatutory double patenting as being unpatentable over claims 1-28 of copending Application No. 13/477,459 in view of Lee (WO2006/011769A1) in view of Hochmair, Galbraith, Phillips Gaul, Fujimoto and Wuidart, as set forth in detail above. Although the claims at issue are not identical, they are not patentably distinct from each other because the copending claims set forth a three coil configuration without the particular “k” values, which comments to Lee (WO2006/011769A1) in view of Hochmair, Galbraith, Phillips Gaul, Fujimoto and Wuidart above apply thereto in order to make for a four coil non-contact configuration and optimal “k”. Therefore modifying the claims of 13/477,459 by

Lee (WO2006/011769A1) in view of Hochmair, Galbraith, Phillips Gaul, Fujimoto and Wuidart the teachings of results in a system with more adjustment capabilities and better power transfer via optimal "k".

This is a provisional nonstatutory double patenting rejection because the patentably indistinct claims have not in fact been patented.

3. Claims 1,2,19-35 are rejected on the ground of nonstatutory double patenting as being unpatentable over claims 1-44 of U.S. Patent No. 8,760,007 in view of Lee (WO2006/011769A1) in view of Hochmair, Galbraith, Phillips Gaul, Fujimoto and Wuidart. The patented claims also set forth a three coil system, and Lee (WO2006/011769A1) in view of Hochmair, Galbraith, Phillips Gaul, Fujimoto and Wuidart teaches modification to provide a relaying effect and a fourth coil, per the arguments above. Therefore to modify the patented claims by the teachings of Lee (WO2006/011769A1) in view of Hochmair, Galbraith, Phillips Gaul, Fujimoto and Wuidart consistent with the explanation above would have been obvious in order to achieve a system with better power transfer via an optimal "k".

### ***Conclusion***

5. The prior art made of record and not relied upon is considered pertinent to applicant's disclosure. The remaining Korean references show wireless power transfer.

6. Applicant's amendment necessitated the new ground(s) of rejection presented in this Office action. Accordingly, **THIS ACTION IS MADE FINAL**. See MPEP § 706.07(a). Applicant is reminded of the extension of time policy as set forth in 37 CFR 1.136(a).

A shortened statutory period for reply to this final action is set to expire THREE MONTHS from the mailing date of this action. In the event a first reply is filed within TWO MONTHS of the mailing date of this final action and the advisory action is not mailed until after the end of the THREE-MONTH shortened statutory period, then the shortened statutory period will expire on the date the advisory action is mailed, and any extension fee pursuant to 37 CFR 1.136(a) will be calculated from the mailing date of the advisory action. In no event, however, will the statutory period for reply expire later than SIX MONTHS from the date of this final action.

Any inquiry concerning this communication or earlier communications from the examiner should be directed to FRITZ M. FLEMING whose telephone number is (571)272-4145. The examiner can normally be reached on M-F, 0900-1730.

If attempts to reach the examiner by telephone are unsuccessful, the examiner's supervisor, Jared Fureman can be reached on 571-272-2391. The fax phone number for the organization where this application or proceeding is assigned is 571-273-8300.

Information regarding the status of an application may be obtained from the Patent Application Information Retrieval (PAIR) system. Status information for published applications may be obtained from either Private PAIR or Public PAIR. Status information for unpublished applications is available through Private PAIR only. For more information about the PAIR system, see <http://pair-direct.uspto.gov>. Should you have questions on access to the Private PAIR system, contact the Electronic Business Center (EBC) at 866-217-9197 (toll-free). If you would like assistance from a USPTO Customer Service Representative or access to the automated information system, call 800-786-9199 (IN USA OR CANADA) or 571-272-1000.

FRITZ M FLEMING  
Primary Examiner  
Art Unit 2836

/FRITZ M FLEMING/  
Primary Examiner, Art Unit 2836

|                                   |                                       |  |                                                              |             |
|-----------------------------------|---------------------------------------|--|--------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>Notice of References Cited</b> | Application/Control No.<br>13/789,860 |  | Applicant(s)/Patent Under<br>Reexamination<br>KARALIS ET AL. |             |
|                                   | Examiner<br>FRITZ M. FLEMING          |  | Art Unit<br>2836                                             | Page 1 of 1 |

#### U.S. PATENT DOCUMENTS

| * |   | Document Number<br>Country Code-Number-Kind Code | Date<br>MM-YYYY | Name                  | CPC Classification | US Classification |
|---|---|--------------------------------------------------|-----------------|-----------------------|--------------------|-------------------|
| * | A | US-4,441,210 A                                   | 04-1984         | Hochmair; Erwin S.    | A61F11/04          | 128/903           |
| * | B | US-4,679,560 A                                   | 07-1987         | Galbraith; Douglas C. | A61N1/37223        | 128/903           |
| * | C | US-6,240,318 B1                                  | 05-2001         | Phillips; Richard P.  | A61N1/08           | 607/61            |
| * | D | US-6,533,178 B1                                  | 03-2003         | Gaul; Lorenz          | G06K19/0723        | 235/380           |
| * | E | US-5,703,573 A                                   | 12-1997         | Fujimoto; Masahiro    | G01S13/82          | 340/10.3          |
| * | F | US-7,058,357 B1                                  | 06-2006         | Wuidart; Luc          | G06K7/10336        | 340/10.1          |
|   | G | US-                                              |                 |                       |                    |                   |
|   | H | US-                                              |                 |                       |                    |                   |
|   | I | US-                                              |                 |                       |                    |                   |
|   | J | US-                                              |                 |                       |                    |                   |
|   | K | US-                                              |                 |                       |                    |                   |
|   | L | US-                                              |                 |                       |                    |                   |
|   | M | US-                                              |                 |                       |                    |                   |

#### FOREIGN PATENT DOCUMENTS

| * |   | Document Number<br>Country Code-Number-Kind Code | Date<br>MM-YYYY | Country | Name          | CPC Classification |
|---|---|--------------------------------------------------|-----------------|---------|---------------|--------------------|
|   | N | WO 2006011769 A1                                 | 02-2006         | KR      | LEE HYUNG-JOO | H02J5/005          |
|   | O | KR10-2004-0072581                                | 08-2004         | KR      | LEE HYUNG-JOO | H02J5/005          |
|   | P |                                                  |                 |         |               |                    |
|   | Q |                                                  |                 |         |               |                    |
|   | R |                                                  |                 |         |               |                    |
|   | S |                                                  |                 |         |               |                    |
|   | T |                                                  |                 |         |               |                    |

#### NON-PATENT DOCUMENTS

| * |   | Include as applicable: Author, Title Date, Publisher, Edition or Volume, Pertinent Pages) |
|---|---|-------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | U | Machine Translation for KR2000-0046258.                                                   |
|   | V |                                                                                           |
|   | W |                                                                                           |
|   | X |                                                                                           |

\*A copy of this reference is not being furnished with this Office action. (See MPEP § 707.05(a).)  
Dates in MM-YYYY format are publication dates. Classifications may be US or foreign.

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau



(43) International Publication Date  
2 February 2006 (02.02.2006)

PCT

(10) International Publication Number  
**WO 2006/011769 A1**

(51) International Patent Classification<sup>7</sup>: **H04B 7/14**

(21) International Application Number:  
PCT/KR2005/002468

(22) International Filing Date: 29 July 2005 (29.07.2005)

(25) Filing Language: Korean

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:  
10-2004-0059562 29 July 2004 (29.07.2004) KR

(71) Applicant (for all designated States except US): **JC PRO-TEK CO., LTD.** [KR/KR]; #216, Electronics Eng. dept. Andong, National Univ., 388, Songchen-dong, Andong, Kyungbuk 760-749 (KR).

(72) Inventor; and

(75) Inventor/Applicant (for US only): **LEE, Hyung-Joo** [KR/KR]; Hyungin Avervill Apt. 307-505, Zeungha-dong, Andong, Kyungbuk 760-704 (KR).

(74) Agent: **LEE, Sang-Mock**; B-1802, Samhomulsan Bldg. 275-6, Yangjae-dong, Seocho-gu, Seoul 137-130 (KR).

(81) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of national protection available): AE, AG, AL, AM,

AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

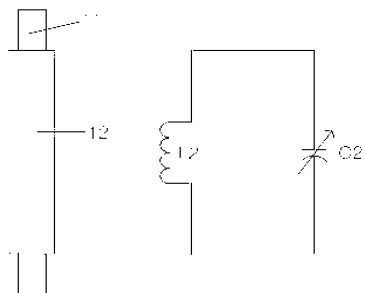
(84) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of regional protection available): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Published:**

- with international search report
- before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(54) Title: AN AMPLIFICATION RELAY DEVICE OF ELECTROMAGNETIC WAVE AND A RADIO ELECTRIC POWER CONVERSION APPARATUS USING THE ABOVE DEVICE



an electromotive force induced in a construction in which a resonance and impedance matching variable condenser is connected to a coil in series or in parallel in order to transmit maximum induced power to a charging battery that is a load using electromagnetic waves amplified by the amplifying repeater, and a smoothing condenser for smoothing the rectified voltage. Accordingly, charging power required for various small power electronic devices can be provided and power can be supplied to various loads.

(57) Abstract: The present invention provides an amplifying repeater, which is constructed in such a manner that a ferrite core is inserted into a coil with a predetermined number of winds to increase an induced electromotive force caused by an increase in flux linkage using a time-varying magnetic field of electromagnetic waves at a position distant from various electromagnetic wave generating sources by a predetermined distance and the induction coil and a variable condenser for inducing resonance are connected to each other to increase current while reducing a resistant component existing in the induction coil to intensify and amplify the magnetic field of electromagnetic waves. Furthermore, the present invention provides a wireless power conversion charging device using the magnetic field of electromagnetic waves, which is located between an electromagnetic wave generating source transmitter and a receiving coil or attached to the transmitter and receiving coil. The wireless power conversion charging device includes a rectifying diode for rectifying

WO 2006/011769 A1

## **Description**

# **AN AMPLIFICATION RELAY DEVICE OF ELECTROMAGNETIC WAVE AND A RADIO ELECTRIC POWER CONVERSION APPARATUS USING THE ABOVE DEVICE**

### **Technical Field**

- [1] The present invention relates to an amplifying repeater, which is constructed in such a manner that a ferrite core is inserted into a coil with a predetermined number of winds to increase an induced electromotive force caused by an increase in flux linkage using a time-varying magnetic field of electromagnetic waves at a position distant from an electromagnetic wave generating source by a predetermined distance, and that the coil and a variable condenser for inducing resonance are connected to each other to intensify and amplify the magnetic field of electromagnetic waves, and a wireless power converter using electromagnetic waves, which is located at a predetermined distance from the amplifying repeater, connects a resonance and impedance matching variable condenser to a coil to effectively transmit an induced power to a load, and rectifies and smoothes the induced power using a diode to supply the power to a charging battery or various loads.

### **Background Art**

- [2] The induced electromotive force obtained from a time variation of the magnetic field of electromagnetic waves using Faraday's law is generated in proportion to the number of winds of an induction coil and a time variation of flux linkage. However, the intensity of the magnetic field is abruptly decreased in response to a distance from an electromagnetic wave generating source. Thus, the induced electromotive force is hardly induced to the induction coil at more than a predetermined distance so that energy according to wireless power conversion cannot be obtained. Furthermore, the induction coil must be disposed within a very short range from the electromagnetic wave generating source in a prior art so that its installation position is greatly restricted or it cannot be installed because of its bad appearance.

### **Disclosure of Invention**

#### **Technical Problem**

- [3] Accordingly, the present invention has been made in view of the above-mentioned problem, and it is an object of the present invention to provide an electromagnetic wave amplifying repeater, which is constructed in such a manner that a ferrite core is inserted into a coil with a predetermined number of winds to increase an induced electromotive force caused by an increase in flux linkage using a time-varying magnetic

field of electromagnetic waves at a position distant from an electromagnetic wave generating source by a predetermined distance, connect the induction coil to a variable condenser for inducing resonance to construct an amplifying repeater that maximizes a current while reducing a resistant component existing in the induction coil to intensify and amplify the magnetic field of electromagnetic waves, and to provide a wireless power converter using the amplifying repeater, which includes a rectifying diode for rectifying an electromotive force induced in a structure in which a resonance and impedance matching variable condenser is connected in parallel with a coil to effectively transmit an induced electromotive force using the electromagnetic waves amplified by the amplifying repeater, having a predetermined distance from the amplifying repeater, and a smoothing condenser for smoothing the rectified voltage.

- [4] Another object of the present invention is to provide an amplifying repeater located at a very short distance from an electromagnetic wave generating source or attached to a wireless power converter to intensify and amplify the magnetic field of electromagnetic waves such that the amplifying repeater is installed unrestrictedly and an amplifying repeater and wireless power converter are applied in various ways according to wireless power conversion using the amplified electromagnetic waves.

### **Technical Solution**

- [5] To achieve the above objects, according to the present, there is provided an electromagnetic wave amplifying repeater capable of amplifying and repeating the magnetic field of electromagnetic waves generated artificially or generated from various electromagnetic wave generating sources, including: an induction coil formed by winding a coil with a predetermined thickness in a desired size and form by a predetermined number of winds; a magnetic substance having a predetermined size and form, the magnetic substance being combined with the induction coil to increase flux; and a variable condenser connected to the induction coil to construct a resonance circuit.

### **Brief Description of the Drawings**

- [6] Further objects and advantages of the invention can be more fully understood from the following detailed description taken in conjunction with the accompanying drawings, in which:
- [7] FIG. 1 illustrates the appearance and configuration of an amplifying repeater according to the present invention;
- [8] FIG. 2 illustrates a wireless power converter having a charging function according to the present invention;
- [9] FIG. 3 illustrates a construction for measuring a charging voltage, a charging current and a charging power using only a wireless power converter without using an

amplifying repeater;

- [10] FIG. 4 illustrates a construction for measuring a charging voltage, a charging current and a charging power using a single magnetic field amplifying repeater and a wireless power converter;
- [11] FIG. 5 illustrates a construction for measuring a charging voltage, a charging current and a charging power using two magnetic field amplifying repeaters and a wireless power converter (combined with one of the amplifying repeaters);
- [12] FIG. 6 illustrates a construction for measuring a charging voltage, a charging current and a charging power using two magnetic field amplifying repeaters and a wireless power converter (independent);
- [13] FIG. 7 illustrates a construction for measuring a charging voltage, a charging current and a charging power using magnetic field amplifying repeaters, a repeating amplifier and a wireless power converter, which are combined with each other;
- [14] FIG. 8 illustrates a construction in which a transmission coil generates a magnetic field, and a voltage, current and power are measured using an amplifying repeater, a receiving coil and a wireless power converter;
- [15] FIG. 9 illustrates a construction in which a transmission coil generates a magnetic field, and a voltage, current and power are measured at an output terminal using an amplifying repeater, a receiving coil wound on the upper part of a common core, and an amplifying repeater disposed at the lower part of the common core;
- [16] FIG. 10 illustrates a transmitter and a receiver constructed in such a manner that an amplifying repeater and a transmission coil or a receiving coil are wound around a single core;
- [17] FIG. 11 illustrates a construction in which an amplifying repeater composed of a spiral coil is attached onto a spiral coil, and a voltage, current and power are measured at an output terminal of a receiving coil;
- [18] FIG. 12 illustrates a construction in which an amplifying repeater composed of a spiral coil is located between a transmission coil and a receiving coil, and a voltage, current and power are measured at an output terminal;
- [19] FIG. 13 illustrates a construction in which an amplifying repeater is located outside a transmission coil, and a voltage, current and power are measured at an output terminal of a receiving coil; and
- [20] FIG. 14 illustrates a construction in which an amplifying repeater is located outside each of a transmission coil and a receiving coil, and a voltage, current and power are measured at an output terminal of the receiving coil
- [21] 11; Core, 12; Inducing Coil
- [22] 20; AC Power Generator
- [23] 21; Electromagnetic Wave Generating Source

- [24] 22; Receiver 23; Output Part
- [25] 24; Ruler
- [26] 25,26,27,28,30,32,34; Amplifying Repeater
- [27] 29; Transmission Coil
- [28] 31; Receiver1 , 33; Receiving Coil
- [29] 51; Spiral Coil Type Receiving Coil
- [30] 52; Spiral Coil Type Amplifying Repeater
- [31] 53; Spiral Coil Type Transmission Coil
- [32] L1: Receiving Coil,
- [33] C1: Condenser for Impedance Matching,
- [34] C2: Smoothing Condenser,
- [35] 1.3V: Battery Voltage for Charging

### **Mode for the Invention**

- [36] The present invention will now be described in detail in connection with preferred embodiments with reference to the accompanying drawings. For reference, like reference characters designate corresponding parts throughout several views.
- [37] The present invention provides an amplifying repeater, which is constructed in such a manner that a ferrite core is inserted into a coil with a predetermined number of winds to increase an induced electromotive force caused by an increase in flux linkage using a time-varying magnetic field of electromagnetic waves using Faraday's law at a position distant from an electromagnetic wave generating source by a predetermined distance and the induction coil and a variable condenser for inducing resonance are connected to each other to maximize an induced current while reducing a resistant component existing in the induction coil to amplify the magnetic field of electromagnetic waves. Furthermore, the present invention provides a wireless power converter located at a predetermined distance from the amplifying repeater or attached to the amplifying repeater. The wireless power converter includes a rectifying diode for rectifying an electromotive force induced in a construction in which a magnetic core such as a ferrite core is inserted in an induction coil with a predetermined number of winds for transmitting maximum induced power to a charging battery that is a load using electromagnetic waves amplified by the amplifying repeater and the induction coil is connected to a variable condenser for controlling resonance and impedance matching, a smoothing condenser for smoothing the rectified voltage, and a receiving coil having a predetermined DC voltage and current.
- [38] In receiving electromagnetic power using Faraday's law, the present invention amplifies the magnetic field of time-varying electromagnetic waves generated in a television receiver or a monitor or electromagnetic waves artificially generated by

connecting a transmission coil to a load of an AC power generating circuit using an amplifying repeater to obtain an induced electromotive force using an induction coil at a position distant from an electromagnetic wave generating source by a predetermined distance and maximizes the obtained induced voltage and current, to thereby provide a magnetic field amplifying repeater for receiving electromagnetic power, which enables high efficiency electric energy conversion, and a high efficiency wireless power converter using the amplifying repeater.

[39] The construction of the amplifying repeater for amplifying an induced magnetic field of electromagnetic waves will now be described.

[40] The electromagnetic wave amplifying repeater according to the present invention obtains an induced electromotive force using electromagnetic waves generated from an electromagnetic wave generating source and emits the obtained induced power to the air. The present invention winds a coil round a bobbin having a predetermined diameter and size (having an internal diameter of 10mm and an external diameter of 15mm) by a predetermined number of times and a ferrite core is inserted in the bobbin to manufacture an induction coil. The diameter and the number of winds of the induction coil and the size of the ferrite core are designed such that the induced electromotive force is maximized. The induction coil can be constructed in parallel or in series in consideration of its resistance value. In the present invention, the diameter and length of the ferrite core are 9mm and 110mm, respectively, and two induction coils each have a diameter of 0.3mm and a number of winds of 160 are connected in parallel with each other. The induction coils are wound round the aforementioned bobbin, the ferrite core is inserted into the bobbin and a variable condenser is connected in parallel with the induction coils to construct a resonance circuit to maximize induced power and emit electromagnetic waves.

[41] The wireless power converter according to the present invention is located at a predetermined distance from the amplifying repeater or attached to the amplifying repeater and includes a ferrite core having a diameter of 9mm and a length of 110mm and two induction coils having a diameter of 0.3mm and a number of winds of 100, connected in parallel with each other. The induction coils are wound round a bobbin having a predetermined size (an internal diameter of 10mm and an external diameter of 15mm), the ferrite core is inserted into the bobbin and a variable condenser is connected in parallel with the induction coils to impedance-match with a resonance and load electronic circuit to maximize an induced electromotive force. The wireless power converter further includes a diode for rectifying the induced electromotive force and a smoothing condenser for smoothing the rectified voltage. The wireless power converter can be used as a power supply of a charging device because it generates a DC voltage having a specific current.

[42] FIG. 1 illustrates the electromagnetic field amplifying repeater manufactured according to the present invention on the left and a circuit constructing the amplifying repeater on the right. FIG. 2 is a circuit diagram of the wireless power converter constructed to obtain an electric energy using electromagnetic waves amplified by the amplifying repeater. In FIG. 2, L1 denotes a receiving coil, C1 represents a capacitor for impedance matching of resonance and maximum power transmission, C2 denotes a smoothing capacitor, and 1.3V represents a charging battery voltage. Table 1 represents a charging voltage, a charging current and a charging power obtained when the wireless power converter of FIG. 2 is located having a predetermined distance from an electromagnetic wave generating source 21, as shown in FIG. 3, without using the electromagnetic field amplifying repeater. From Table 1, it can be known that the charging current and charging power are hardly induced when the distance of a ruler 24 exceeds 4cm.

[43]

[44] Table 1 : A charging voltage, a charging current and a charging power Using the wireless power converter in Fig2.

[45]

| Distance(cm) | Charging Voltage(V) | Charging Current (mA) | Charging Power(mW) |
|--------------|---------------------|-----------------------|--------------------|
| 0            | 1.3                 | 27                    | 35.1               |
| 1            | 1.3                 | 18.4                  | 23.9               |
| 2            | 1.3                 | 10.7                  | 13.9               |
| 3            | 1.3                 | 4                     | 5.2                |
| 4            | 1.3                 | 0                     | 0                  |

[46]

[47] FIG. 4 illustrates a construction in which a single electromagnetic field amplifying repeater 25 designed and manufactured according to the present invention is located in proximity to the electromagnetic wave generating source 21 and a charging voltage, a charging current and a charging power are measured using a receiver wireless power converter according to the present invention while varying the distance between the electromagnetic field amplifying repeater and the wireless power converter. The measurement result is represented in Table 2. Referring to Table 2, the charging current and charging power can be obtained even at a point at which the distance of the ruler is approximately 10cm.

[48]

[49] Table 2 : A charging voltage, a charging current and a charging power Using the wireless power converter in Fig4.

[50]

| Distance(cm) | Charging Voltage(V) | Charging Current(mA) | Charging Power(mW) |
|--------------|---------------------|----------------------|--------------------|
| 5            | 1.3                 | 44.0                 | 57.2               |
| 6            | 1.3                 | 26.2                 | 34.1               |
| 7            | 1.3                 | 21.7                 | 28.2               |
| 8            | 1.3                 | 15.7                 | 20.4               |
| 9            | 1.3                 | 10.7                 | 13.9               |
| 10           | 1.3                 | 4.9                  | 6.4                |
| 11           | 1.3                 | 0                    | 0                  |
| 12           | 1.3                 | 0                    | 0                  |

[51] FIG. 5 illustrates a construction using two electromagnetic field amplifying repeaters 25 and 26 according to the present invention. One of the amplifying repeaters is located having a predetermined distance from the electromagnetic wave generating source 21 and the other one is disposed in proximity of the receiver 22 and the wireless power converter. Here, the amplifying repeater 26 and the receiver 22 are combined with each other. Table 3 represents a charging voltage, a charging current and a charging power measured using this construction while varying the distance between the electromagnetic wave generating source and the amplifying repeater 26 and the receiver 22 attached to each other. Referring to Table 3, the charging current and charging power can be obtained even at a point distant from the electromagnetic wave generating source 21 by 12cm.

[52] Table 3 : A charging voltage, a charging current and a charging power Using the wireless power converter in Fig5.

[53]

| Distance(cm) | Charging Voltage(V) | Charging Current(mA) | Charging Power(mW) |
|--------------|---------------------|----------------------|--------------------|
| 5            | 1.3                 | 51.2                 | 66.5               |
| 6            | 1.3                 | 36.8                 | 47.8               |
| 7            | 1.3                 | 29.2                 | 37.9               |
| 8            | 1.3                 | 21.4                 | 27.8               |
| 9            | 1.3                 | 16.6                 | 21.5               |
| 10           | 1.3                 | 12.7                 | 16.5               |
| 11           | 1.3                 | 4.7                  | 6.1                |
| 12           | 1.3                 | 1.2                  | 1.6                |

[54] FIG. 6 illustrates a construction using two electromagnetic field amplifying repeaters 25 and 27 designed and manufactured according to the present invention. In this construction, one of the amplifying repeaters is located having a predetermined distance from the electromagnetic wave generating source 21, the other one is disposed having a distance of 5cm from the electromagnetic wave generating source 21, and a charging voltage, a charging current and a charging power are measured using the wireless power converter while varying the distance between the wireless power converter and the amplifying repeaters. Table 4 represents the measurement result. Referring to Table 4, a slightly increased charging power can be obtained and a specific charging current and charging power can be obtained even at a point distant from the electromagnetic wave generating source 21 by 13cm.

[55]

[56] Table 4 : A charging voltage, a charging current and a charging power Using the wireless power converter in Fig6.

[57]

| Distance(cm) | Charging Voltage(V) | Charging Current(mA) | Charging Power(mW) |
|--------------|---------------------|----------------------|--------------------|
| 10           | 1.3                 | 34                   | 44.2               |
| 11           | 1.3                 | 22.3                 | 29.0               |
| 12           | 1.3                 | 6.3                  | 8.2                |
| 13           | 1.3                 | 1.7                  | 2.2                |

[58] FIG. 7 illustrates a construction in which an electromagnetic field amplifying repeater 25 is manufactured in such a manner that a coil having the same diameter as the aforementioned coil is wound round a bobbin having the same size as the aforementioned bobbin by a number of winds of 200 to connect two induction coils in

parallel, a ferrite core is inserted into the induction coils and a variable condenser is connected in parallel with the induction coils to construct a resonance circuit, and the amplifying repeater 25 is located having a predetermined distance from the electromagnetic wave generating source 21. In addition, another amplifying repeater 27 identical to those used in FIGS. 3, 4, 5 and 6 is located at a point corresponding to 5cm of the ruler, and an amplifying repeater 28 and the wireless power converter are attached to each other to measure a charging voltage, a charging current and a charging power while varying the distance between the electromagnetic wave generating source and the wireless power converter. Table 5 represents the measured charging voltage, charging current and charging power. It can be known from Table 5 that a specific charging current and charging power can be obtained even at a point distant from the electromagnetic wave generating source 21 by 16cm.

[59] Table 5 : A charging voltage, a charging current and a charging power Using the wireless power converter in Fig7.

[60]

| Distance(cm) | Charging Voltage(V) | Charging Current(mA) | Charging Power(mW) |
|--------------|---------------------|----------------------|--------------------|
| 10           | 1.3                 | 41.0                 | 53.3               |
| 11           | 1.3                 | 29.8                 | 38.7               |
| 12           | 1.3                 | 20.2                 | 26.2               |
| 13           | 1.3                 | 15.8                 | 20.5               |
| 14           | 1.3                 | 10.7                 | 13.9               |
| 15           | 1.3                 | 3.2                  | 4.1                |
| 16           | 1.3                 | 1                    | 1.3                |

[61] Various experiments were made using the electromagnetic field amplifying repeater designed and manufactured as above and the wireless power converter according to the present invention, as shown in FIGS. 3 through 7. In the case where only the wireless power converter is installed without having the amplifying repeater, as shown in FIG. 3, the induced electromotive force is hardly generated from the induction coil when the wireless power converter is located distant from the electromagnetic wave generating source by 4cm, as represented in Table 1. Thus, a charging current does not flow in a charging battery that is a load and charging battery power indicates zero. In the case where the amplifying repeater is added, as shown in FIG. 4, the maximum charging current of 44mA and charging power of 57.2mW are obtained when the wireless power converter is located distant from the electromagnetic wave generating source by 5cm and charging power of 6.4mW is obtained when the wireless power converter is

located distant from the electromagnetic wave generating source by 10cm, as represented in Table 2.

- [62] When the wireless power converter is combined with the amplifying repeater, as shown in FIG. 5, the charging current and charging power are higher than those obtained from the construction of FIG. 4 at the same distance. When the two amplifying repeaters are used as shown in FIG. 6, the charging power at the point distant from the electromagnetic wave generating source by 10cm is 44.2mW as represented in Table 4, which is approximately seven times the charging power of 6.4mW obtained using only one amplifying repeater in FIG. 4. Furthermore, the charging current and charging power can be obtained even at a point distant from the electromagnetic wave generating source by a distance corresponding to 12cm of the ruler. Thus, it can be known that electromagnetic power is transmitted and induced-converted into an electrical energy to be transmitted to a load even at a distance four times the distance when the wireless power converter is used without using any amplifying repeater.
- [63] In the construction in which two different amplifying repeaters 25 and 27 are installed and the amplifying repeater 28 is combined with a receiving coil and the wireless power converter, as shown in FIG. 7, increased charging current and charging power are measured at the same distance in the construction having no amplifying repeater of FIG. 6 and a distance capable of obtaining the charging current and charging power is increased to 16cm, as represented in Table 5.
- [64] In another embodiment of the present invention, a transmission coil is connected to a load of an AC power generating circuit of a TV receiver, which is an artificial electromagnetic generating source, to construct a source of generating AC power waveform having a frequency of 130kHz, and the transmission coil, a repeater and coils used in first and second receivers are constructed, as shown in Table 6, to measure a receiving voltage, a receiving current and a receiving power in response to a ruler distance using the wireless power converter of FIG. 2.
- [65] Table 6 : Coil Construction of Transmission coil, Repeater, Receiver1, Receiver2
- [66]

|                           | Transmission<br>Coil | Repeater | Receiver1 | Receiver2                                          |
|---------------------------|----------------------|----------|-----------|----------------------------------------------------|
| Coil                      | 0.3                  | 0.3      | 0.3       | 0.3                                                |
| Core(mm)<br>(Dia.+Length) | 9*55                 | 7*45     | 7*45      | 7*45                                               |
| No. of<br>winding         | 40 회                 | 40 회     | 15        | Upper Receiver(10Times)<br>Lower Repeater(40Times) |

[67] In Table 6, the first receiver is constructed of a general solenoid coil constructed such that a coil is wound round a core and the second receiver includes a receiving coil wound round the upper part of a common core ten times and a repeater constructing a resonance circuit of a coil wound round the lower part of the common core forty times and a capacitor.

[68] FIG. 10 illustrates a transmitter and a receiver constructed by winding a transmission coil outputting power generated from the electromagnetic wave generating source or a receiving coil receiving electromagnetic waves round a common core provided with an electromagnetic wave amplifying repeater. This construction can obtain high wireless power conversion efficiency because it can maximize generation and reception of electromagnetic waves in the resonance circuit of the amplifying repeater.

[69] Table 7 represents the voltage, current and power measured at an output load terminal (tens of parallel LEDs) of a receiver 31 when a transmission coil 29, an amplifying repeater 30 and the receiver 31 manufactured as shown in Table 6 are installed as shown in FIG. 8. The amplifying repeater is located in proximity to an electromagnetic wave generating source. The voltage, current and power are measured while moving the receiver from the electromagnetic wave generating source to distances 5cm, 10cm and 15cm.

[70] Table 7 : A receiving voltage, current and power measured at an output load terminal of a receiver1.

[71]

| Distance(cm) | Receiving voltage<br>(V) | Receiving current (A) | Receiving<br>power(W) |
|--------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 5            | 3.9                      | 1.900                 | 7.410                 |
| 10           | 2.6                      | 1.000                 | 2.600                 |
| 15           | 1.4                      | 0.200                 | 0.280                 |

[72] Table 8 represents the voltage, current and power measured at an output load terminal of receivers 33 and 34 when the transmission coil 29, amplifying repeater 32 and receivers 33 and 34 manufactured as shown in Table 6 are installed as shown in FIG. 9. The amplifying repeater is located in proximity to an electromagnetic wave generating source. The voltage, current and power are measured while moving the receivers from the electromagnetic wave generating source to distances 5cm, 10cm, 15cm and 20cm.

[73] Table 8 : A receiving voltage, current and power measured at an output load terminal of a receiver2.

[74]

| Distance(cm) | Receiving<br>voltage(V) | Receiving<br>current(A) | Receiving power (W) |
|--------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|
| 5            | 4.6                     | 3.500                   | 16.100              |
| 10           | 4.4                     | 3.500                   | 15.400              |
| 15           | 2.7                     | 1.700                   | 4.590               |
| 20           | 2.0                     | 0.700                   | 1.400               |

[75] It can be known from Tables 7 and 8 that the receiving voltage, receiving current and receiving power in response to a distance are much larger when they are obtained using the receiver 31 manufactured by winding only an induction coil round a core than when they are obtained using the receivers 33 and 34 including an induction coil and a repeater constructed of a resonance circuit, which are attached to a single common core.

[76] Another embodiment of the present invention constructs induction coils by winding coils having various diameters round bobbins having various sizes by different numbers of winds in consideration of the size and scale of an electromagnetic wave generating source, connects the induction coils in series or in parallel, inserts ferrite cores having diameters and lengths fitted into the internal diameters of the bobbins, and connects the induction coils to a variable condenser to construct a resonance circuit. In this manner, an electromagnetic field amplifying repeater can be constructed

in various sizes and forms and an apparatus capable of obtaining charging voltage, charging current and charging power with various levels can be realized using the amplifying repeater and the wireless power converter.

[77] Another embodiment of the present invention constructs a transmission coil, a repeater and a receiver using the spiral structure disclosed in Korean Patent Application No. 10-2004-0000528 applied by the Applicant. In this case, an electromagnetic wave generating source that generates a voltage of AC 220V and 60Hz converted into an AC voltage waveform having a frequency of 120kHz through an AC-AC adapter is connected to the transmission coil in a spiral form, a receiving coil is connected to a charging circuit, and a received charging current and voltage are measured. The distance between the transmission coil and the receiving coil is 5cm. FIG. 11 shows a case where the amplifying repeater is located on the transmission coil in proximity to the transmission coil. Table 9 represents the internal diameters, external diameters, types and numbers of winds of the spiral transmission coil, repeater coil and receiving coil.

[78] Table 9 : Internal diameters, external diameters, types and numbers of winds of the spiral transmission coil, repeater coil and receiving coil.

[79]

|                      | Internal<br>diameters<br>(mm) | External<br>diameters<br>(mm) | Coil<br>spec. | Numbers<br>of winds |
|----------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------|---------------------|
| Receiving<br>coil    | 30                            | 80                            | 0.2*9         | 24                  |
| Repeater<br>coil     | 30                            | 80                            | 0.2*9         | 24                  |
| Transmission<br>coil | 30                            | 40                            | 0.2*9         | 4                   |

[80] In FIG. 11, transmission power output through the transmission coil of the electromagnetic wave generating source is 16W, charging voltage measured by the wireless power converter of FIG. 2 is 1.4V, charging current is 0.36A, and charging power is 0.50W. When the amplifying repeater is located between the transmission coil and the receiver, which are spiral coils having the dimension represented in Table 6, as shown in FIG. 12, charging voltage is 1.4V, charging current is 0.4A and charging power is 0.56W. In this case, current and power slightly higher than those obtained in the case of FIG. 11 can be obtained. For reference, when only the transmission coil 53

and receiving coil 51 are used without using the repeater and the distance between the transmission coil and the receiving coil is 5cm, charging voltage is 1.4V, charging current is 0.01A and charging power is 0.014W, which are very small.

[81] FIG. 13 shows a case where the amplifying repeater surrounds the transmission coil. Here, the repeater is not connected to the transmission coil through wire. Table 10 represents the internal diameters, external diameters, types and numbers of winds of the spiral transmission coil, repeater and receiver used in the construction shown in FIG. 13.

[82] In FIG. 13, transmission power output through the transmission coil of the electromagnetic wave generating source is 16W, charging voltage measured by the wireless power converter of FIG. 2 is 1.4V, charging current is 0.9A, and charging power is 1.26W. When the amplifying repeaters respectively surround the transmission and receiving coils, which are spiral coils having the dimension of Table 10, as shown in FIG. 14, charging voltage is 1.4V, charging current is 1.0A and charging power is 1.4W. That is, the highest current and power can be obtained in the experiments using the spiral coils. Here, the distance between the transmission coil and the receiving coil is 5cm.

[83] Table 10 : Internal diameters, external diameters, types and numbers of winds of the spiral transmission coil, repeater coil and receiving coil.

[84]

|                      | Internal<br>diameters<br>(mm) | External<br>diameters<br>(mm) | Coil<br>spec. | Numbers<br>of winds |
|----------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------|---------------------|
| Receiving coil       | 30                            | 80                            | 0.2*9         | 24                  |
| Repeater<br>coil     | 40                            | 80                            | 0.2*9         | 20                  |
| Transmission<br>coil | 30                            | 40                            | 0.2*9         | 4                   |

[85] Furthermore, the present invention can construct a wireless charging device that generates an induced voltage and current with high efficiency and charges the induced voltage and current in a charger using a rectifying diode and a smoothing condenser by simultaneously winding two wires of the spiral coil disclosed in Korea Patent Application No. 10-2004-0000528 in the form of plate such that they are located in parallel vertically, placing a ferromagnetic substance in a doughnut shape on the coil in order to increase flux caused by flux linkage per hour and connecting a variable condenser to the coil in series or in parallel to construct a resonance circuit. Here, an

electromagnetic field amplifying repeater can be manufactured by constructing the resonance circuit using the spiral plate type coil, ferromagnetic substance in a doughnut shape and variable condenser. A method of manufacturing the electromagnetic field amplifying repeater is described in detail in Korea Patent Application No. 10-2004-0000528.

- [86] The present invention constructs a magnetic field amplifying repeater for amplifying a magnetic field at a position having a predetermined distance from an electromagnetic wave generating source and locates an electromagnetic wave amplifying repeater and a wireless power conversion charging device converter at a position distant from the amplifying repeater by a predetermined distance. The wireless power conversion charging device include a rectifying diode that rectifies an electromotive force induced in a structure in which a resonance and impedance matching variable condenser and a coil are connected in parallel with each other to induce maximum power using electromagnetic waves amplified by the amplifying repeater to transmit the induced power to a load and a smoothing condenser smoothing the rectified voltage and a wireless power. Accordingly, the present invention can repeat power to a predetermined distance from the electromagnetic wave generating source and convert electromagnetic power to improve industrial applicability. For example, the present invention can be used to charge contactless wireless battery or transmit power in real time at a short distance in the air or an insulator of a small power electronic device.
- [87] The present invention can locate the magnetic field amplifying repeater at a position having a predetermined distance from the electromagnetic wave generating source to install the wireless power converter using electromagnetic waves, and thus the wireless power converter can be freely located and applied in various ways.
- [88] While the present invention has been described with reference to the particular illustrative embodiments, it is not to be restricted by the embodiments but only by the appended claims. It is to be appreciated that those skilled in the art can change or modify the embodiments without departing from the scope and spirit of the present invention.

## Claims

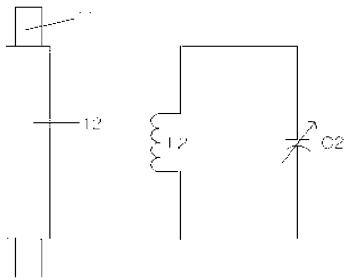
- [1] An electromagnetic wave amplifying repeater capable of amplifying and repeating the magnetic field of electromagnetic waves generated artificially or generated from various electromagnetic wave generating sources, comprising: an induction coil formed by winding a coil with a predetermined thickness in a desired size and form by a predetermined number of winds; a magnetic substance having a predetermined size and form, the magnetic substance being combined with the induction coil to increase flux; and a variable condenser connected to the induction coil to construct a resonance circuit.
- [2] The electromagnetic wave amplifying repeater as claimed in claim 1, wherein the induction coil wound by the predetermined number of winds is designed and manufactured in a solenoid or spiral form.
- [3] The electromagnetic wave amplifying repeater as claimed in claim 1 or 2, wherein the magnetic substance combined with the induction coil to increase flux is a ferrite core or a substance having magnetism.
- [4] The electromagnetic wave amplifying repeater as claimed in claim 3, wherein induction coils wound by a predetermined number of winds are connected in series or in parallel to control the resistance and inductance of the induction coils, to thereby effectively generate the magnetic field of electromagnetic waves.
- [5] The electromagnetic wave amplifying repeater as claimed in claim 4, wherein the variable condenser constructing the resonance circuit is connected to the induction coil in series or in parallel to amplify the magnetic field of electromagnetic waves.
- [6] A wireless power converter comprising:  
an electromagnetic wave amplifying repeater including an induction coil formed by winding a coil with a predetermined diameter in a desired size and form by a predetermined number of winds, a magnetic substance, and a variable condenser, the electromagnetic wave amplifying repeater serving to amplify and repeat the magnetic field of electromagnetic waves generated artificially or generated from various electromagnetic wave generating sources;  
an induction coil and a magnetic substance for generating an induced electromotive force using the magnetic field amplified by the amplifying repeater;  
a variable condenser for performing resonance and impedance matching, the variable condenser being connected to the induction coil to improve power conversion efficiency;

a rectifying diode for rectifying a voltage induced by the induction coil and the variable condenser; and  
a condenser for smoothing the voltage to form a voltage having a desired DC component.

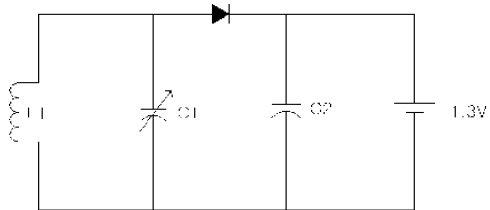
- [7] The wireless power converter as claimed in claim 6, wherein induction coils wound by a predetermined number of winds are connected in series or in parallel to control the resistance and inductance of the induction coils, to thereby improve power conversion efficiency.
- [8] The wireless power converter as claimed in claim 6 or 7, wherein the amplifying repeater is attached to an electromagnetic wave generating source transmission coil and a receiving coil or to one of the electromagnetic wave generating source transmission coil and the receiving coil, and at least one amplifying repeater is installed between the electromagnetic wave generating source transmission coil and the receiving coil in consideration of the distance between the electromagnetic wave generating source and the receiving coil.
- [9] The wireless power converter as claimed in claim 8, wherein the amplifying repeater and the receiving coil are designed and manufactured in a solenoid or spiral form.
- [10] The wireless power converter as claimed in claim 6, wherein the amplifying repeater and the wireless power converter including the amplifying repeater further comprise an electromagnetic wave generating source to which a spiral or solenoid transmission coil artificially generating electromagnetic waves is attached.
- [11] The wireless power converter as claimed in claim 6, wherein the wireless power converter is constructed in such a manner that an induction coil is wound round one side of a core wound by a transmission coil of an artificial electromagnetic wave generating source and the induction coil is connected to a capacitor to construct an amplifying repeater, that an induction coil is wound round one side of a core wound by a receiving coil and the induction coil is connected to a capacitor to construct an amplifying repeater, or that amplifying repeaters are respectively set at both sides of the core of the transmission coil and receiving coil.
- [12] The wireless power converter using an electromagnetic wave amplifying repeater as claimed in claim 6, wherein the wireless power converter is constructed in such a manner that a spiral coil is wound round the outside of a transmission spiral coil of an artificial electromagnetic wave generating source and connected to a capacitor to construct an amplifying repeater, that a spiral coil is wound round the outside a receiving spiral coil and connected to a capacitor to construct an amplifying repeater, and that spiral coils are respectively wound around the

outsides of transmission and receiving spiral coils and connected to a capacitor to construct an amplifying repeater.

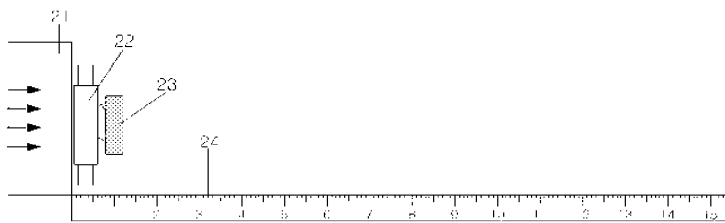
[Fig. 1]



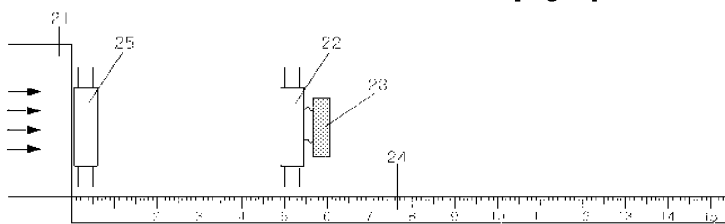
[Fig. 2]



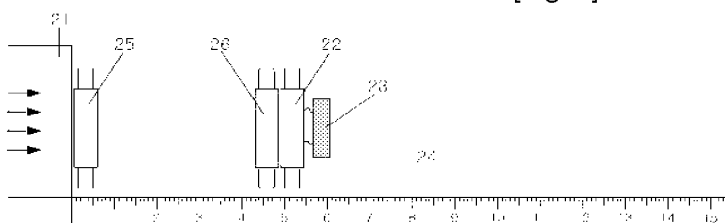
[Fig. 3]



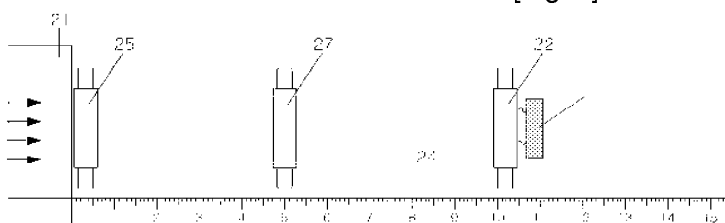
[Fig. 4]



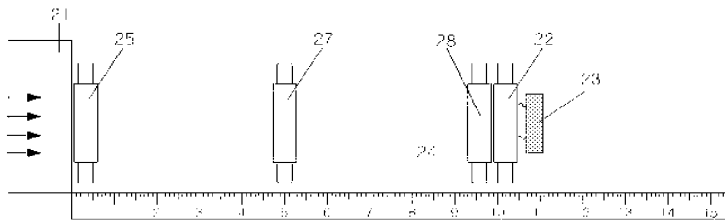
[Fig. 5]



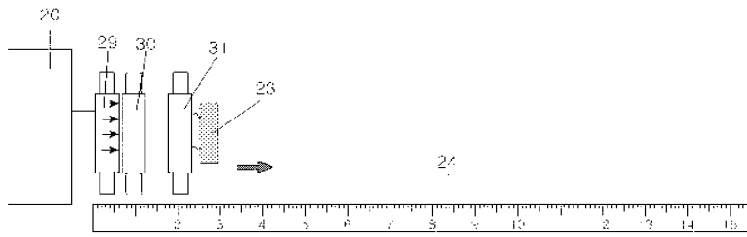
[Fig. 6]



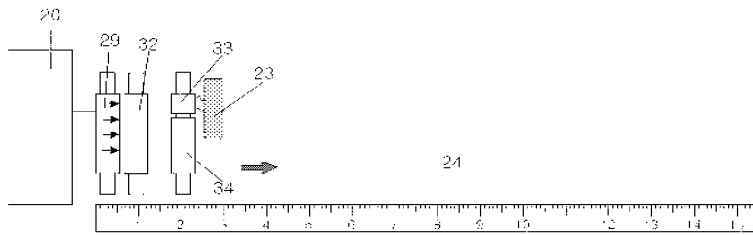
[Fig. 7]



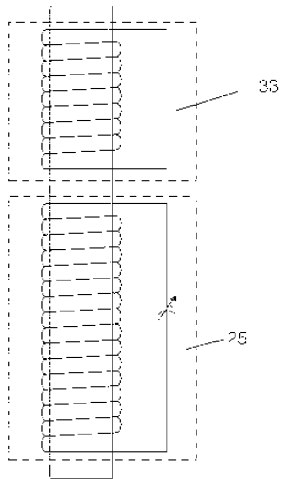
[Fig. 8]



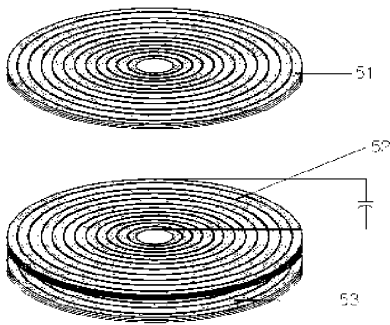
[Fig. 9]



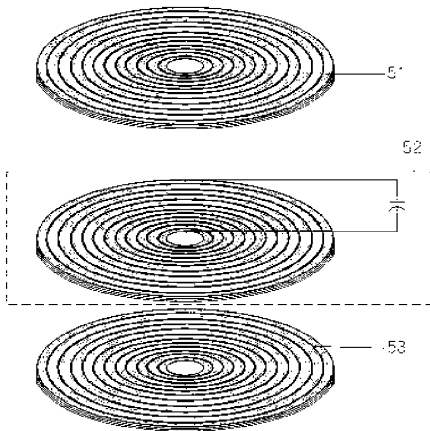
[Fig. 10]



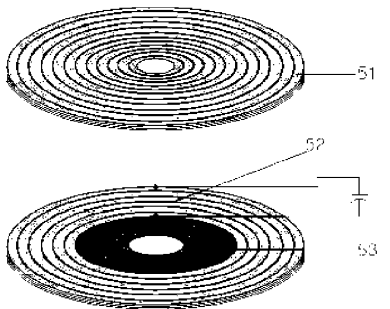
[Fig. 11]



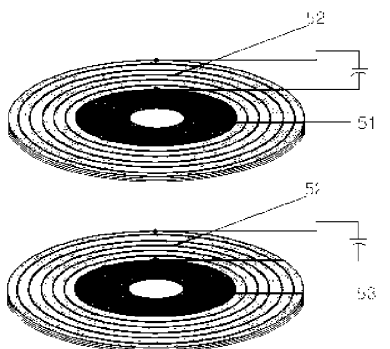
[Fig. 12]



[Fig. 13]



[Fig. 14]



# PATENT COOPERATION TREATY

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

(PCT Article 18 and Rules 43 and 44)

|                                                           |                                                                                                              |                                                                               |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Applicant's or agent's file reference<br><b>PCT_E0502</b> | <b>FOR FURTHER ACTION</b><br><small>see Form PCT/ISA/220 as well as, where applicable, item 5 below.</small> |                                                                               |
| International application No.<br><b>PCT/KR2005/002468</b> | International filing date <i>(day/month/year)</i><br><b>29 JULY 2005 (29.07.2005)</b>                        | (Earliest) Priority Date <i>(day/month/year)</i><br>29 JULY 2004 (29.07.2004) |
| Applicant<br><b>JC PROTEK CO.,LTD. et al</b>              |                                                                                                              |                                                                               |

This International search report has been prepared by this International Searching Authority and is transmitted to the applicant according to Article 18. A copy is being transmitted to the International Bureau.

This international search report consists of a total of 3 sheets.

☐ It is also accompanied by a copy of each prior art document cited in this report.

**1. Basis of the report**

- a. With regard to the **language**, the international search was carried out on the basis of the international application in the language in which it was filed, unless otherwise indicated under this item.
- ☐ The international search was carried out on the basis of a translation of the international application furnished to this Authority (Rule 23.1(b)).

- b. ☐ With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, see Box No. I.

2. ☐ **Certain claims were found unsearchable** (See Box No. II)

3. ☐ **Unity of invention is lacking** (See Box No. III)

4. With regard to the **title**,

- ☒ the text is approved as submitted by the applicant.
- ☐ the text has been established by this Authority to read as follows:

5. With regard to the **abstract**,

- ☒ the text is approved as submitted by the applicant.
- ☐ the text has been established, according to Rule 38.2(b), by this Authority as it appears in Box No. IV. The applicant may, within one month from the date of mailing of this international search report, submit comments to this Authority.

6. With regard to the drawings,

- a. the figure of the **drawings** to be published with the abstract is Figure No. 1
- ☒ as suggested by the applicant.
- ☐ because the applicant failed to suggest a figure.
- ☐ because this figure better characterizes the invention.
- b. ☐ none of the figure is to be published with the abstract.

Form PCT/ISA/210 (first sheet) (April 2005)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/KR2005/002468

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****IPC7 H04B 7/14**

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04B, H02J, H05F, H02M, G09G

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
SEARCH TERMS : RECHARGE, BATTERY, WIRELESS, POWER

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages               | Relevant to claim No. |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y         | EP 0 533 247 A1 (ERICSSON RADIO SYSTEMS B.V.) 09-09-1992<br>SEE ABSTRACT; FIGURES 1&2; column 4; | 1-5, 6                |
| Y         | JP 10-257697 (HITACHI ELECTRON SERVICE CO LTD) 25-09-1998<br>SEE THE WHOLE DOCUMENT              | 1-5, 6                |
| Y         | JP 2003-88005 A (SEIKO INSTR KK) 20-03-2003<br>SEE ABSTRACT; FIGURES 2; CLAIMS;                  | 1-5, 6                |
| A         | US 2003/0048254 A1 (PRIMAX ELECTRONICS LTD)<br>SEE ABSTRACT; FIGURES 1&2;                        | 1-12                  |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 NOVEMBER 2005 (29.11.2005)

Date of mailing of the international search report

**29 NOVEMBER 2005 (29.11.2005)**

Name and mailing address of the ISA/KR



Korean Intellectual Property Office  
920 Dunsan-dong, Seo-gu, Daejeon 302-701,  
Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

JANG, JIN HWAN

Telephone No. 82-42-481-5711



Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2005/002468

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s)                   | Publication<br>date                    |
|-------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------|
| EP 0 533 247 A1                           | 09-09-1992          | DE 69207313 C0<br>NL 9101590 A<br>US 5367242 | 15-02-1996<br>16-04-1993<br>22-11-1994 |
| JP 10-257697                              | 25-09-1998          | NONE                                         |                                        |
| JP 2003-88005 A                           | 20-03-2003          | EP 1263114 A2<br>US 20020190689 A1           | 04-12-2002<br>19-12-2002               |
| US 2003/0048254                           | 12-03-2003          | DE 10253662 A1<br>TW 535341 B                | 27-05-2004<br>01-06-2003               |

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (April 2005)

**PUB-NO:** WO2006011769A1  
**DOCUMENT-IDENTIFIER:** WO 2006011769 A1  
**TITLE:** AN AMPLIFICATION RELAY DEVICE OF ELECTROMAGNETIC WAVE AND A RADIO ELECTRIC POWER CONVERSION APPARATUS USING THE ABOVE DEVICE  
**PUBN-DATE:** February 2, 2006  
**PATENT-** 35786470  
**FAMILY-ID:**

**INVENTOR-INFORMATION:**

| NAME          | COUNTRY |
|---------------|---------|
| LEE HYUNG-JOO | KR      |

**APPLICANT:**

| NAME             | COUNTRY |
|------------------|---------|
| LEE HYUNG-JOO    | KR      |
| JC PROTEK CO LTD | KR      |

**APPL-NO:** KR 2005002468 W  
**APPL-DATE:** July 29, 2005

**PRIORITY-DATA:**

| PRIORITY-NO      | PRIORITY-APPL-DATE |
|------------------|--------------------|
| KR 20040059562 A | 20040729           |

**CPC-CURRENT:**

| TYPE | CPC/DATE             |
|------|----------------------|
| CPCI | H02J5/005 20130101   |
| CPCI | H02J7/025 20130101   |
| CPCI | H04B7/15535 20130101 |
| CPCI | H01F38/14 20130101   |
| CPCI | H04B5/0037 20130101  |

**INT-CL-CURRENT:**

| TYPE | IPC/DATE          |
|------|-------------------|
| IPCP | H04B7/14 20060101 |

IPCS

H04B7/155 20060101

**REF-CITED:****PHASE-COUNTRY/NUMBER/KIND/DATE-NPL-INFO**

See also references of EP 1779550A4

US 2003048254 A1 20030313

JP 2003088005 A 20030320

JP H10257697 A 19980925

EP 0533247 A1 19930324

**ABSTRACT:**

The present invention provides an amplifying repeater, which is constructed in such a manner that a ferrite core is inserted into a coil with a predetermined number of winds to increase an induced electromotive force caused by an increase in flux linkage using a time-varying magnetic field of electromagnetic waves at a position distant from various electromagnetic wave generating sources by a predetermined distance and the induction coil and a variable condenser for inducing resonance are connected to each other to increase current while reducing a resistant component existing in the induction coil to intensify and amplify the magnetic field of electromagnetic waves. Furthermore, the present invention provides a wireless power conversion charging device using the magnetic field of electromagnetic waves, which is located between an electromagnetic wave generating source transmitter and a receiving coil or attached to the transmitter and receiving coil. The wireless power conversion charging device includes a rectifying diode for rectifying an electromotive force induced in a construction in which a resonance and impedance matching variable condenser is connected to a coil in series or in parallel in order to transmit maximum induced power to a charging battery that is a load using electromagnetic waves amplified by the amplifying repeater, and a smoothing condenser for smoothing the rectified voltage. Accordingly, charging power required for various small power electronic devices can be provided and power can be supplied to various loads.

**(19)대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

**(51) . Int. Cl.<sup>7</sup>**  
**H04B 7/14**

**(11) 공개번호** 10-2004-0072581  
**(43) 공개일자** 2004년08월18일

**(21) 출원번호** 10-2004-0059562  
**(22) 출원일자** 2004년07월29일

**(71) 출원인** (주)제이씨 프로텍  
 경상북도 안동시 송천동 388 안동대공대전자공학

이형주  
 경북 안동시 안막동 63-43 현대아파트 101-102

**(72) 발명자** 이형주  
 경북 안동시 안막동 63-43 현대아파트 101-102

**(74) 대리인** 이상목

심사청구 : 있음

**(54) 전자기파 증폭중계기 및 이를 이용한 무선전력변환장치**

**요약**

본 발명은 전자기파의 세기가 거리의 제곱에 비례하여 그 강도가 떨어져 일정거리이상에서는 전자기파를 이용할 수 없으므로 이러한 단점을 보완하기 위하여 전자기파의 자기장을 증폭할 수 있는 증폭중계기를 도입하고 증폭중계기에서 일정거리를 두고 설치하거나 혹은 부착 설치되어 무선전력변환장치와 결합하여 보다 큰 유도 전력을 얻을 수 있게 하는 자기장 증폭중계기 및 이를 이용한 무선전력변환장치에 관한 것이다. 보다 구체적으로 본 발명은 인위적으로 발생시키거나 혹은 다양한 전자기파 발생원으로부터 일정거리에 전자기파의 시변 자기장을 이용하여 쇄교 자속의 증가에 의한 유도기전력을 증가시키기 위하여 일정 권선수를 감은 코일에 페라이트코어를 삽입한 구성에서 상기 유도코일과 공진을 유도하기 위한 조정용 가변콘덴서와 결합하여 유도코일에 존재하는 저항성분을 감소시키면서 전류를 증가시켜 전자기파의 자기장을 강화 증폭하여 중계하는 자기장 증폭중계기를 구성하고, 증폭중계기에서 일정거리 두거나 혹은 부착하여 상기 중계 증폭기에서 증폭된 자기장을 이용하여 유도전력을 최대로 부하인 충전 배터리로 전달하기 위해 공진 및 임피던스 매칭(정합) 조정용 가변 콘덴서를 코일과 병렬 또는 직렬로 결합한 구조에서 유기된 기전력을 정류하는 정류용 다이오드와 정류된 전압을 평활하기 위한 평활용 콘덴서를 구비한 전자기파를 이용한 무선전력 변환 충전장치를 구현하여 다양한 전자기기에 필요한 충전용 전원을 제공하는데 그 특징이 있다.

**대표도**

**도 1**

**색인어**

자기장 증폭중계기, 무선전력변환장치, 전자기파

**명세서**

**도면의 간단한 설명**

도1(우) : 증폭증계기의 외형

도1(좌) : 증폭증계기의 구성 회로도

도2 : 충전기능을 가진 무선전력변환장치

도3 : 증폭증계기를 사용하지 않고 전자기파 발생원에 인접하여 무선전력변환장치만 사용하여 충전전압, 충전전류 및 충전전력을 측정하기 위한 구성도

도4 : 자기장 증폭증계기(1) 1개를 전자기파 발생원과 인접하여 설치하고 무선전력변환장치를 사용하여 충전전압, 충전전류 및 충전전력을 측정하기 위한 구성도

도5 : 자기장 증폭증계기(1) 2개 중 하나는 전자기파 발생원에 인접하여 설치하고 다른 하나는 무선전력변환장치와 인접하여 설치하여 충전전압, 충전전류 및 충전전력을 측정하기 위한 구성도

도6 : 자기장 증폭증계기(1) 2개를 설치하여 무선전력변환장치를 사용하여 충전전압, 충전전류 및 충전전력을 측정하기 위한 구성도

도7 : 자기장 증폭증계기(2)와 증폭증계기(1)를 설계 제작하여 설치하고 증폭증계기1 와 무선전력변환장치를 이용하여 거리를 달리하여 충전전압, 충전전류 및 충전전력을 측정하기 위한 구성도

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 전자기파 발생원으로부터 일정거리에 전자기파의 시변 자기장을 이용하여 쇄교 자속의 증가에 의한 유도 기전력을 증가시키기 위하여 일정 권선수를 감은 코일에 페라이트코어를 삽입한 구성에서 상기 유도코일과 공진을 유도하기 위한 조정용 가변콘덴서와 결합하여 전자기파의 자기장을 강화 증폭하는 증폭증계기를 구성하고, 증폭증계기에서 일정거리를 두고 증폭증계기에서 증폭된 자기장을 이용하여 유도전력을 최대로 부하에 전달하기 위하여 공진 및 임피던스 매칭 조정용 가변 콘덴서를 코일과 결합하여 다이오드로 정류하고 평활하여 충전용 배터리의 전원으로 사용할 수 있는 전자기파를 이용한 무선전력변환장치에 관한 것이다.

종래의 패러데이 법칙을 이용하여 전자기파 자기장의 시간적 변화로 취득하는 유도기전력은 유도코일의 권선수와 쇄교 자속의 시간적 변화율에 비례하여 유도기전력이 발생되나 전자기파의 발생원으로부터의 거리에 따라 자기장의 세기는 급격히 감소하여 일정거리 이상에서는 유도코일에 유도기전력이 거의 유도되지 않아서 무선전력변환에 의한 에너지를 얻을 수 없다는 문제점이 있다.

또한 종래에는 전자기파의 발생원으로 일정 거리 이내에 설치하여야 하므로 설치 위치가 극히 제한이 되거나 미관상의 이유 때문에 설치할 수 없는 등의 문제점이 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 상기와 같은 종래기술의 문제점을 인식하고 안출된 것으로, 전자기파 발생원으로부터 일정거리에 전자기파의 시변 자기장을 이용하여 쇄교 자속의 증가에 의한 유도기전력을 증가시키기 위하여 일정 권선수를 감은 코일에 페라이트코어를 삽입한 구성에서 상기 유도코일과 공진을 유도하기 위한 조정용 가변콘덴서와 결합하여 유도코일에 존재하는 저항성분을 감소시키면서 전류를 극대화하여 전자기파의 자기장을 강화 증폭하여 증폭하는 증폭증계기를 구성하고, 증폭증계기에서 일정거리를 두고 상기 증폭증계기에서 증폭된 전자기파를 이용하여 기전력을 최대로 유도하여 부하로 전달하기 위하여 공진 및 임피던스 매칭 조정용 가변 콘덴서를 코일과 병렬로 결합한 구조에서 유기된 기전력을 정류하는 정류용 다이오드와 정류된 전압을 평활하는 평활용 콘덴서를 구비한 전자기파를 증폭 증계하는 증폭증계기와 무선전력변환 충전장치를 구현하는데 그 목적이 있다.

본 발명의 또 다른 목적은 전자기파 발생원으로 일정거리를 두고 설치하거나 또는 무선전력변환장치와 부착 설치되어 전자기파의 자기장을 강화 증폭하는 증폭중계기를 설치하여 증폭된 전자기파를 이용하여 무선전력변환장치를 설치할 수 있으므로 설치 위치가 다소 자유롭고 자기장 증폭중계기 및 무선전력변환장치의 응용을 더욱 다양하게 할 수 있게 하는데 있다.

#### 발명의 구성 및 작용

본 발명은 전자기파의 세기가 거리의 제곱에 비례하여 그 강도가 떨어져 일정거리이상에서는 전자기파를 이용할 수 없으므로 이러한 단점을 보완하기 위하여 전자기파를 증폭할 수 있는 증폭중계기를 도입하고 중계기에서 일정거리를 두고 전력 변환수신 장치와 결합하여 보다 큰 유도전력을 얻을 수 있게 하는 전자기파의 자기장을 강화 증폭하는 증폭중계기 및 이를 이용한 무선전력변환장치에 관한 것이다. 종래에는 패러데이 법칙을 이용하여 전자기파 자기장의 시간적 변화로 취득하는 유도기전력이 전자기파의 발생원으로부터의 거리에 따라 자기장의 세기가 제곱에 비례하여 급격히 감소하여 일정거리 이상에서는 유도코일에 유도기전력이 거의 유도되지 않아서 무선전력변환에 의한 에너지를 얻을 수 없다는 문제점이 있다. 이에 따라서 종래에는 전자기파의 발생원으로 일정 거리 이내에 설치하여야 하므로 설치 위치가 극히 제한이 되거나 미관상의 이유 때문에 설치할 수 없는 등의 문제점이 있다. 본 발명은 상기의 종래기술의 문제점을 이루기 위하여 것이며, 그 구성수단을 구체적으로 살펴보면, 패러데이 법칙을 이용하여 전자기파 발생원으로부터 일정거리에서 전자기파의 시변 자기장을 이용하여 쇠 자속의 증가에 의한 유도기전력을 증가시키기 위하여 일정 권선수를 감은 코일에 페라이트코어 또는 자성체를 삽입한 구성에서 상기 유도코일과 공진을 유도하기 위한 가변콘덴서와 결합하여 유도코일에 존재하는 저항성분을 감소시키면서 유도 전류를 극대화하여 전자기파의 자기장을 증폭하여 중계하는 증폭중계기를 설치하고, 증폭중계기에서 일정거리를 두고 설치하거나 증폭중계기와 무선전력변환장치를 부착 설치하여 상기 중계 증폭 기에서 증폭된 전자기파를 이용하여 유도전력을 최대로 부하인 충전 배터리로 전달하기 위하여 일정권선수로 감은 유도코일에 페라이트 등 자성체 코어를 삽입하고 삽입된 유도코일과 공진 및 임피던스 매칭을 조절하기 위한 가변 콘덴서를 결합한 구성에서 유기된 기전력을 정류하는 정류용 다이오드와 정류된 전압을 평활하는 평활용 콘덴서를 구비하고 직류 성분의 일정 전압과 전류를 가진 무선전력변환장치를 이루는 것이다.

본 발명에 따른 구체적인 실시 예를 살펴보면, 본 발명은 패러데이 법칙을 이용하여 무선 전력 수신함에 있어서 시간에 따라 변화하는 텔레비전 또는 모니터 등에서 발생하는 전자기파 또는 인의적으로 발생시킨 전자기파 등을 증폭중계기를 거쳐서 증폭하여 전자기파 발생원으로부터 일정거리 떨어진 지점에서 유도코일을 사용하여 상호유도작용에 의한 유도기전력을 얻고 얻은 유도 전압과 전류를 극대화할 수 있는 구성으로 설계 제작하여 고효율 전기에너지의 변환을 가능하게 하는 무선전력수신을 위한 자기장 증폭중계기와 이를 이용한 고효율 무선전력변환장치에 관한 것이다.

먼저 증폭중계기의 구성을 살펴보면,

본 발명에서의 전자기파의 증폭중계기는 전자기파 발생원으로부터 발생한 전자기파를 이용하여 유도전력을 얻고, 얻은 유도전력을 공중에 방사하는 원리로 코일로 일정 직경과 크기를 가진 보빈(내경 10mm, 외경 15mm, 폭 25mm)에 일정 수의 권선을 감고 감은 보빈 속에 페라이트코어를 삽입하여 유도코일을 설계 제작한다. 유도코일의 직경 및 권선수 및 삽입되는 페라이트코어의 크기 등은 유도 기전력을 극대화할 수 있도록 설계 제작되며, 유도코일은 유도코일의 저항 값을 고려하여 병렬 또는 직렬로 구성할 수 있다. 본 발명에서는 페라이트코어의 직경이 9mm 이고, 길이가 110mm 로 하고, 유도코일은 직경 0.3 mm이고, 권선수 80회로 상기와 같은 크기를 가진 보빈에 감아 동일하게 2개를 제작하여 병렬로 연결하여 상기 페라이트코어에 삽입하고, 상기 유도코일과 병렬로 가변콘덴서를 연결하여 공진회로를 구성하여 유도전력을 극대화하여 전자기파를 방사할 수 있도록 설계 제작한다. 본 발명에 따른 무선전력변환장치는 상기 증폭중계기와 일정거리를 두고 설치되거나 부착 설치되며 페라이트코어의 직경은 9mm 이고, 길이가 110mm 로 하고, 유도코일은 직경 0.3 mm이고, 권선수 50회로 상기와 같은 크기의 보빈에 감아 2개를 제작하여 병렬로 연결하여 상기 페라이트코어에 삽입하고, 상기 유도코일과 병렬로 가변콘덴서를 연결하여 공진 및 부하측 전자회로와의 임피던스 매칭을 이루어 유도기전력을 극대화하도록 구성하고, 유도된 기전력을 다이오드로 정류하고 정류된 전압을 평활하는 평활콘덴서로 구성되며, 구성된 무선전력변환장치는 일정 전류를 가진 직류 전압을 발생하므로 충전장치 등의 전원 공급원으로 사용할 수 있다. 도1의 좌측은 본 발명에 따라 제작된 자기장 증폭중계기이고, 우측은 증폭중계기를 이루고 있는 회로도이다. 도2는 상기 증폭중계기를 통해서 증폭 발생된 전자기파를 이용하여 전기에너지를 얻을 수 있도록 구성한 무선전력변환장치의 회로도이다. 표1은 상기 설계 제작된 자기장 증폭중계기를 사용함이 없이 도2의 무선전력변환장치를 이용하여 도3에서와 같이 전자기파 발생원과 인접하여 위치시킨 후 얻은 충전전압, 충전전류 및 충전전력을 나타내고 있으며, 전자기파 발생원으로부터 거리가 4cm를 넘으면, 충전전류와 전력을 거의 얻을 수 없음을 알 수 있다.

표1 : 전자기파 발생원으로부터 거리 변화에 두면서 무선전력변환장치로 측정한 충전전압, 충전전류 및 충전전력.

| 거리(Cm) | 충전전압(V) | 충전전류(mA) | 충전전력(mW) |
|--------|---------|----------|----------|
| 0      | 1.3     | 27.0     | 35.1     |
| 1      | 1.3     | 18.4     | 23.9     |
| 2      | 1.3     | 10.7     | 13.9     |
| 3      | 1.3     | 4.0      | 5.2      |
| 4      | 1.3     | 0        | 0        |
| 5      | 1.3     | 0        | 0        |
| 6      | 1.3     | 0        | 0        |
| 7      | 1.3     | 0        | 0        |
| 8      | 1.3     | 0        | 0        |
| 9      | 1.3     | 0        | 0        |
| 10     | 1.3     | 0        | 0        |
| 11     | 1.3     | 0        | 0        |
| 12     | 1.3     | 0        | 0        |
| 13     | 1.3     | 0        | 0        |
| 14     | 1.3     | 0        | 0        |
| 15     | 1.3     | 0        | 0        |

도4는 본 발명에 따라서 설계 제작한 자기장 증폭증계기(1) 1개를 전자기파 발생원과 인접하여 설치하고 자기장 증폭증계기로부터 거리의 변화를 가지면서 본 발명에 따른 무선전력변환장치를 사용하여 충전전압, 충전전류 및 충전전력을 측정하는 구성도이다. 도4와 같이 구성되어 측정한 결과는 표2와 같은 데이터를 나타내었으며, 표2에 나타난 바와 같이 전자기파 발생원으로부터 거리가 약 10cm인 지점에서도 충전전류와 충전전력을 얻을 수 있었다.

표2 : 증폭증계기(1)과 무선전력변환장치를 이용하여 측정한 충전전류, 충전전류와 충전전력

| 거리(Cm) | 충전전압(V) | 충전전류(mA) | 충전전력(mW) |
|--------|---------|----------|----------|
| 5      | 1.3     | 44.0     | 57.2     |
| 6      | 1.3     | 26.2     | 34.1     |
| 7      | 1.3     | 21.7     | 28.2     |
| 8      | 1.3     | 15.7     | 20.4     |
| 9      | 1.3     | 10.7     | 13.9     |
| 10     | 1.3     | 4.9      | 6.4      |
| 11     | 1.3     | 0        | 0        |
| 12     | 1.3     | 0        | 0        |
| 13     | 1.3     | 0        | 0        |
| 14     | 1.3     | 0        | 0        |
| 15     | 1.3     | 0        | 0        |

도5는 본 발명에 따라서 설계 제작된 자기장 증폭증계기(1)과 (1') 2개를 사용하여 하나는 전자기파 발생원에 인접하여 설치하고 다른 하나는 무선전력변환장치와 인접하여 설치하여 거리를 변화시키면서 실험한 데이터를 나타낸 것이고, 표3은 도5와 같이 구성되어 측정한 충전전압, 충전전류 및 충전전력을 나타낸 것입니다. 측정결과 전자기파 발생원으로부터 11cm 떨어진 지점에도 일정 충전전류와 충전전력을 얻을 수 있었다.

표3 : 도5와 같이 증폭증계기(1), (1') 및 무선전력변환장치를 이용하여 측정한 충전전압, 충전전류 및 충전전력

| 거리(Cm) | 충전전압(V) | 충전전류(mA) | 충전전력(mW) |
|--------|---------|----------|----------|
| 5      | 1.3     | 51.2     | 66.5     |
| 6      | 1.3     | 36.8     | 47.8     |
| 7      | 1.3     | 29.2     | 37.9     |
| 8      | 1.3     | 21.4     | 27.8     |
| 9      | 1.3     | 16.6     | 21.5     |
| 10     | 1.3     | 12.7     | 16.5     |
| 11     | 1.3     | 4.7      | 6.1      |
| 12     | 1.3     | 0        | 0        |
| 13     | 1.3     | 0        | 0        |
| 14     | 1.3     | 0        | 0        |
| 15     | 1.3     | 0        | 0        |

도6은 본 발명에 의하여 설계 제작된 자기장 증폭증계기(1)과 (1') 2개 중 하나는 전자기와 발생원과 인접하여 다른 하나는 5cm 지점에 설치하고 증폭증계기로부터 거리의 변화를 주면서 무선전력변환장치를 사용하여 충전전압, 충전전류 및 충전전력을 측정하기 위한 구성도이다. 표4는 도6의 구성도를 이용하여 충전전압, 충전전류 및 충전전력을 측정한 데이터를 나타낸 것이다. 상기 측정결과 전자기와 발생원으로부터 12cm 떨어진 지점에서 일정 충전전류 및 충전전력을 얻을 수 있었다.

표4 : 도6와 같이 증폭증계기(1)과 (1') 및 무선전력변환장치를 이용하여 측정한 충전전압, 충전전류 및 충전전력

| 거리(Cm) | 충전전압(V) | 충전전류(mA) | 충전전력(mW) |
|--------|---------|----------|----------|
| 10     | 1.3     | 34.0     | 44.2     |
| 11     | 1.3     | 22.3     | 29.0     |
| 12     | 1.3     | 6.3      | 8.2      |
| 13     | 1.3     | 0        | 0        |
| 14     | 1.3     | 0        | 0        |
| 15     | 1.3     | 0        | 0        |

도7은 전자기와 발생원에 인접하여 상기 사용한 코일과 동일한 직경을 가진 코일을 상기 사용한 동일한 크기의 보빈에 권선수 100회로 하여 2개를 제작하여 유도코일을 병렬로 연결하고 그 속에 패라이트 코어를 넣고 유도코일과 병렬로 가변콘덴서를 연결하여 공진회로를 구성하는 형태로 자기장 증폭증계기(2)를 설계 제작하여 전자기와 발생원과 인접하여 위치시키고, 다른 하나는 상기 도3내지 도6에서 사용한 증폭증계기(1)를 전자기와 발생원으로부터 5cm 떨어진 지점에 설치한 후, 증폭증계기(1')와 무선전력변환장치를 이용하여 거리를 달리하면서 충전전압, 충전전류 및 충전전력을 측정한 구성도이다. 표5는 상기 도7과 같이 구성하여 측정된 충전전압, 충전전류 및 충전전력을 나타내고 있다. 측정결과 전자기와 발생원으로부터 15cm 떨어진 지점에서 일정한 충전전류 및 충전전력을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

표5. 증폭증계기(2), 증폭증계기(1), 증폭증계기(1') 및 무선전력변환장치를 이용하여 측정한 충전전압, 충전전류 및 충전전력

| 거리(Cm) | 충전전압(V) | 충전전류(mA) | 충전전력(mW) |
|--------|---------|----------|----------|
| 10     | 1.3     | 41.0     | 53.3     |
| 11     | 1.3     | 29.8     | 38.7     |
| 12     | 1.3     | 20.2     | 26.2     |
| 13     | 1.3     | 15.8     | 20.5     |
| 14     | 1.3     | 10.7     | 13.9     |
| 15     | 1.3     | 3.2      | 4.1      |
| 16     | 1.3     | 0        | 0        |

본 발명에 따라 상기와 같이 설계 제작된 자기장 증폭중계기(1), (1') 및 (2)와 무선전력변환장치를 이용하여 도3내지 도6을 통하여 다양한 실험을 수행한 결과 도3과 같은 무선전력변환장치를 단독으로 설치한 경우는 표1에서 나타난 바와 같이 전자파 발생원에서 3cm 인 경우에 유도코일에서 발생하는 유도기전력이 거의 발생하지 않아서 부하인 충전용 배터리에 충전전류가 흐르지 않아 충전용 배터리 전력은 영을 나타내었다. 도4에서와 같이 증폭중계기(1)를 첨가한 경우에는 표2에서 보듯이 전자기파 발생원에서 5cm 거리에서 최대 충전전류가 44mA, 충전전력은 57.2mW를 나타냈으며, 10cm 거리에서도 충전전력 6.4mW를 나타내었다. 도5에서와 같이 증폭중계기(1)와 동일한 구조의 중계기(1')를 무선전력변환장치와 같이 결합하여 설치할 경우에는 도4와 같이 구성된 경우보다 같은 거리에서 충전 전류와 전력이 증가되어짐을 알 수 있다. 도6에서와 같이 증폭중계기(1) 2개를 사용한 경우에는 표4에서 보듯이 전자기파 발생원에서 10cm 떨어진 지점에 충전전력이 44.2mW로 도4에서 증폭중계기(1)를 하나만 사용하여 얻은 6.4mW의 충전전류 및 충전전력을 얻을 수 있어 증폭중계기를 사용하지 않은 무선전력변환장치를 단독으로 사용한 경우보다 4배 먼 거리에서도 무선전력을 전송하여 전기적 에너지로 유도 변환하여 부하에 전달할 있음을 알 수 있다. 도7에서와 같이 서로 다른 2개의 증폭중계기(2)와 (1)를 설치하고 중계기(1')를 무선전력변환장치와 부착 결합한 구성에서는 중계기(1')가 없는 도6의 경우보다 표5에서 보듯이 같은 거리에서 증가되어진 충전전류 및 전력이 측정되었으며, 충전 전류 및 전력을 얻을 수 있는 거리도 15cm로 크게 증가함을 알 수 있다. 본 발명에 따른 또 다른 실시 예는 전자기파의 발생원의 크기와 규모 등을 고려하여 다양한 직경을 가진 코일로 다양한 크기의 보빈으로 권선수를 달리하여 유도코일을 구성하고 이를 필요에 따라 직렬 또는 병렬로 연결하고 형성시킨 후, 보빈의 내경에 맞는 직경과 길이를 가진 패라이트코어를 삽입하고 상기 유도코일과 가변콘덴서를 결합하여 공진회로를 구성하여 자기장 증폭중계기를 다양한 크기와 형태로 구성할 수 있다. 이렇게 구성된 증폭중계기와 무선전력변환장치를 이용하여 다양한 크기의 충전전압, 충전전류 및 충전전력을 얻을 수 있는 장치를 구현할 수 있다.

본 발명에 따른 또 다른 실시 예는 본원 출원인 및 발명자가 2004년 1월 6일 출원한 출원번호 10-2004-0000528에서 개시한 다양한 전자기파를 이용하여 실제 생활에 필요한 전원을 유도하기 위하여 코일의 2선을 동시에 스파이럴 형태의 관형으로 감아서 상/하 병렬 구조로 위치시키고, 시간당 자속 쇄교에 의한 자속수를 높이기 위하여 코일의 외측에 중앙이 빈 도너츠 형태의 강자성체를 위치시키는 구조를 형성하고, 가변 콘덴서를 상기 설계 제작한 코일의 인덕턴스와 직렬 또는 병렬로 연결하여 이들이 상호 작용하여 공진을 발생하도록 구성시켜 최대의 유도 전압 및 전류를 발생시키고 이를 정류 다이오드와 평활콘덴서를 이용하여 충전기에 충전하는 무선 충전 장치의 구현 시에 사용한 스파이럴 형태의 관형 코일, 중앙에 공간을 형성한 도너츠 형태의 자성체 및 가변 콘덴서를 이용하여 공진회로를 구성하여 자기장 증폭중계기를 설계 제작할 수 있으며, 그 구체적인 구성 방법은 상기 출원서에 상세히 기술되어 있다.

#### 발명의 효과

본 발명은 전자기파 발생원으로부터 일정거리에 자기장을 증폭하여 중계하는 자기장 증폭중계기를 구성하고, 증폭중계기에서 일정거리를 두고 상기 증폭중계기에서 증폭된 전자기파를 이용하여 유도전력을 최대로 유도하여 부하로 전달하기 위하여 공진 및 임피던스 매칭 조정용 가변콘덴서를 코일과 병렬로 결합한 구조에서 유기된 기전력을 정류하는 정류용 다이오드와 정류된 전압을 평활하는 평활용 콘덴서를 구비한 전자기파를 증폭 중계하는 증폭중계기와 무선전력변환 충전장치를 구현하여 전자기파 발생원으로부터 다소 먼 거리까지 중계하여 무선전력을 변환하여 사용할 수 있는 작용효과가 있다.

본 발명은 전자기파의 발생원으로부터 일정거리에 자기장 증폭중계기를 설치하여 전자기파를 이용하여 무선전력변환장치를 설치할 수 있으므로 무선전력변환장치의 설치 위치가 다소 자유롭고 그 응용을 더욱 다양하게 할 수 있게 하는 작용효과가 있다.

#### (57) 청구의 범위

##### 청구항 1.

인위적 혹은 다양한 전자기파 발생원으로부터 발생한 전자기파의 자기장을 증폭하여 중계할 수 있는 전자기파 증폭중계기에 있어서,

일정직경을 가진 코일로 소정의 크기와 형태로 소정의 권선수로 감은 유도코일과,

상기 감은 유도코일과 결합하여 자속의 증가시키기 위한 자성체와,

상기 유도코일과 연결되어 공진회로를 구성하는 가변콘덴서로 구성된 전자기파 자기장 증폭중계기.

##### 청구항 2.

청구항1에 있어서,

상기 소정의 권선수로 감은 유도코일은 솔레노이드 형태 또는 스파이럴 형태로 설계 제작된 전자기파 자기장 증폭중계기.

### 청구항 3.

청구항1 또는 청구항2에 있어서,

상기 유도코일과 결합하여 자속을 증가시키는 자성체는 페라이트 코어 또는 일반 자성체로 이루어진 전자기파 자기장 증폭중계기.

### 청구항 4.

청구항3에 있어서,

상기 소정의 권선수로 감은 유도코일들이 병렬 또는 직렬로 체결하여 유도코일의 저항 및 인덕턴스를 제어하여 전자기파의 자기장이 최대한 많이 발생할 수 있도록 구성된 전자기파 자기장 증폭중계기.

### 청구항 5.

청구항4에 있어서,

상기 유도코일과 결합하여 공진회로를 구성하는 가변콘덴서는 유도코일과 병렬 또는 직렬로 체결되어 전자기파의 자기장을 증폭하도록 구성된 전자기파 자기장 증폭중계기.

### 청구항 6.

전자기파 발생원으로부터 발생한 전자기파의 자기장을 증폭하여 중계할 수 있는 전자기파 자기장 증폭중계기를 이용한 무선전력변환장치에 있어서,

일정직경을 가진 코일로 소정의 크기와 형태로 소정의 권선수로 감은 유도코일, 자성체 및 가변콘덴서로 구성된 전자기파 자기장 증폭중계기와,

상기 증폭중계기에서 증폭된 자기장을 이용하여 유도기전력을 발생하는 유도코일 및 자성체와,

상기 유도코일과 결합하여 공진 및 임피던스 정합을 이루기 위한 가변콘덴서와,

상기 유도코일과 가변콘덴서에 의하여 유기된 전압을 정류하는 정류 다이오드와,

상기 전압을 평활하여 직류성분을 가진 전원으로 만들어주는 콘덴서를 구비한 전자기파 자기장 증폭중계기를 이용한 무선전력변환장치.

### 청구항 7.

청구항6에 있어서,

상기 자성체와 결합된 유도코일은 소정의 형태와 크기로 소정의 권선수를 감은 유도코일들을 병렬 또는 직렬로 체결하여 유도코일의 저항 및 인덕턴스를 제어하여 유도전력이 최대한 많이 발생할 수 있도록 구성한 전자기파 자기장 증폭중계기를 이용한 무선전력변환장치.

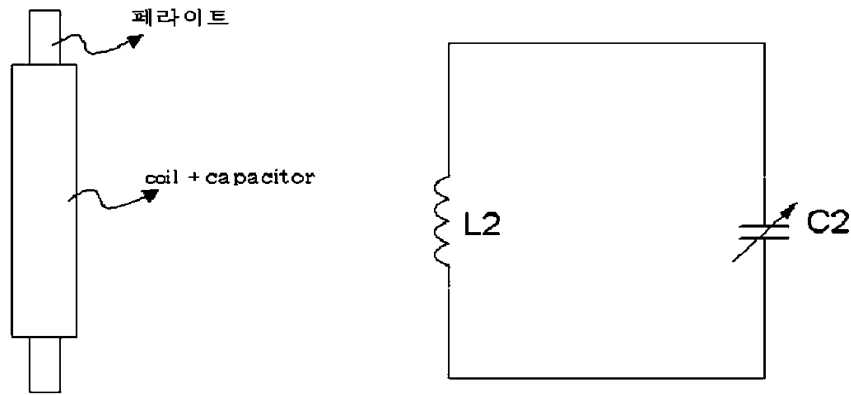
### 청구항 8.

청구항6 또는 청구항7에 있어서,

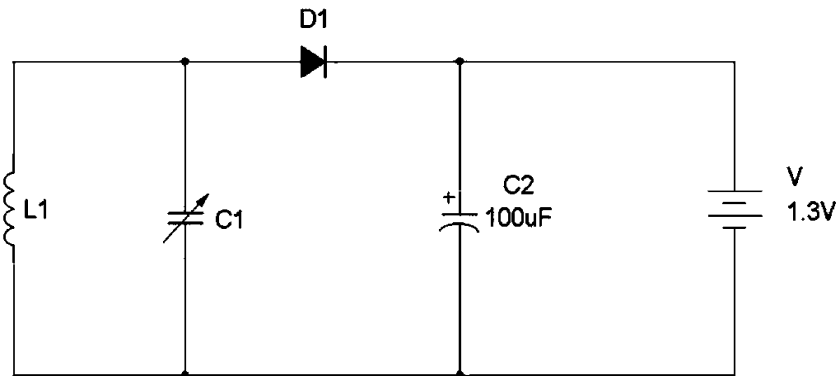
상기 전자기파 자기장 증폭중계기는 전자기파 발생원으로부터 소정의 거리를 두고 적어도 하나 이상 설치되거나 부속 설치되어 유도전력이 최대한 많이 발생할 수 있도록 구성한 전자기파 자기장 증폭중계기를 이용한 무선전력변환장치.

도면

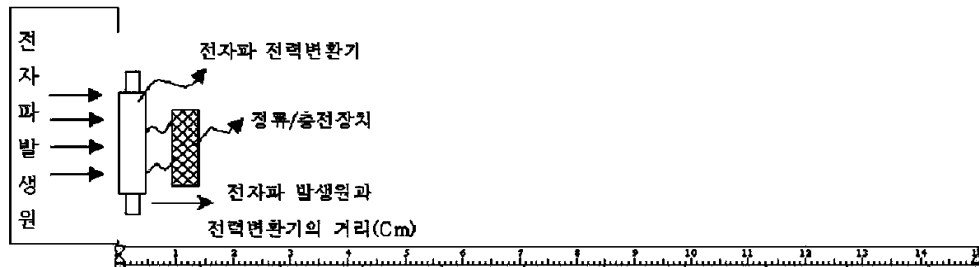
도면1



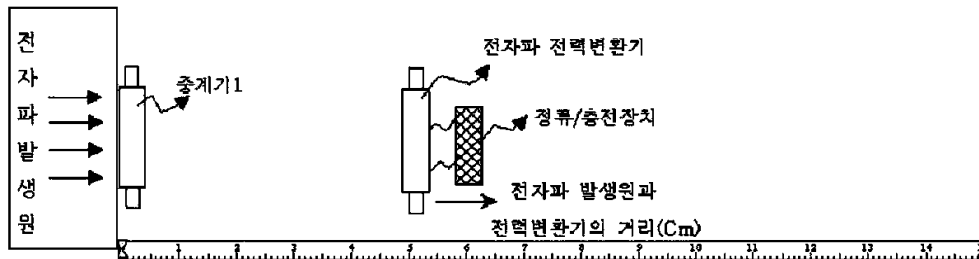
도면2



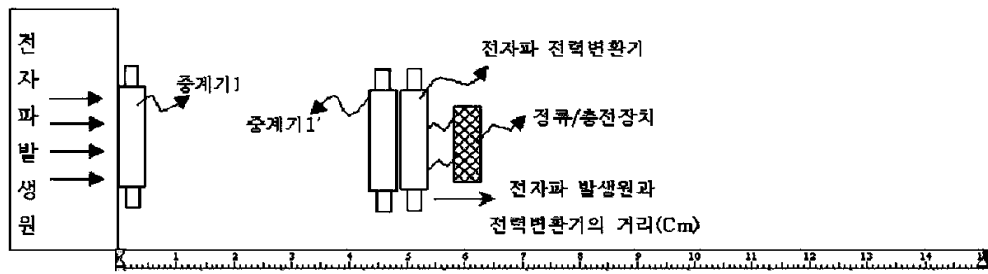
도면3



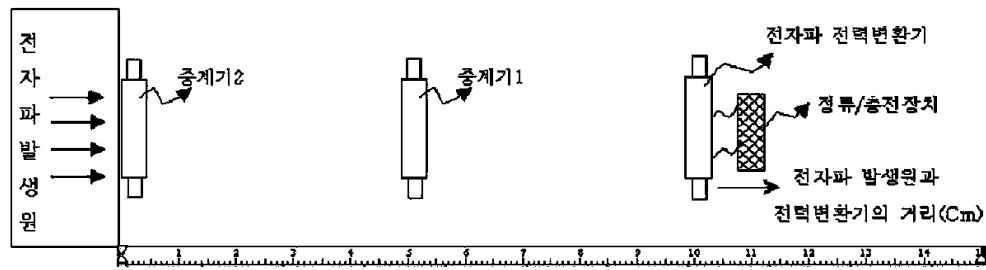
도면4



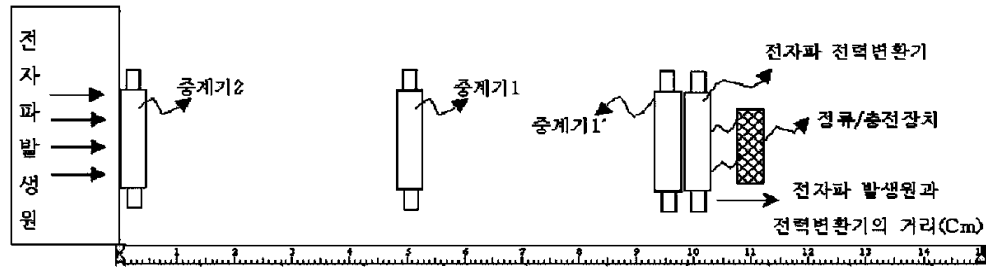
도면5



도면6



도면7



|                                                                                                                    |                                                            |                                               |                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------|
| Substitute Disclosure Form                                                                                         | U.S. Department of Commerce<br>Patent and Trademark Office | Attorney Docket No.<br><b>01997-0358008</b>   | Application No.<br><b>13/789,860</b> |
| <b>Information Disclosure Statement<br/>by Applicant</b><br>(Use several sheets if necessary)<br>(37 CFR §1.98(b)) |                                                            | Applicant<br><b>Aristeidis Karalis et al.</b> |                                      |
|                                                                                                                    |                                                            | Filing Date<br><b>March 8, 2013</b>           | Group Art Unit<br><b>3649</b>        |

| U.S. Patent Documents |           |                 |                  |                     |       |          |                            |
|-----------------------|-----------|-----------------|------------------|---------------------|-------|----------|----------------------------|
| Examiner Initial      | Desig. ID | Document Number | Publication Date | Patentee            | Class | Subclass | Filing Date If Appropriate |
|                       | 1.        | 6,407,470       | 6/18/2002        | Seelig              |       |          |                            |
|                       | 2.        | 9,065,286       | 6/23/2015        | Joannopoulos et al. |       |          |                            |
|                       | 3.        | 2015/0188321    | 7/2/2015         | Joannopoulos et al. |       |          |                            |

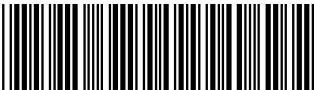
| Foreign Patent Documents or Published Foreign Patent Applications |           |                 |                  |                          |       |          |             |    |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------|------------------|--------------------------|-------|----------|-------------|----|
| Examiner Initial                                                  | Desig. ID | Document Number | Publication Date | Country or Patent Office | Class | Subclass | Translation |    |
|                                                                   |           |                 |                  |                          |       |          | Yes         | No |
|                                                                   | 4.        |                 |                  |                          |       |          |             |    |

| Other Documents (include Author, Title, Date, and Place of Publication) |           |                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Examiner Initial                                                        | Desig. ID | Document                                                                                                                               |
|                                                                         | 5.        | Chinese Office Action, Application No. 201310280724.1; Dated June 16, 2015; Applicant: Massachusetts Institute of Technology (7 pages) |
|                                                                         | 6.        | Korean Office Action, Application No. 10-2015-7005681; mailed May 1, 2015; Applicant: Massachusetts Institute of Technology; (6 pages) |
|                                                                         | 7.        | Copy of Non-Final Office Action for US Application Serial No. 14/629,709 by Examiner Fritz M. Fleming dated 8/14/2015 (40 pages)       |
|                                                                         | 8.        | Copy of Non-Final Office Action for US Application Serial No. 14/666,683 by Examiner Fritz M. Fleming dated 8/17/2015 (42 pages)       |

|                                                                                                                                                                              |                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Examiner Signature<br><b>/FRITZ FLEMING/</b>                                                                                                                                 | Date Considered<br><b>10/09/2015</b> |
| EXAMINER: Initials citation considered. Draw line through citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant. |                                      |

Substitute Disclosure Form

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /FF/

|                                                                                                                    |                                            |                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| <b><i>Index of Claims</i></b><br> | <b>Application/Control No.</b><br>13789860 | <b>Applicant(s)/Patent Under Reexamination</b><br>KARALIS ET AL. |
|                                                                                                                    | <b>Examiner</b><br>FRITZ M FLEMING         | <b>Art Unit</b><br>3649                                          |

|   |                 |   |                   |   |                     |   |                 |
|---|-----------------|---|-------------------|---|---------------------|---|-----------------|
| ✓ | <b>Rejected</b> | - | <b>Cancelled</b>  | N | <b>Non-Elected</b>  | A | <b>Appeal</b>   |
| = | <b>Allowed</b>  | ÷ | <b>Restricted</b> | I | <b>Interference</b> | O | <b>Objected</b> |

| <input type="checkbox"/> Claims renumbered in the same order as presented by applicant |          | <input type="checkbox"/> CPA |            | <input type="checkbox"/> T.D. |  | <input type="checkbox"/> R.1.47 |  |  |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------------------------|------------|-------------------------------|--|---------------------------------|--|--|--|
| CLAIM                                                                                  |          | DATE                         |            |                               |  |                                 |  |  |  |
| Final                                                                                  | Original | 03/09/2015                   | 11/16/2015 |                               |  |                                 |  |  |  |
|                                                                                        | 1        | ✓                            | ✓          |                               |  |                                 |  |  |  |
|                                                                                        | 2        | ✓                            | ✓          |                               |  |                                 |  |  |  |
|                                                                                        | 3        | ✓                            | -          |                               |  |                                 |  |  |  |
|                                                                                        | 4        | ✓                            | -          |                               |  |                                 |  |  |  |
|                                                                                        | 5        | ✓                            | -          |                               |  |                                 |  |  |  |
|                                                                                        | 6        | ✓                            | -          |                               |  |                                 |  |  |  |
|                                                                                        | 7        | ✓                            | -          |                               |  |                                 |  |  |  |
|                                                                                        | 8        | ✓                            | -          |                               |  |                                 |  |  |  |
|                                                                                        | 9        | ✓                            | -          |                               |  |                                 |  |  |  |
|                                                                                        | 10       | ✓                            | -          |                               |  |                                 |  |  |  |
|                                                                                        | 11       | ✓                            | -          |                               |  |                                 |  |  |  |
|                                                                                        | 12       | ✓                            | -          |                               |  |                                 |  |  |  |
|                                                                                        | 13       | ✓                            | -          |                               |  |                                 |  |  |  |
|                                                                                        | 14       | ✓                            | -          |                               |  |                                 |  |  |  |
|                                                                                        | 15       | ✓                            | -          |                               |  |                                 |  |  |  |
|                                                                                        | 16       | ✓                            | -          |                               |  |                                 |  |  |  |
|                                                                                        | 17       | ✓                            | -          |                               |  |                                 |  |  |  |
|                                                                                        | 18       | ✓                            | -          |                               |  |                                 |  |  |  |
|                                                                                        | 19       |                              | ✓          |                               |  |                                 |  |  |  |
|                                                                                        | 20       |                              | ✓          |                               |  |                                 |  |  |  |
|                                                                                        | 21       |                              | ✓          |                               |  |                                 |  |  |  |
|                                                                                        | 22       |                              | ✓          |                               |  |                                 |  |  |  |
|                                                                                        | 23       |                              | ✓          |                               |  |                                 |  |  |  |
|                                                                                        | 24       |                              | ✓          |                               |  |                                 |  |  |  |
|                                                                                        | 25       |                              | ✓          |                               |  |                                 |  |  |  |
|                                                                                        | 26       |                              | ✓          |                               |  |                                 |  |  |  |
|                                                                                        | 27       |                              | ✓          |                               |  |                                 |  |  |  |
|                                                                                        | 28       |                              | ✓          |                               |  |                                 |  |  |  |
|                                                                                        | 29       |                              | ✓          |                               |  |                                 |  |  |  |
|                                                                                        | 30       |                              | ✓          |                               |  |                                 |  |  |  |
|                                                                                        | 31       |                              | ✓          |                               |  |                                 |  |  |  |
|                                                                                        | 32       |                              | ✓          |                               |  |                                 |  |  |  |
|                                                                                        | 33       |                              | ✓          |                               |  |                                 |  |  |  |
|                                                                                        | 34       |                              | ✓          |                               |  |                                 |  |  |  |
|                                                                                        | 35       |                              | ✓          |                               |  |                                 |  |  |  |

|                                                                                                              |                                                |                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <b>Search Notes</b><br><br> | <b>Application/Control No.</b><br><br>13789860 | <b>Applicant(s)/Patent Under Reexamination</b><br><br>KARALIS ET AL. |
|                                                                                                              | <b>Examiner</b><br><br>FRITZ M FLEMING         | <b>Art Unit</b><br><br>3649                                          |

| CPC- SEARCHED |          |          |
|---------------|----------|----------|
| Symbol        | Date     | Examiner |
| H02J17/00     | 3/9/2015 | FMF      |

| CPC COMBINATION SETS - SEARCHED |      |          |
|---------------------------------|------|----------|
| Symbol                          | Date | Examiner |
|                                 |      |          |

| US CLASSIFICATION SEARCHED |          |          |          |
|----------------------------|----------|----------|----------|
| Class                      | Subclass | Date     | Examiner |
| 307                        | 104      | 3/9/2015 | FMF      |
| 320                        | 108      | 3/9/2015 | FMF      |

| SEARCH NOTES      |            |          |
|-------------------|------------|----------|
| Search Notes      | Date       | Examiner |
| East search notes | 3/9/2015   | FMF      |
| updated searches. | 11/15/2015 | FMF      |

| INTERFERENCE SEARCH     |                         |      |          |
|-------------------------|-------------------------|------|----------|
| US Class/<br>CPC Symbol | US Subclass / CPC Group | Date | Examiner |
|                         |                         |      |          |

|  |                                                     |
|--|-----------------------------------------------------|
|  | /FRITZ M FLEMING/<br>Primary Examiner.Art Unit 2836 |
|--|-----------------------------------------------------|

Sheet 1 of 1

|                                                                                                                                                                 |                                                            |                                             |                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Substitute Disclosure Form</b><br><br><b>Information Disclosure Statement<br/>by Applicant</b><br>(Use several sheets if necessary)<br><br>(37 CFR §1.98(b)) | U.S. Department of Commerce<br>Patent and Trademark Office | Attorney Docket No.<br><b>01997-0358008</b> | Application No.<br><b>13/789,860</b> |
|                                                                                                                                                                 | Applicant<br><b>Aristeidis Karalis et al.</b>              |                                             |                                      |
|                                                                                                                                                                 | Filing Date<br><b>March 8, 2013</b>                        | Group Art Unit<br><b>2836</b>               |                                      |

| U.S. Patent Documents |           |                 |                  |          |       |          |                            |
|-----------------------|-----------|-----------------|------------------|----------|-------|----------|----------------------------|
| Examiner Initial      | Desig. ID | Document Number | Publication Date | Patentee | Class | Subclass | Filing Date If Appropriate |
|                       | 1         |                 |                  |          |       |          |                            |

| Foreign Patent Documents or Published Foreign Patent Applications |           |                 |                  |                          |       |          |             |    |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------|------------------|--------------------------|-------|----------|-------------|----|
| Examiner Initial                                                  | Desig. ID | Document Number | Publication Date | Country or Patent Office | Class | Subclass | Translation |    |
|                                                                   |           |                 |                  |                          |       |          | Yes         | No |
|                                                                   | 2         |                 |                  |                          |       |          |             |    |

| Other Documents (include Author, Title, Date, and Place of Publication) |           |                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Examiner Initial                                                        | Desig. ID | Document                                                                                                                              |
|                                                                         | 3         | Canadian Office Action, Application No. 2,682,284; mailed February 25, 2015 Applicant: Massachusetts Institute of Technology; 4 pages |

|                                                                                                                                                                              |                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Examiner Signature<br><b>/FRITZ FLEMING/</b>                                                                                                                                 | Date Considered<br><b>10/09/2015</b> |
| EXAMINER: Initials citation considered. Draw line through citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant. |                                      |

Substitute Disclosure Form

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /FF/

## EAST Search History

## EAST Search History (Prior Art)

| Ref # | Hits  | Search Query                                                                                                                                                                                                               | DBs                                                      | Default Operator | Plurals | Time Stamp       |
|-------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------|---------|------------------|
| S1    | 12528 | high adj q                                                                                                                                                                                                                 | USPAT                                                    | OR               | OFF     | 2012/03/20 16:45 |
| S2    | 296   | S1 same wireless                                                                                                                                                                                                           | USPAT                                                    | OR               | OFF     | 2012/03/20 16:45 |
| S3    | 88674 | ("5876425"   "20040130916"   "6345203"   "20050151511"   "5455467"   "6597076"   "6307468"   "6047214"   "5517194"   "20030014091"   "7355150"   "20030114769"   "6442434"   "20040130915"   "6364735"   "20030069051").PN | US-PGPUB; USPAT                                          | OR               | OFF     | 2012/03/20 16:48 |
| S4    | 16    | ("5876425"   "20040130916"   "6345203"   "20050151511"   "5455467"   "6597076"   "6307468"   "6047214"   "5517194"   "20030014091"   "7355150"   "20030114769"   "6442434"   "20040130915"   "6364735"   "20030069051").PN | US-PGPUB; USPAT                                          | OR               | OFF     | 2012/03/20 16:49 |
| S5    | 5     | S4 and q                                                                                                                                                                                                                   | US-PGPUB; USPAT                                          | OR               | OFF     | 2012/03/20 16:57 |
| S6    | 2141  | (307/104).CCLS.                                                                                                                                                                                                            | US-PGPUB; USPAT; USOCR                                   | OR               | OFF     | 2012/03/20 16:59 |
| S7    | 39    | S6 and q                                                                                                                                                                                                                   | USPAT                                                    | OR               | OFF     | 2012/03/20 16:59 |
| S8    | 306   | S6 and q                                                                                                                                                                                                                   | US-PGPUB; USPAT                                          | OR               | OFF     | 2012/03/20 16:59 |
| S9    | 362   | (320/108).CCLS.                                                                                                                                                                                                            | USPAT; USOCR                                             | OR               | OFF     | 2012/03/20 17:35 |
| S10   | 893   | (320/108).CCLS.                                                                                                                                                                                                            | US-PGPUB; USPAT; USOCR                                   | OR               | OFF     | 2012/03/20 17:36 |
| S11   | 129   | S10 and q                                                                                                                                                                                                                  | US-PGPUB; USPAT                                          | OR               | OFF     | 2012/03/20 17:36 |
| S12   | 5432  | (high adj q) same resonator                                                                                                                                                                                                | US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB | OR               | ON      | 2012/03/20 17:51 |
| S13   | 480   | (high adj q) same resonator same (contactless or (contact adj less) or inductive or inductively or wireless or wirelessly)                                                                                                 | US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO;                  | OR               | ON      | 2012/03/20 17:52 |

|     |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                            |    |    |                     |
|-----|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----|----|---------------------|
|     |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | DERWENT;<br>IBM_TDB                                                        |    |    |                     |
| S14 | 402 | ("2133494"   "20030062794"  <br>"20030199778"   "20040130916"  <br>"20050127849"   "20060185809"  <br>"20080197710"   "20090033564"  <br>"20090072627"   "20090224608"  <br>"6450946"   "6960968"   "7069064"  <br>"7116200"   "7180248"   "7385357"  <br>"20080067874"   "20090085408"  <br>"20090085706"   "20090251008"  <br>"0649621"   "7514818"   "8022576"  <br>"1119732"   "20030214255"  <br>"20040201361"   "20060022636"  <br>"20080211320"   "20090127937"  <br>"20090153273"   "4088999"  <br>"5027709"   "5070293"   "5999308"  <br>"6436299"   "7239110"   "7248017"  <br>"7474058"   "7518267"  <br>"20050288740"   "20090189458"  <br>"20090284082"   "7191007"  <br>"20070145830"   "20090267709"  <br>"20100123355"   "20100207458"  <br>"20110074218"   "20110193419"  <br>"20030038641"   "20040000974"  <br>"20040267501"   "20050093475"  <br>"20050156560"   "20070178945"  <br>"20080014897"   "20090195333"  <br>"20090224856"   "20100038970"  <br>"5898579"   "6597076"   "6749119"  <br>"6798716"   "6831417"   "6917431"  <br>"7126450"   "7375493"   "0787412"  <br>"20090108997"   "20090284227"  <br>"20090289595"   "7795708"  <br>"20080266748"   "20100133918"  <br>"20110043046"   "20020105343"  <br>"20020118004"   "20040232845"  <br>"20050116650"   "20060270440"  <br>"20090058189"   "20090212636"  <br>"20090213028"   "20090273242"  <br>"5216402"   "5437057"   "6937130"  <br>"7042196"   "7382636"   "7525283"  <br>"20090096413"   "20090230777"  <br>"20090281678"   "20090284220"  <br>"5986895"   "7147604"   "7639514"  <br>"7843288"   "7741734"  <br>"20100123353"   "20040113847"  <br>"20040150934"   "20050007067"  <br>"20050122059"   "20070267918"  <br>"20080191638"   "20090010028"  <br>"20090072628"   "20090072629"  <br>"20090224609"   "5493691"  <br>"5118997"   "7599743"   "7825543"  <br>"20090108679"   "0645576"  <br>"20090284083"   "20100102641"  <br>"20100133919"   "20100187911"  <br>"20110089895"   "20020032471"  <br>"20030062980"   "20060132045"  <br>"20070276538"   "20080278264"  <br>"20090045772"   "20090079268"  <br>"20090102292"   "20090134712"  <br>"20090179502"   "20090243397"  <br>"5341083"   "6452465"   "6731071"  <br>"6806649"   "7118240"   "7212414" | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON | 2012/03/20<br>21:29 |

|     |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                            |    |    |                     |
|-----|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----|----|---------------------|
|     |       | "7462951"   "20080012569"  <br>"20080030415"   "20090146892"  <br>"20090237194"   "20090267558"  <br>"20090284245"   "20090286476"  <br>"20100231163"   "20100289449"  <br>"6664770"   "20090267710"  <br>"20040130915"   "20050122058"  <br>"20050127866"   "20070064406"  <br>"20070171681"   "20070222542"  <br>"20090015075"   "20090051224"  <br>"20090195332"   "20090243394"  <br>"3517350"   "5528113"   "6184651"  <br>"6515878"   "6844702"   "6856291"  <br>"6906495"   "6975198"   "7132918"  <br>"7375492"   "7378817"   "7492247"  <br>"7615936"   "20070182367"  <br>"20080265684"   "20090067198"  <br>"20090160261"   "20090174263"  <br>"20090180679"   "20090271047"  <br>"20090284369"   "20090286470"  <br>"20070021140"   "20100123354"  <br>"20110074347"   "20040222751"  <br>"20050085873"   "20050104064"  <br>"20050127850"   "20060061323"  <br>"20060181242"   "20060205381"  <br>"20090167449"   "20090299918"  <br>"3535543"   "5367242"   "5550452"  <br>"6812645"   "6825620"   "6917163"  <br>"6973250"   "7466213"  <br>"20050288739"   "20090271048"  <br>"20090284218"   "20090286475"  <br>"20100102640"   "20100133920"  <br>"20100148589").FN. |                                                                            |    |    |                     |
| S15 | 10488 | tet same q                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON | 2012/03/20<br>22:31 |
| S16 | 4     | tet same q same implant                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON | 2012/03/20<br>22:32 |
| S17 | 2     | transcutaneous adj energy adj transfer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON | 2012/03/20<br>22:34 |
| S18 | 550   | transcutaneous adj energy adj transfer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON | 2012/03/20<br>22:34 |
| S19 | 60    | S18 and q                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | US-PGPUB;                                                                  | OR | ON | 2012/03/20          |

|     |      |                                                                           |                                                                            |    |     |                     |
|-----|------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----|-----|---------------------|
|     |      |                                                                           | USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB              |    |     | 22:34               |
| S20 | 1060 | ("near" adj field) same wireless same power                               | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON  | 2012/03/20<br>22:49 |
| S21 | 76   | ("near" adj field) same wireless same power same q                        | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON  | 2012/03/20<br>22:49 |
| S22 | 233  | ("near" adj field) same (wireless adj power)                              | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON  | 2012/03/20<br>22:52 |
| S23 | 156  | ("near" adj field) adj inductive                                          | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON  | 2012/03/20<br>23:01 |
| S24 | 178  | ("near" adj field) same implant\$ same power                              | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON  | 2012/03/20<br>23:19 |
| S25 | 192  | ("near" adj field) same power same q                                      | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON  | 2012/03/20<br>23:40 |
| S26 | 2141 | (307/104).CCLS.                                                           | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2012/03/20<br>23:54 |
| S27 | 893  | (320/108).CCLS.                                                           | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2012/03/20<br>23:54 |
| S28 | 2316 | S26 or S27                                                                | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2012/03/20<br>23:54 |
| S29 | 319  | S28 and "near" adj field                                                  | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | ON  | 2012/03/20<br>23:54 |
| S30 | 31   | ("3167168"   "4023753"   "4331225"  <br>"4459438"   "4603640"   "4689530" | US-PGPUB;<br>USPAT;                                                        | OR | OFF | 2012/03/21<br>00:10 |

|     |     |                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                            |    |     |                     |
|-----|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----|-----|---------------------|
|     |     | "4800328"   "4833337"   "4836344"  <br>"4879522").PN. OR<br>("5519262").URPN.                                                                                                                                                                                         | USOCR                                                                      |    |     |                     |
| S31 | 4   | ("near" adj field) same implant\$ same<br>q                                                                                                                                                                                                                           | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON  | 2012/03/21<br>00:16 |
| S32 | 186 | ("near" adj field) same high adj q                                                                                                                                                                                                                                    | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON  | 2012/03/21<br>00:20 |
| S33 | 34  | ("2401572"   "2426226"   "2805414"  <br>"3546699"   "3713162"   "3771075"  <br>"3786376"   "3810183"   "3914715"  <br>"4150345"   "4157516"   "4163961"  <br>"4233580"   "4253101"   "4258365"  <br>"4288759"   "4358746"  <br>"Re29296").PN. OR<br>("4516097").URPN. | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2012/03/21<br>00:30 |
| S34 | 1   | ("20100102639").PN.                                                                                                                                                                                                                                                   | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2012/03/21<br>11:50 |
| S35 | 1   | ((("2010012355") or ("7741734"))).PN.                                                                                                                                                                                                                                 | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2012/03/21<br>12:29 |
| S36 | 2   | ((("20100012355") or<br>("7741734"))).PN.                                                                                                                                                                                                                             | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2012/03/21<br>12:29 |
| S37 | 2   | ((("20100123355") or<br>("7741734"))).PN.                                                                                                                                                                                                                             | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2012/03/21<br>12:30 |
| S38 | 2   | ((("20100096934") or<br>("7741734"))).PN.                                                                                                                                                                                                                             | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2012/03/21<br>12:52 |
| S39 | 2   | ((("20100123355") or<br>("7741734"))).PN.                                                                                                                                                                                                                             | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2012/03/21<br>20:45 |
| S40 | 0   | S39 and (tunable)                                                                                                                                                                                                                                                     | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2012/03/21<br>20:45 |
| S41 | 0   | S39 and (tuning)                                                                                                                                                                                                                                                      | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2012/03/21<br>20:46 |
| S42 | 0   | S39 and (tune)                                                                                                                                                                                                                                                        | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2012/03/21<br>20:46 |
| S43 | 1   | ("20100127574").PN.                                                                                                                                                                                                                                                   | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2012/03/26<br>06:11 |
| S44 | 1   | S43 and rate                                                                                                                                                                                                                                                          | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2012/03/26<br>06:13 |
| S45 | 1   | S43 and "0.2"                                                                                                                                                                                                                                                         | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2012/03/26<br>06:18 |
| S46 | 1   | S43 and (tunable or tuning or tuned or<br>feedback)                                                                                                                                                                                                                   | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | ON  | 2012/03/26<br>06:20 |

|     |      |                                                                          |                        |    |            |                  |
|-----|------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------|----|------------|------------------|
| S47 | 1    | S43 and (tunable or tuning or tuned or feedback or detune or detuning)   | US-PGPUB; USPAT        | OR | ON         | 2012/03/26 06:21 |
| S48 | 1    | ("20090085408").PN.                                                      | US-PGPUB; USPAT; USOCR | OR | OFF        | 2012/03/26 06:57 |
| S49 | 1    | ("20110140544").PN.                                                      | US-PGPUB; USPAT; USOCR | OR | OFF        | 2012/04/09 13:11 |
| S50 | 1    | S49 and common                                                           | US-PGPUB; USPAT        | OR | OFF        | 2012/04/09 13:11 |
| S51 | 3    | ((("20110140544") or ("7825543") or ("7741734"))).PN.                    | US-PGPUB; USPAT; USOCR | OR | OFF        | 2012/04/09 13:14 |
| S52 | 3    | S51 and common                                                           | US-PGPUB; USPAT        | OR | OFF        | 2012/04/09 13:14 |
| S53 | 1    | S51 and (common adj inductance)                                          | US-PGPUB; USPAT        | OR | ON         | 2012/04/09 13:15 |
| S54 | 4    | ((("20110140544") or ("20100117456") or ("7825543") or ("7741734"))).PN. | US-PGPUB; USPAT; USOCR | OR | OFF        | 2012/04/09 13:19 |
| S55 | 1    | S52 and (common adj inductance)                                          | US-PGPUB; USPAT        | OR | ON         | 2012/04/09 13:19 |
| S56 | 3    | S52 and common                                                           | US-PGPUB; USPAT        | OR | OFF        | 2012/04/09 13:20 |
| S57 | 4    | S54 and common                                                           | US-PGPUB; USPAT        | OR | OFF        | 2012/04/09 13:20 |
| S58 | 368  | (high adj q) same resonant same (tune or tuning)                         | USPAT                  | OR | OFF        | 2012/04/09 13:54 |
| S59 | 587  | (high adj q) same resonant same (tune or tuning)                         | US-PGPUB; USPAT        | OR | ON         | 2012/04/09 13:54 |
| S60 | 1485 | (307/104).CCLS.                                                          | USPAT; USOCR           | OR | OFF        | 2012/05/07 04:48 |
| S61 | 3    | S60 and young and fleming                                                | USPAT                  | OR | OFF        | 2012/05/07 04:48 |
| S62 | 2    | ((("7825543") or ("7741734"))).PN.                                       | USPAT; USOCR           | OR | OFF        | 2012/05/07 08:04 |
| S63 | 5    | "2006011769"                                                             | EPO; DERWENT           | OR | OFF        | 2012/05/07 08:16 |
| S64 | 4    | "2004072581"                                                             | EPO; DERWENT           | OR | OFF        | 2012/05/07 08:17 |
| S65 | 2179 | (307/104).CCLS.                                                          | US-PGPUB; USPAT; USOCR | OR | OFF        | 2012/05/07 12:02 |
| S66 | 921  | (320/108).CCLS.                                                          | US-PGPUB; USPAT; USOCR | OR | OFF        | 2012/05/07 12:02 |
| S67 | 1199 | S65 or S66                                                               | USPAT                  | OR | OFF        | 2012/05/07 12:02 |
| S68 | 2381 | S65 or S66                                                               | US-PGPUB; USPAT        | OR | OFF        | 2012/05/07 12:02 |
| S69 | 100  | S68 and (nano or nanoscale)                                              | US-PGPUB; USPAT        | OR | ON         | 2012/05/07 12:02 |
| S70 | 409  | capacitor same inductor same(nano or nanoscale)                          | US-PGPUB; USPAT        | OR | ON         | 2012/05/07 12:07 |
| S71 | 5    | capacitor same inductor same(nano or                                     | US-PGPUB; OR           | ON | 2012/05/07 |                  |

|     |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                            |    |     |                     |
|-----|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----|-----|---------------------|
|     |      | nanoscale) same transponder                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | USPAT                                                                      |    |     | 12:13               |
| S72 | 365  | capacitor same inductor same powder                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | ON  | 2012/05/07<br>12:19 |
| S73 | 87   | q same (inductor or inductance) same<br>(air adj core) same frequency                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | ON  | 2012/05/07<br>13:09 |
| S74 | 5    | q same (inductor or inductance) same<br>(air adj core) same adjustable                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | ON  | 2012/05/07<br>13:13 |
| S75 | 24   | (inductor or inductance) same (air adj<br>core) same adjustable                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | ON  | 2012/05/07<br>13:14 |
| S76 | 79   | (inductor or inductance) same (air adj<br>core) same variable                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | ON  | 2012/05/07<br>13:15 |
| S77 | 166  | S68 and (air adj core)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | ON  | 2012/05/07<br>13:24 |
| S78 | 21   | (inductor or inductance) same (air adj<br>core) same variable                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | EPO; JPO;<br>DERWENT                                                       | OR | ON  | 2012/05/07<br>13:38 |
| S79 | 98   | S68 and (variable or adjustable) near2<br>(inductor or inductance)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | ON  | 2012/05/07<br>13:43 |
| S80 | 53   | ("20020082059"   "20030006880"  <br>"20030090239"   "3689885"  <br>"3938018"   "3949268"   "4800328"  <br>"4818855"   "5229652"   "5341280"  <br>"5428659"   "5455466"   "5455467"  <br>"5550452"   "5600225"   "5701657"  <br>"5734254"   "5814900"   "5831348"  <br>"5982764"   "6057668"   "6127799"  <br>"6252380"   "6265791"   "6301128"  <br>"6323775"   "6424124"   "6429622"  <br>"6462432"   "6597076"   "6683438"  <br>"6703920"   "6821670"   "6844702"  <br>"6977479").PN. OR<br>("7518267").URPN. | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2012/05/07<br>13:51 |
| S81 | 1    | ("6436299").PN.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | USPAT;<br>USOCR                                                            | OR | OFF | 2012/05/07<br>13:59 |
| S82 | 2222 | (307/104).CCLS.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2012/06/18<br>05:48 |
| S83 | 962  | (320/108).CCLS.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2012/06/18<br>05:48 |
| S84 | 2222 | (307/104).CCLS.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2012/06/18<br>05:49 |
| S85 | 962  | (320/108).CCLS.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2012/06/18<br>05:49 |
| S86 | 2458 | S84 or S85                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2012/06/18<br>05:49 |
| S87 | 511  | (high adj q) same resonator same<br>(contactless or (contact adj less) or<br>inductive or inductively or wireless or<br>wirelessly)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON  | 2012/06/18<br>05:50 |
| S88 | 264  | ("near" adj field) same (wireless adj<br>power)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;                                     | OR | ON  | 2012/06/18<br>05:50 |

|      |      |                                                                                                                                                                     |                                                                            |    |     |                     |
|------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----|-----|---------------------|
|      |      |                                                                                                                                                                     | EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB                                           |    |     |                     |
| S89  | 163  | ("near" adj field) adj inductive                                                                                                                                    | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON  | 2012/06/18<br>05:50 |
| S90  | 2458 | S84 or S85                                                                                                                                                          | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2012/06/18<br>05:51 |
| S91  | 350  | S90 and "near" adj field                                                                                                                                            | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | ON  | 2012/06/18<br>05:51 |
| S92  | 11   | ("20040100338"   "20040233043"  <br>"20060202665"   "20120068549"  <br>"5053774"   "5287112"   "6772011"  <br>"8076800"   "8076801"   "8084889"  <br>"8097983").PN. | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | ON  | 2012/06/18<br>07:40 |
| S93  | 4    | ("20030124050"   "20030126948"  <br>"5455467"   "6772011").PN.                                                                                                      | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | ON  | 2012/06/18<br>07:40 |
| S94  | 2    | ((("7825543") or ("7741734"))).PN.                                                                                                                                  | USPAT;<br>USOCR                                                            | OR | OFF | 2012/06/18<br>08:05 |
| S95  | 2    | S94 and characteristic                                                                                                                                              | USPAT                                                                      | OR | OFF | 2012/06/18<br>08:05 |
| S96  | 1    | ("20030210106").PN.                                                                                                                                                 | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2012/07/03<br>10:37 |
| S97  | 1    | ("5959433").PN.                                                                                                                                                     | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2012/07/03<br>10:39 |
| S98  | 447  | evanescent adj tail                                                                                                                                                 | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | OFF | 2012/07/03<br>10:40 |
| S99  | 50   | S98 and inductive                                                                                                                                                   | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | OFF | 2012/07/03<br>10:41 |
| S100 | 97   | S98 same power                                                                                                                                                      | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | OFF | 2012/07/03<br>10:42 |
| S101 | 50   | S98 same wireless\$                                                                                                                                                 | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | OFF | 2012/07/03<br>10:43 |
| S102 | 60   | S98 and wireless\$                                                                                                                                                  | US-PGPUB;<br>USPAT;                                                        | OR | OFF | 2012/07/03<br>10:44 |

|      |       |                                                                                                                                                                          |                                                                            |    |     |                     |
|------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----|-----|---------------------|
|      |       |                                                                                                                                                                          | USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB                        |    |     |                     |
| S103 | 37316 | computer same (wireless\$ or inductive\$) same power                                                                                                                     | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON  | 2012/07/03<br>11:05 |
| S104 | 4230  | computer same (wireless\$ or inductive\$) same power same (coupling or transfer)                                                                                         | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON  | 2012/07/03<br>11:05 |
| S105 | 56    | ("2967267"   "3549990"   "4038625"   "4654573"   "4697183"   "4755783"   "4914561"   "4924171"   "4996638"   "5122729"   "5157319"   "5166965").PN. OR ("5455467").URPN. | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2012/07/03<br>11:06 |
| S106 | 1358  | computer same (wireless\$ or inductive\$) same power same (charging)                                                                                                     | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON  | 2012/07/03<br>11:09 |
| S107 | 2     | ("2005/0151511").URPN.                                                                                                                                                   | USPAT                                                                      | OR | OFF | 2012/07/03<br>11:19 |
| S108 | 971   | (320/108).CCLS.                                                                                                                                                          | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2012/07/03<br>11:20 |
| S109 | 130   | S108 and computer                                                                                                                                                        | USPAT                                                                      | OR | OFF | 2012/07/03<br>11:20 |
| S110 | 364   | S108 and computer                                                                                                                                                        | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2012/07/03<br>11:21 |
| S111 | 1     | ("20100277005").PN.                                                                                                                                                      | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2012/07/03<br>11:28 |
| S112 | 2     | ((("20100277005") or ("20110049996")).PN.                                                                                                                                | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2012/07/03<br>11:29 |
| S113 | 0     | S112 and base                                                                                                                                                            | USPAT                                                                      | OR | OFF | 2012/07/03<br>11:30 |
| S114 | 0     | S112 and hold                                                                                                                                                            | USPAT                                                                      | OR | OFF | 2012/07/03<br>11:30 |
| S115 | 0     | S112 and portable                                                                                                                                                        | USPAT                                                                      | OR | OFF | 2012/07/03<br>11:31 |
| S116 | 2     | S112 and portable                                                                                                                                                        | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2012/07/03<br>11:31 |
| S117 | 2     | S112 and base                                                                                                                                                            | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2012/07/03<br>11:31 |
| S118 | 135   | S108 and contacts                                                                                                                                                        | USPAT                                                                      | OR | OFF | 2012/07/03          |

|      |     |                                                           |                              |    |     |                     |
|------|-----|-----------------------------------------------------------|------------------------------|----|-----|---------------------|
|      |     |                                                           |                              |    |     | 11:44               |
| S119 | 1   | ("5367242").PN.                                           | USPAT;<br>USOCR              | OR | OFF | 2012/07/03<br>12:01 |
| S120 | 0   | S119 and phone                                            | USPAT                        | OR | OFF | 2012/07/03<br>12:01 |
| S121 | 244 | S108 and ferrite                                          | US-PGPUB;<br>USPAT           | OR | OFF | 2012/07/03<br>12:19 |
| S122 | 1   | S112 and desktop                                          | US-PGPUB;<br>USPAT           | OR | OFF | 2012/07/03<br>13:38 |
| S123 | 2   | S112 and "near"                                           | US-PGPUB;<br>USPAT           | OR | OFF | 2012/07/03<br>13:48 |
| S124 | 2   | S112 and evanescent                                       | US-PGPUB;<br>USPAT           | OR | OFF | 2012/07/03<br>14:44 |
| S125 | 2   | S112 and radiative                                        | US-PGPUB;<br>USPAT           | OR | OFF | 2012/07/03<br>14:46 |
| S126 | 2   | ((("7825543") or ("7741734"))).PN.                        | USPAT;<br>USOCR              | OR | OFF | 2012/07/03<br>14:50 |
| S127 | 1   | ("20100207458").PN.                                       | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR | OR | OFF | 2012/08/13<br>02:46 |
| S128 | 1   | S127 and characteristic                                   | US-PGPUB;<br>USPAT           | OR | OFF | 2012/08/13<br>02:46 |
| S129 | 1   | ("20100127575").PN.                                       | US-PGPUB;<br>USPAT           | OR | OFF | 2012/08/27<br>06:11 |
| S130 | 1   | S129 and second and third                                 | US-PGPUB;<br>USPAT           | OR | OFF | 2012/08/27<br>06:14 |
| S131 | 0   | ("7687939").PN.                                           | USPAT;<br>USOCR              | OR | OFF | 2012/08/27<br>06:15 |
| S132 | 0   | ("7687939").PN.                                           | US-PGPUB;<br>USPAT           | OR | OFF | 2012/08/27<br>06:16 |
| S133 | 0   | ("7687939").PN.                                           | US-PGPUB;<br>USPAT           | OR | OFF | 2012/08/27<br>06:16 |
| S134 | 1   | ("7741734").PN.                                           | US-PGPUB;<br>USPAT           | OR | OFF | 2012/08/27<br>06:21 |
| S135 | 0   | S134 and second and third                                 | USPAT                        | OR | OFF | 2012/08/27<br>06:22 |
| S136 | 1   | ("20110074347").PN.                                       | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR | OR | OFF | 2012/08/27<br>12:22 |
| S137 | 3   | ((("20110074347") or ("7825543") or ("7741734"))).PN.     | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR | OR | OFF | 2012/08/27<br>12:23 |
| S138 | 1   | ("20100237708").PN.                                       | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR | OR | OFF | 2012/08/29<br>08:48 |
| S139 | 1   | S138 and housing                                          | US-PGPUB;<br>USPAT           | OR | OFF | 2012/08/29<br>08:49 |
| S140 | 1   | S138 and housing                                          | US-PGPUB;<br>USPAT           | OR | ON  | 2012/08/29<br>09:17 |
| S141 | 2   | ((("20101117456") or ("20080278264") or ("7825543"))).PN. | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR | OR | OFF | 2012/09/04<br>11:41 |
| S142 | 3   | ((("20100117456") or ("20080278264") or ("7825543"))).PN. | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR | OR | OFF | 2012/09/04<br>11:42 |

|      |      |                                                                                                               |                                                                            |    |     |                     |
|------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----|-----|---------------------|
| S143 | 3    | S142 and impedance                                                                                            | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | ON  | 2012/09/04<br>11:44 |
| S144 | 0    | S142 and (impedance same (match or matching))                                                                 | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | ON  | 2012/09/04<br>11:45 |
| S145 | 3    | ((("20100127573") or ("7741734") or ("7825543"))).PN.                                                         | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2012/09/10<br>10:27 |
| S146 | 3    | S145 and characteristic                                                                                       | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2012/09/10<br>10:28 |
| S147 | 1706 | (307/104).CCLS.                                                                                               | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2012/09/10<br>12:09 |
| S148 | 1095 | (333/195).CCLS.                                                                                               | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2012/09/10<br>12:09 |
| S149 | 1017 | (320/108).CCLS.                                                                                               | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2012/09/10<br>12:09 |
| S155 | 1    | ("20100096934").PN.                                                                                           | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2012/09/10<br>13:29 |
| S157 | 1    | ("20100102641").PN.                                                                                           | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2012/09/10<br>14:44 |
| S159 | 1    | ("20110169339").PN.                                                                                           | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2012/09/11<br>07:05 |
| S160 | 0    | S159 and (voltage same capacitor)                                                                             | USPAT                                                                      | OR | OFF | 2012/09/11<br>07:08 |
| S161 | 1    | S159 and (voltage same capacitor)                                                                             | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | ON  | 2012/09/11<br>07:08 |
| S162 | 1    | S159 and (information same exchange)                                                                          | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | ON  | 2012/09/11<br>07:09 |
| S163 | 1    | S159 and planar                                                                                               | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | ON  | 2012/09/11<br>07:18 |
| S164 | 25   | (high adj q) same feedback same (wireless\$ or (non adj contact) or contactless)                              | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON  | 2012/09/11<br>08:16 |
| S165 | 1110 | q same feedback same (wireless\$ or (non adj contact) or contactless or inductive\$)                          | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON  | 2012/09/11<br>08:18 |
| S166 | 78   | q same feedback same (wireless\$ or (non adj contact) or contactless or inductive\$) same power same transfer | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON  | 2012/09/11<br>08:18 |
| S167 | 1019 | (320/108).CCLS.                                                                                               | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT                                | OR | OFF | 2012/09/11<br>08:21 |
| S168 | 1794 | (307/104).CCLS.                                                                                               | US-PGPUB;                                                                  | OR | OFF | 2012/09/11          |

|      |      |                                                                        |                                                                            |    |     |                     |
|------|------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----|-----|---------------------|
|      |      |                                                                        | USPAT;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT                                             |    |     | 08:21               |
| S169 | 0    | ("032or33").PN.                                                        | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT                                | OR | OFF | 2012/09/11<br>08:22 |
| S170 | 2717 | S167 or S168                                                           | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | OFF | 2012/09/11<br>08:22 |
| S171 | 485  | S170 and feedback                                                      | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | OFF | 2012/09/11<br>08:22 |
| S172 | 507  | S170 and (secondary same current<br>same voltage)                      | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | OFF | 2012/09/11<br>09:33 |
| S173 | 128  | S170 and (secondary same current<br>same voltage same resonant)        | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | OFF | 2012/09/11<br>09:33 |
| S174 | 145  | (implant\$) and (secondary same<br>current same voltage same resonant) | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | OFF | 2012/09/11<br>10:29 |
| S175 | 9    | tet same (secondary same current<br>same voltage same resonant)        | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | OFF | 2012/09/11<br>10:39 |
| S176 | 45   | tet and (secondary same current same<br>voltage same resonant)         | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | OFF | 2012/09/11<br>10:40 |
| S177 | 54   | tet and (secondary same power same<br>resonant)                        | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;                        | OR | OFF | 2012/09/11<br>10:40 |

|      |      |                                                       |                                                                            |    |     |                     |
|------|------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----|-----|---------------------|
|      |      |                                                       | DERWENT;<br>IBM_TDB                                                        |    |     |                     |
| S178 | 316  | tet and (power same feedback)                         | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | OFF | 2012/09/11<br>10:45 |
| S179 | 126  | high same q same wireless same<br>power same transfer | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON  | 2012/09/11<br>11:12 |
| S180 | 1790 | (307/104).CCLS.                                       | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT                                | OR | OFF | 2012/09/21<br>20:55 |
| S181 | 1013 | (320/108).CCLS.                                       | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT                                | OR | OFF | 2012/09/21<br>20:56 |
| S183 | 0    | 20016655u1                                            | EPO;<br>DERWENT                                                            | OR | OFF | 2012/09/30<br>18:52 |
| S184 | 9    | "20016655"                                            | EPO;<br>DERWENT                                                            | OR | OFF | 2012/09/30<br>18:52 |
| S185 | 3    | "10221484"                                            | EPO;<br>DERWENT                                                            | OR | OFF | 2012/09/30<br>18:53 |
| S186 | 0    | ("200902677710").PN.                                  | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2012/09/30<br>19:05 |
| S187 | 1    | ("200902677710").PN.                                  | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2012/09/30<br>19:05 |
| S188 | 0    | S187 and radiative                                    | USPAT                                                                      | OR | OFF | 2012/09/30<br>19:05 |
| S189 | 0    | S187 and nonradiative                                 | USPAT                                                                      | OR | OFF | 2012/09/30<br>19:05 |
| S190 | 0    | S187 and nonradiative                                 | US-PGPUB                                                                   | OR | OFF | 2012/09/30<br>19:05 |
| S191 | 1    | S187 and radiative                                    | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2012/09/30<br>19:06 |
| S192 | 2    | ((("7825543") or ("7741734"))).PN.                    | USPAT;<br>USOCR                                                            | OR | OFF | 2012/10/01<br>07:01 |
| S193 | 1020 | (320/108).CCLS.                                       | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2012/10/01<br>07:16 |
| S194 | 746  | (320/109).CCLS.                                       | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2012/10/01<br>07:16 |
| S195 | 67   | S193 and S194                                         | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2012/10/01<br>07:16 |
| S196 | 1    | ("20110018361").PN.                                   | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2012/10/01<br>08:01 |
| S197 | 1    | S196 and motorized                                    | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2012/10/01<br>08:01 |

|      |      |                                                                            |                               |    |     |                     |
|------|------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----|-----|---------------------|
| S198 | 1    | S196 and movement                                                          | US-PGPUB;<br>USPAT            | OR | OFF | 2012/10/01<br>08:02 |
| S199 | 1    | S196 and position                                                          | US-PGPUB;<br>USPAT            | OR | OFF | 2012/10/01<br>08:04 |
| S200 | 1    | ("20100327660").PN.                                                        | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR  | OR | OFF | 2012/10/01<br>09:41 |
| S201 | 1    | S200 and optimize                                                          | US-PGPUB;<br>USPAT            | OR | OFF | 2012/10/01<br>09:41 |
| S202 | 1    | S200 and optimizing                                                        | US-PGPUB;<br>USPAT            | OR | OFF | 2012/10/01<br>09:43 |
| S203 | 1    | S200 and optimiz\$                                                         | US-PGPUB;<br>USPAT            | OR | OFF | 2012/10/01<br>09:44 |
| S204 | 1    | ("20110074218").PN.                                                        | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR  | OR | OFF | 2012/10/01<br>17:14 |
| S205 | 3    | ((("20100123354") or ("20100123353")<br>or ("20090267710")).PN.            | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR  | OR | OFF | 2012/11/23<br>11:14 |
| S206 | 3    | S205 and resonator                                                         | US-PGPUB;<br>USPAT            | OR | OFF | 2012/11/23<br>11:19 |
| S207 | 60   | "7741734"                                                                  | US-PGPUB;<br>USPAT            | OR | OFF | 2012/11/23<br>12:01 |
| S208 | 1    | ("7741734").PN.                                                            | USPAT;<br>USOCR               | OR | OFF | 2012/11/23<br>12:01 |
| S209 | 1    | ("7741734").PN.                                                            | USPAT;<br>USOCR               | OR | OFF | 2012/11/26<br>19:58 |
| S210 | 0    | S209 and storing                                                           | USPAT                         | OR | OFF | 2012/11/26<br>19:58 |
| S211 | 0    | S209 and store                                                             | USPAT                         | OR | OFF | 2012/11/26<br>19:58 |
| S212 | 0    | S209 and store                                                             | USPAT                         | OR | ON  | 2012/11/26<br>20:05 |
| S213 | 1    | S209 and energy                                                            | USPAT                         | OR | ON  | 2012/11/26<br>20:05 |
| S214 | 1    | S209 and stored                                                            | USPAT                         | OR | ON  | 2012/11/26<br>20:07 |
| S215 | 1    | S209 and intrinsic                                                         | USPAT                         | OR | ON  | 2012/11/26<br>20:12 |
| S216 | 2    | ((("6960968") or ("7069064")).PN.                                          | USPAT;<br>USOCR               | OR | OFF | 2012/12/10<br>15:46 |
| S217 | 1802 | (307/104).CCLS.                                                            | US-PGPUB;<br>USPAT            | OR | OFF | 2012/12/10<br>22:53 |
| S219 | 4    | ((("20110140544") or ("20100117456")<br>or ("7825543") or ("7741734")).PN. | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR  | OR | OFF | 2012/12/17<br>08:16 |
| S220 | 4    | S219 and acoustic                                                          | US-PGPUB;<br>USPAT            | OR | OFF | 2012/12/17<br>08:16 |
| S221 | 233  | acoustic near3 power near3<br>transmission                                 | US-PGPUB;<br>USPAT            | OR | ON  | 2012/12/17<br>08:17 |
| S222 | 34   | S221 and resonant                                                          | US-PGPUB;<br>USPAT            | OR | ON  | 2012/12/17<br>08:17 |
| S223 | 774  | (self adj (resonant or resonating))<br>near5 (coil or loop)                | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR; | OR | ON  | 2013/01/24<br>09:19 |

|      |      |                                                                                            |                                                                            |    |     |                     |
|------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----|-----|---------------------|
|      |      |                                                                                            | FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB                                  |    |     |                     |
| S224 | 593  | (self adj (resonant or resonating))<br>near2 (coil or loop)                                | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON  | 2013/01/24<br>09:20 |
| S225 | 303  | (self adj (resonant or resonating)) adj<br>(coil or loop)                                  | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON  | 2013/01/24<br>09:20 |
| S226 | 123  | ("3859624"   "4450431"   "4630044"  <br>"4658263"   "4868915").PN. OR<br>("5084699").URPN. | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2013/01/24<br>09:29 |
| S227 | 23   | S223 same ("near" adj field)                                                               | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON  | 2013/01/24<br>09:38 |
| S228 | 1    | ("5012236").PN.                                                                            | USPAT;<br>USOCR                                                            | OR | OFF | 2013/01/24<br>09:40 |
| S229 | 900  | self near2 (resonant or resonate or<br>resonance or resonating) near2 (coil<br>or loop)    | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON  | 2013/01/24<br>12:09 |
| S230 | 2524 | (307/104).CCLS.                                                                            | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2013/01/24<br>12:19 |
| S231 | 209  | S230 and (self near2 (resonant or<br>resonate or resonance or<br>resonating))              | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | ON  | 2013/01/24<br>12:19 |
| S232 | 782  | S229 or S231                                                                               | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | ON  | 2013/01/24<br>12:20 |
| S233 | 209  | S230 and (self near2 (resonant or<br>resonate or resonance or<br>resonating))              | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON  | 2013/01/24<br>12:20 |
| S234 | 957  | S233 or S229                                                                               | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON  | 2013/01/24<br>12:20 |

|      |      |                                                                                      |                                                                            |    |     |                     |
|------|------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----|-----|---------------------|
| S235 | 17   | self same resonant same coil same transponder                                        | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON  | 2013/02/07<br>10:50 |
| S236 | 1    | ("20100231053").PN.                                                                  | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2013/02/21<br>08:45 |
| S237 | 2993 | contactless same (energy or power)                                                   | EPO; JPO;<br>DERWENT                                                       | OR | OFF | 2013/02/28<br>01:50 |
| S238 | 137  | contactless same (energy or power) same (resonant or resonance or resonating)        | EPO; JPO;<br>DERWENT                                                       | OR | ON  | 2013/02/28<br>01:50 |
| S239 | 934  | wireless same (energy or power) same (resonant or resonance or resonating)           | EPO; JPO;<br>DERWENT                                                       | OR | ON  | 2013/02/28<br>02:15 |
| S240 | 233  | wireless same (energy or power) same (resonant or resonance or resonating) same coil | EPO; JPO;<br>DERWENT                                                       | OR | ON  | 2013/02/28<br>02:15 |
| S241 | 118  | wireless same (energy or power) same q                                               | EPO; JPO;<br>DERWENT                                                       | OR | ON  | 2013/02/28<br>02:23 |
| S242 | 29   | wireless same (energy or power) same (resonant or resonance or resonating) same q    | EPO; JPO;<br>DERWENT                                                       | OR | ON  | 2013/02/28<br>02:29 |
| S243 | 0    | (h02j5/0005).IPCR.                                                                   | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT                                | OR | OFF | 2013/02/28<br>08:48 |
| S244 | 975  | h02j5/005.cpc.                                                                       | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT                                | OR | OFF | 2013/02/28<br>08:52 |
| S245 | 0    | h02j5/005.cpc.                                                                       | EPO; JPO;<br>DERWENT                                                       | OR | OFF | 2013/02/28<br>08:55 |
| S246 | 0    | h02j5/005                                                                            | EPO; JPO;<br>DERWENT                                                       | OR | OFF | 2013/02/28<br>08:55 |
| S247 | 0    | h02j5/005.cpc.                                                                       | EPO; JPO;<br>DERWENT                                                       | OR | OFF | 2013/02/28<br>09:03 |
| S248 | 0    | h02j5.cpcl.                                                                          | EPO; JPO;<br>DERWENT                                                       | OR | OFF | 2013/02/28<br>09:06 |
| S249 | 0    | h02j.cpcl.                                                                           | EPO; JPO;<br>DERWENT                                                       | OR | OFF | 2013/02/28<br>09:07 |
| S250 | 9041 | h02j17/00                                                                            | EPO; JPO;<br>DERWENT                                                       | OR | OFF | 2013/02/28<br>09:18 |
| S251 | 0    | h02j17/00                                                                            | EPO                                                                        | OR | OFF | 2013/02/28<br>09:21 |
| S252 | 7452 | h02j17/00                                                                            | DERWENT                                                                    | OR | OFF | 2013/02/28<br>09:21 |
| S253 | 9041 | h02j17/00                                                                            | JPO;<br>DERWENT                                                            | OR | OFF | 2013/02/28<br>09:21 |
| S254 | 1589 | h02j17/00                                                                            | JPO                                                                        | OR | OFF | 2013/02/28<br>09:21 |
| S255 | 0    | h02j17/00.ipc.                                                                       | EPO                                                                        | OR | OFF | 2013/02/28<br>09:26 |

|      |      |                                                                                                                                                                          |                              |    |     |                     |
|------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----|-----|---------------------|
| S256 | 0    | h02j17/00.ipc.                                                                                                                                                           | DERWENT                      | OR | OFF | 2013/02/28<br>09:26 |
| S257 | 0    | h02j17/00.epc.                                                                                                                                                           | EPO                          | OR | OFF | 2013/02/28<br>09:27 |
| S258 | 0    | H02J17/00.epc.                                                                                                                                                           | EPO                          | OR | OFF | 2013/02/28<br>09:27 |
| S259 | 0    | H02J17/00.ipc.                                                                                                                                                           | EPO                          | OR | OFF | 2013/02/28<br>09:27 |
| S260 | 1589 | H02J17/00.ipc.                                                                                                                                                           | JPO                          | OR | OFF | 2013/02/28<br>09:28 |
| S261 | 1095 | S252 and q                                                                                                                                                               | DERWENT                      | OR | OFF | 2013/02/28<br>09:28 |
| S262 | 25   | S252 and (high adj q)                                                                                                                                                    | DERWENT                      | OR | OFF | 2013/02/28<br>09:30 |
| S263 | 1    | schuerman and (high adj q)                                                                                                                                               | USPAT                        | OR | OFF | 2013/02/28<br>09:32 |
| S264 | 1    | ("5053774").PN.                                                                                                                                                          | USPAT                        | OR | OFF | 2013/02/28<br>09:32 |
| S265 | 8    | schuerman and q                                                                                                                                                          | USPAT                        | OR | OFF | 2013/02/28<br>09:36 |
| S266 | 1    | ("5374930").PN.                                                                                                                                                          | USPAT;<br>USOCR              | OR | OFF | 2013/02/28<br>09:39 |
| S267 | 97   | ("5287112").PN. OR<br>("5374930").URPN.                                                                                                                                  | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR | OR | OFF | 2013/02/28<br>09:39 |
| S268 | 230  | S252 and (resonator)                                                                                                                                                     | DERWENT                      | OR | OFF | 2013/02/28<br>09:45 |
| S269 | 242  | S252 and (resonator)                                                                                                                                                     | DERWENT                      | OR | ON  | 2013/02/28<br>09:46 |
| S270 | 554  | S252 and (resonant)                                                                                                                                                      | DERWENT                      | OR | ON  | 2013/02/28<br>09:51 |
| S271 | 61   | transponder and (resonance or<br>resonant or resonating) and q                                                                                                           | JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB  | OR | ON  | 2013/02/28<br>10:34 |
| S272 | 1    | ("5095224").PN.                                                                                                                                                          | USPAT;<br>USOCR              | OR | OFF | 2013/02/28<br>10:44 |
| S273 | 43   | ("3166718"   "3360732"   "3391345"  <br>"4345604"   "4489370"   "4584499"  <br>"4654574"   "4675796"   "4694387"  <br>"4743789"   "4829415").PN. OR<br>("5095224").URPN. | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR | OR | OFF | 2013/02/28<br>10:44 |
| S274 | 1069 | S252 and resonance                                                                                                                                                       | DERWENT                      | OR | OFF | 2013/02/28<br>10:47 |
| S275 | 44   | S274 and quality                                                                                                                                                         | DERWENT                      | OR | OFF | 2013/02/28<br>10:47 |
| S276 | 541  | S252 and resonance and coil                                                                                                                                              | DERWENT                      | OR | OFF | 2013/02/28<br>10:48 |
| S277 | 557  | S252 and resonance and coil                                                                                                                                              | DERWENT                      | OR | ON  | 2013/02/28<br>10:48 |
| S278 | 71   | (high adj q) and coil and resonance                                                                                                                                      | DERWENT                      | OR | ON  | 2013/02/28<br>10:59 |
| S279 | 453  | (high adj q) same coil same<br>resonance                                                                                                                                 | US-PGPUB;<br>USPAT           | OR | ON  | 2013/02/28<br>11:03 |
| S280 | 33   | (high adj q) same transponder same<br>power                                                                                                                              | US-PGPUB;<br>USPAT           | OR | ON  | 2013/02/28<br>11:22 |

|      |      |                                                                                                                                                                          |                        |    |     |                  |
|------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----|-----|------------------|
| S281 | 34   | (high adj q) same wireless\$ same power                                                                                                                                  | EPO; JPO; DERWENT      | OR | ON  | 2013/02/28 11:45 |
| S282 | 786  | (resonance or resonator or resonating) same wireless\$ same power                                                                                                        | EPO; JPO; DERWENT      | OR | ON  | 2013/02/28 11:46 |
| S283 | 521  | (resonance or resonator or resonating) same inductive\$ same power                                                                                                       | EPO; JPO; DERWENT      | OR | ON  | 2013/02/28 11:53 |
| S284 | 41   | S252 and meter                                                                                                                                                           | EPO; JPO; DERWENT      | OR | ON  | 2013/02/28 12:04 |
| S285 | 108  | "10" and power and distance and resonant                                                                                                                                 | EPO; JPO; DERWENT      | OR | ON  | 2013/02/28 14:47 |
| S286 | 7452 | h02j17/00                                                                                                                                                                | DERWENT                | OR | OFF | 2013/02/28 14:51 |
| S287 | 77   | S286 and power and distance and resonant                                                                                                                                 | EPO; JPO; DERWENT      | OR | ON  | 2013/02/28 14:51 |
| S288 | 477  | magnetic and resonant and power and (transfer or transmission or coupling)                                                                                               | EPO; JPO; DERWENT      | OR | ON  | 2013/02/28 14:52 |
| S289 | 39   | S286 and repeater                                                                                                                                                        | EPO; JPO; DERWENT      | OR | ON  | 2013/02/28 15:02 |
| S290 | 2569 | (307/104).CCLS.                                                                                                                                                          | US-PGPUB; USPAT; USOCR | OR | OFF | 2013/02/28 15:04 |
| S291 | 145  | S290 and repeater                                                                                                                                                        | US-PGPUB; USPAT        | OR | ON  | 2013/02/28 15:04 |
| S292 | 67   | implant same repeater                                                                                                                                                    | US-PGPUB; USPAT        | OR | ON  | 2013/02/28 15:07 |
| S293 | 9    | "near field" and q and loop                                                                                                                                              | EPO; JPO; DERWENT      | OR | ON  | 2013/03/01 10:26 |
| S294 | 193  | "near field" and loop                                                                                                                                                    | EPO; JPO; DERWENT      | OR | ON  | 2013/03/01 10:27 |
| S295 | 201  | "near field" and power and transmission                                                                                                                                  | EPO; JPO; DERWENT      | OR | ON  | 2013/03/01 10:31 |
| S296 | 1374 | "near field" same power same transmission                                                                                                                                | US-PGPUB; USPAT        | OR | ON  | 2013/03/01 10:33 |
| S297 | 130  | "near field" same power same transmission same q                                                                                                                         | US-PGPUB; USPAT        | OR | ON  | 2013/03/01 10:33 |
| S298 | 160  | "near field" same power same transmission same resonance                                                                                                                 | US-PGPUB; USPAT        | OR | ON  | 2013/03/01 10:35 |
| S299 | 256  | "near field" same (wireless or contactless or inductive) same resonance                                                                                                  | US-PGPUB; USPAT        | OR | ON  | 2013/03/01 10:36 |
| S300 | 101  | ("3036295"   "3137847"   "3182314"   "3182315"   "3218638"   "3299424"   "3363246"   "3467962"   "3518546"   "3522602"   "3737911"   "3739279").PN. OR ("4160971").URPN. | US-PGPUB; USPAT; USOCR | OR | OFF | 2013/03/01 10:39 |
| S301 | 228  | "wireless power transfer"                                                                                                                                                | EPO; JPO; DERWENT      | OR | OFF | 2013/03/01 10:42 |
| S302 | 807  | "wireless power transfer"                                                                                                                                                | US-PGPUB; USPAT        | OR | OFF | 2013/03/01 10:46 |
| S303 | 110  | "contactless power transfer"                                                                                                                                             | US-PGPUB; USPAT        | OR | OFF | 2013/03/01 10:51 |
| S304 | 3053 | ((contactless or wireless\$ or inductive\$) adj power)                                                                                                                   | EPO; JPO; DERWENT      | OR | ON  | 2013/03/01 10:57 |
| S305 | 7642 | ((contactless or wireless or inductive                                                                                                                                   | EPO; JPO;              | OR | ON  | 2013/03/01       |

|      |      |                                                                                                                          |                        |    |     |                  |
|------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----|-----|------------------|
|      |      | or inductively) adj3 power)                                                                                              | DERWENT                |    |     | 10:58            |
| S306 | 3011 | ((contactless or wireless or inductive or inductively) adj3 power)                                                       | EPO; JPO; DERWENT      | OR | ON  | 2013/03/01 10:58 |
| S307 | 56   | ((contactless or wireless or inductive or inductively) adj3 power) same q                                                | EPO; JPO; DERWENT      | OR | ON  | 2013/03/01 10:58 |
| S308 | 115  | ((contactless or wireless or inductive or inductively) adj3 power) and ("near" adj field)                                | EPO; JPO; DERWENT      | OR | ON  | 2013/03/01 11:00 |
| S309 | 522  | ((contactless or wireless or inductive or inductively) adj3 power) same ("near" adj field)                               | US-PGPUB; USPAT        | OR | ON  | 2013/03/01 11:01 |
| S310 | 392  | (self adj resonance) same q                                                                                              | US-PGPUB; USPAT        | OR | ON  | 2013/03/01 11:04 |
| S311 | 2569 | (307/104).CCLS.                                                                                                          | US-PGPUB; USPAT; USOCR | OR | OFF | 2013/03/01 11:10 |
| S312 | 48   | S311 and quality                                                                                                         | USPAT                  | OR | OFF | 2013/03/01 11:10 |
| S313 | 331  | S311 and quality                                                                                                         | US-PGPUB; USPAT        | OR | OFF | 2013/03/01 11:10 |
| S314 | 264  | S311 and (q adj factor)                                                                                                  | US-PGPUB; USPAT        | OR | OFF | 2013/03/01 11:11 |
| S315 | 303  | (self adj (resonance or resonating)) and (q adj factor)                                                                  | US-PGPUB; USPAT        | OR | OFF | 2013/03/01 11:12 |
| S316 | 102  | (loop adj antenna) same q same resonance                                                                                 | US-PGPUB; USPAT        | OR | ON  | 2013/03/01 11:15 |
| S317 | 1    | ("7741734").PN.                                                                                                          | USPAT; USOCR           | OR | OFF | 2013/03/01 11:26 |
| S318 | 0    | S317 and yates                                                                                                           | USPAT                  | OR | OFF | 2013/03/01 11:26 |
| S319 | 1    | S317 and optimal                                                                                                         | USPAT                  | OR | OFF | 2013/03/01 11:26 |
| S320 | 1    | S317 and markoff                                                                                                         | USPAT                  | OR | OFF | 2013/03/01 11:26 |
| S321 | 1    | ("7741734").PN.                                                                                                          | USPAT; USOCR           | OR | OFF | 2013/03/01 23:46 |
| S322 | 4    | "3824972"                                                                                                                | EPO; DERWENT           | OR | OFF | 2013/03/02 00:54 |
| S323 | 235  | magnetic adj antenna                                                                                                     | EPO; JPO; DERWENT      | OR | OFF | 2013/03/02 01:48 |
| S324 | 252  | magnetic adj antenna                                                                                                     | EPO; JPO; DERWENT      | OR | ON  | 2013/03/02 01:48 |
| S325 | 680  | magnetic adj antenna                                                                                                     | US-PGPUB; USPAT        | OR | ON  | 2013/03/02 02:05 |
| S326 | 28   | S325 same q                                                                                                              | US-PGPUB; USPAT        | OR | ON  | 2013/03/02 02:06 |
| S327 | 290  | S325 and "near field"                                                                                                    | US-PGPUB; USPAT        | OR | ON  | 2013/03/02 02:08 |
| S328 | 10   | ("20040046663"   "20050086264"   "20050178832"   "6236315"   "6259369"   "6839035"   "7005968").PN. OR ("7280045").URPN. | US-PGPUB; USPAT; USOCR | OR | OFF | 2013/03/02 02:17 |
| S329 | 133  | (quality adj factor) same (loss adj rate)                                                                                | US-PGPUB; USPAT;       | OR | ON  | 2013/03/02 02:51 |

|      |      |                                                             |                        |    |     |                  |
|------|------|-------------------------------------------------------------|------------------------|----|-----|------------------|
|      |      |                                                             | USOCR                  |    |     |                  |
| S330 | 70   | (quality adj factor) same (loop adj antenna)                | US-PGPUB; USPAT; USOCR | OR | ON  | 2013/03/02 02:52 |
| S331 | 11   | (quality adj factor) and (loop adj antenna)                 | EPO; JPO; DERWENT      | OR | ON  | 2013/03/02 02:59 |
| S332 | 321  | (quality adj factor) and (resonant adj frequency)           | EPO; JPO; DERWENT      | OR | ON  | 2013/03/02 03:08 |
| S333 | 265  | (quality adj factor) same (resonant adj frequency)          | EPO; JPO; DERWENT      | OR | ON  | 2013/03/02 03:08 |
| S334 | 1587 | (quality adj factor) same (resonant adj frequency)          | USPAT                  | OR | ON  | 2013/03/02 03:12 |
| S335 | 1    | ("20100207458").PN.                                         | US-PGPUB; USPAT        | OR | OFF | 2013/06/02 08:29 |
| S336 | 0    | S335 and dynamically                                        | USPAT                  | OR | OFF | 2013/06/02 08:34 |
| S337 | 0    | S335 and dynamic\$                                          | USPAT                  | OR | OFF | 2013/06/02 08:55 |
| S338 | 0    | S335 and intrinsic                                          | USPAT                  | OR | OFF | 2013/06/02 09:09 |
| S339 | 0    | S335 and dynamically                                        | US-PGPUB; USPAT        | OR | OFF | 2013/06/02 09:11 |
| S340 | 1    | S335 and intrinsic                                          | US-PGPUB; USPAT        | OR | OFF | 2013/06/02 09:11 |
| S341 | 0    | S335 and " high intrinsic"                                  | US-PGPUB; USPAT        | OR | OFF | 2013/06/02 09:13 |
| S342 | 1    | S335 and high                                               | US-PGPUB; USPAT        | OR | OFF | 2013/06/02 09:13 |
| S343 | 1    | S335 and rate                                               | US-PGPUB; USPAT        | OR | OFF | 2013/06/02 09:16 |
| S344 | 1    | ("20110089895").PN.                                         | US-PGPUB; USPAT; USOCR | OR | OFF | 2013/06/03 01:10 |
| S345 | 1    | S344 and repeater                                           | US-PGPUB; USPAT        | OR | OFF | 2013/06/03 01:10 |
| S346 | 1    | S344 and enhances                                           | US-PGPUB; USPAT        | OR | OFF | 2013/06/03 01:12 |
| S347 | 1    | S344 and "coupling mode region"                             | US-PGPUB; USPAT        | OR | OFF | 2013/06/03 01:13 |
| S348 | 0    | qualcom and "coupling mode region"                          | US-PGPUB; USPAT        | OR | OFF | 2013/06/03 01:14 |
| S349 | 0    | qualcom and (wireless same repeater same "near" same field) | US-PGPUB; USPAT        | OR | OFF | 2013/06/03 01:15 |
| S350 | 16   | qualcom and (wireless same repeater)                        | US-PGPUB; USPAT        | OR | OFF | 2013/06/03 01:15 |
| S351 | 6    | nigel and (wireless same repeater)                          | US-PGPUB; USPAT        | OR | OFF | 2013/06/03 01:16 |
| S352 | 1    | ("20090284218").PN.                                         | US-PGPUB; USPAT; USOCR | OR | OFF | 2013/06/03 01:20 |
| S353 | 1    | ("20090286470").PN.                                         | US-PGPUB; USPAT; USOCR | OR | OFF | 2013/06/03 01:23 |
| S354 | 2    | ((("20100207458") or                                        | US-PGPUB;              | OR | OFF | 2013/06/03       |

|      |       |                                                                                                                                                                          |                                                                            |    |     |                     |
|------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----|-----|---------------------|
|      |       | ("20110089895").PN.                                                                                                                                                      | USPAT                                                                      |    |     | 15:30               |
| S355 | 2     | ((("20090224856") or ("20110089895")).PN.                                                                                                                                | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2013/06/03<br>15:32 |
| S356 | 1     | ("20090286470").PN.                                                                                                                                                      | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2013/06/03<br>15:39 |
| S357 | 1     | S356 and (resonant or resonator)                                                                                                                                         | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | ON  | 2013/06/03<br>15:39 |
| S358 | 0     | S356 and q                                                                                                                                                               | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | ON  | 2013/06/03<br>15:57 |
| S359 | 66    | ("2274557"   "3694803"   "3723966"  <br>"3798642"   "3806905"   "3911434"  <br>"3990041"   "4067235"   "4074227"  <br>"4174515"   "4303910").PN. OR<br>("4450431").URPN. | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2013/06/03<br>17:03 |
| S360 | 11    | ("20040046663"   "20050086264"  <br>"20050178832"   "6236315"  <br>"6259369"   "6839035"  <br>"7005968").PN. OR<br>("7280045").URPN.                                     | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2013/06/03<br>17:20 |
| S361 | 36228 | (rfid or (rf adj2 id)) smae passive<br>same repeater                                                                                                                     | EPO; JPO;<br>DERWENT                                                       | OR | ON  | 2013/06/03<br>17:26 |
| S362 | 6     | (rfid or (rf adj2 id)) same passive<br>same repeater                                                                                                                     | EPO; JPO;<br>DERWENT                                                       | OR | ON  | 2013/06/03<br>17:26 |
| S363 | 11    | (rfid or (rf adj2 id)) near2 passive<br>near2 repeater                                                                                                                   | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | ON  | 2013/06/03<br>19:50 |
| S364 | 73    | (rfid or (rf adj2 id)) near2 repeater                                                                                                                                    | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | ON  | 2013/06/03<br>19:51 |
| S365 | 3     | ((("8097983") or ("7825543") or<br>("7741734")).PN.                                                                                                                      | USPAT;<br>USOCR                                                            | OR | OFF | 2013/06/03<br>20:13 |
| S366 | 3     | ((("8097983") or ("7825543") or<br>("7741734") or<br>("20110089895")).PN.                                                                                                | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2013/06/03<br>20:15 |
| S367 | 0     | S366 and repeater                                                                                                                                                        | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | ON  | 2013/06/03<br>20:16 |
| S368 | 4     | ((("8097983") or ("7825543") or<br>("7741734") or<br>("20110089895")).PN.                                                                                                | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2013/06/03<br>20:17 |
| S369 | 1     | S368 and repeater                                                                                                                                                        | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2013/06/03<br>20:17 |
| S370 | 0     | transponder same resonator                                                                                                                                               | EPO; JPO;<br>DERWENT                                                       | OR | OFF | 2013/06/05<br>09:37 |
| S371 | 64    | transponder same resonator                                                                                                                                               | EPO; JPO;<br>DERWENT                                                       | OR | ON  | 2013/06/05<br>09:37 |
| S372 | 103   | transponder near5 resonator                                                                                                                                              | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | ON  | 2013/06/05<br>09:45 |
| S373 | 36    | transponder same resonator same q                                                                                                                                        | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON  | 2013/06/05<br>09:50 |
| S374 | 36    | transponder same resonator same q<br>and resonator                                                                                                                       | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;                                              | OR | ON  | 2013/06/05<br>09:56 |

|      |     |                                                                                                                                      |                                                                            |    |     |                     |
|------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----|-----|---------------------|
|      |     |                                                                                                                                      | FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB                                  |    |     |                     |
| S375 | 7   | ("20030161511"   "20030200814"  <br>"20070176773"   "5443987"  <br>"5663072"   "6025725"  <br>"6204764").PN. OR<br>("7714593").URPN. | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2013/06/05<br>09:58 |
| S376 | 32  | rfid same resonator same q                                                                                                           | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON  | 2013/06/05<br>09:59 |
| S377 | 7   | rfid and resonator and q                                                                                                             | EPO; JPO;<br>DERWENT                                                       | OR | ON  | 2013/06/05<br>10:01 |
| S378 | 112 | tire and pressure and resonator                                                                                                      | EPO; JPO;<br>DERWENT                                                       | OR | ON  | 2013/06/05<br>10:02 |
| S379 | 1   | ("4450431").PN.                                                                                                                      | USPAT;<br>USOCR                                                            | OR | OFF | 2013/06/05<br>17:13 |
| S380 | 0   | S379 and resonator                                                                                                                   | USPAT                                                                      | OR | OFF | 2013/06/05<br>17:13 |
| S381 | 1   | S379 and resonant                                                                                                                    | USPAT                                                                      | OR | OFF | 2013/06/05<br>17:13 |
| S382 | 4   | ((("8097983") or ("7825543") or<br>("7741734") or<br>("20110089895")).PN.                                                            | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2013/06/11<br>08:29 |
| S383 | 4   | S382 and enhanc\$                                                                                                                    | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2013/06/11<br>08:29 |
| S384 | 1   | S382 and "loop inductor"                                                                                                             | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2013/06/11<br>09:05 |
| S385 | 2   | hochstein and tire and pressure and<br>"267,261"                                                                                     | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2013/06/11<br>10:28 |
| S386 | 6   | ("3662335"   "3806905"   "3858174"  <br>"4006449"   "4074227"  <br>"4174515").PN.                                                    | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2013/06/11<br>10:43 |
| S387 | 2   | ("2274557").PN.                                                                                                                      | USPAT;<br>USOCR                                                            | OR | OFF | 2013/06/11<br>10:49 |
| S388 | 3   | ((("2274557") or ("3723966")).PN.                                                                                                    | USPAT;<br>USOCR                                                            | OR | OFF | 2013/06/11<br>10:49 |
| S389 | 4   | (tire adj pressure) same resonant<br>same repeat\$                                                                                   | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | OFF | 2013/06/11<br>13:44 |
| S390 | 39  | (tire adj pressure) same resonant<br>same passive                                                                                    | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | OFF | 2013/06/11<br>13:52 |
| S391 | 2   | contactless same resonant same<br>repeater                                                                                           | US-PGPUB;<br>USPAT;                                                        | OR | ON  | 2013/06/11<br>13:54 |

|      |      |                                                                     |                                                                            |    |    |                     |
|------|------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----|----|---------------------|
|      |      |                                                                     | USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB                        |    |    |                     |
| S392 | 87   | wireless\$ same resonant same repeater                              | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON | 2013/06/11<br>13:54 |
| S393 | 1    | wireless\$ same resonant same extender                              | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON | 2013/06/11<br>13:56 |
| S394 | 2    | rfid same resonant same extender                                    | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON | 2013/06/11<br>13:56 |
| S395 | 5    | rfid same resonant same repeater                                    | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON | 2013/06/11<br>13:57 |
| S396 | 1    | rfid and resonant and repeater                                      | FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB                                  | OR | ON | 2013/06/11<br>13:58 |
| S397 | 0    | rfid and resonant and extender                                      | FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB                                  | OR | ON | 2013/06/11<br>13:58 |
| S398 | 6    | rfid and extender                                                   | FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB                                  | OR | ON | 2013/06/11<br>13:58 |
| S399 | 73   | rfid and booster                                                    | FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB                                  | OR | ON | 2013/06/11<br>14:01 |
| S400 | 14   | rfid and booster and range                                          | FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB                                  | OR | ON | 2013/06/11<br>14:01 |
| S401 | 176  | rfid and passive and range                                          | FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB                                  | OR | ON | 2013/06/11<br>14:02 |
| S402 | 1150 | rfid same range same (boost\$ or (extend or extender or extending)) | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;                                              | OR | ON | 2013/06/11<br>14:28 |

|      |     |                                                                                         |                                                                            |    |     |                     |
|------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----|-----|---------------------|
|      |     |                                                                                         | FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB                                  |    |     |                     |
| S403 | 814 | rfid same range same (extend or extender or extending)                                  | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON  | 2013/06/11<br>14:29 |
| S404 | 172 | rfid same range same (extend or extender or extending) same passive\$                   | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON  | 2013/06/11<br>14:29 |
| S405 | 7   | ("5379455"   "5600333"   "6107910"   "6137403"   "6223990"   "6278413"   "6359444").PN. | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2013/06/11<br>14:34 |
| S406 | 284 | rfid same range same improved same antenna                                              | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON  | 2013/06/11<br>14:37 |
| S407 | 1   | ("8097983").PN.                                                                         | USPAT;<br>USOCR                                                            | OR | OFF | 2013/06/12<br>00:16 |
| S408 | 1   | ("5053774").PN.                                                                         | USPAT;<br>USOCR                                                            | OR | OFF | 2013/06/12<br>00:40 |
| S409 | 97  | rfid same resonant same detun\$                                                         | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | OFF | 2013/06/12<br>01:44 |
| S410 | 97  | rfid same resonant same detun\$                                                         | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON  | 2013/06/12<br>01:44 |
| S411 | 76  | resonator same resonant same frequency same q same l same c                             | USPAT                                                                      | OR | OFF | 2013/06/12<br>16:27 |
| S412 | 148 | resonator same resonant same frequency same q same l same c                             | US-PGPUB                                                                   | OR | OFF | 2013/06/12<br>16:31 |
| S413 | 0   | rfid same resonant same frequency same q same l same c                                  | US-PGPUB                                                                   | OR | OFF | 2013/06/12<br>16:33 |
| S414 | 12  | transponder same resonant same frequency same q same l same c                           | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON  | 2013/06/12<br>17:19 |

|      |      |                                                                                           |                                                          |    |     |                  |
|------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----|-----|------------------|
| S415 | 112  | transponder same resonant same frequency same q                                           | US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB | OR | ON  | 2013/06/12 17:44 |
| S416 | 4206 | same c same resonant same frequency same q                                                | US-PGPUB; USPAT; USOCR; FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB | OR | ON  | 2013/06/12 17:52 |
| S417 | 19   | same c same resonant same frequency same q                                                | FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB                         | OR | ON  | 2013/06/12 17:52 |
| S418 | 1    | charger same resonant same frequency same q                                               | FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB                         | OR | ON  | 2013/06/12 17:54 |
| S419 | 47   | charger same resonant same frequency same q                                               | US-PGPUB; USPAT                                          | OR | ON  | 2013/06/12 17:55 |
| S420 | 429  | (resonant adj circuit) near5 resonator                                                    | USPAT                                                    | OR | ON  | 2013/06/12 18:58 |
| S421 | 51   | (resonant adj circuit) near5 resonator same q                                             | USPAT                                                    | OR | ON  | 2013/06/12 18:58 |
| S422 | 74   | ("3440633"   "4429314"   "4712070"   "5084699").PN. OR ("5373303").URPN.                  | US-PGPUB; USPAT; USOCR                                   | OR | OFF | 2013/06/12 19:03 |
| S423 | 56   | (resonant adj circuit) near5 resonator same LC                                            | USPAT                                                    | OR | ON  | 2013/06/12 19:06 |
| S424 | 2101 | (307/104).CCLS.                                                                           | US-PGPUB; USPAT                                          | OR | OFF | 2013/06/12 19:08 |
| S425 | 1298 | (320/108).CCLS.                                                                           | US-PGPUB; USPAT                                          | OR | OFF | 2013/06/12 19:08 |
| S426 | 1432 | S424 or S425                                                                              | USPAT                                                    | OR | OFF | 2013/06/12 19:09 |
| S427 | 62   | S426 and resonator                                                                        | USPAT                                                    | OR | OFF | 2013/06/12 19:09 |
| S428 | 1    | ("20100127575").PN.                                                                       | US-PGPUB; USPAT; USOCR                                   | OR | OFF | 2013/06/12 23:35 |
| S429 | 1    | S428 and resonator                                                                        | US-PGPUB; USPAT                                          | OR | ON  | 2013/06/12 23:35 |
| S430 | 35   | mouse and pad and (cordless or noncontact\$ or contactless\$ or inductive\$) and power    | EPO; JPO; DERWENT                                        | OR | ON  | 2013/09/30 13:26 |
| S431 | 19   | mouse same pad same (cordless or noncontact\$ or contactless\$ or inductive\$) same power | EPO; JPO; DERWENT                                        | OR | ON  | 2013/09/30 13:46 |
| S432 | 72   | mouse same pad same (cordless or noncontact\$ or contactless\$ or inductive\$) same power | US-PGPUB; USPAT                                          | OR | ON  | 2013/09/30 13:48 |
| S433 | 20   | ("20070090790"   "7518267"   "20070090790"   "20100109445"                                | US-PGPUB; USPAT                                          | OR | ON  | 2013/09/30 14:18 |

|      |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                    |    |     |                  |
|------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----|-----|------------------|
|      |     | "20080278112"   "7741734"  <br>"20100041332"   "7826873"  <br>"8013568"   "20090284083"  <br>"20100045114"   "7825543"  <br>"20080278264"   "20100289449"  <br>"20080278264"   "8339096"  <br>"20050134213"   "8040103"  <br>"20100148589"   "6008622"  <br>"20090237029"  <br>"20100127660").PN.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                    |    |     |                  |
| S434 | 8   | q same (resonant or resonance or resonator) same charging same ("near" adj field)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | US-PGPUB; USPAT                    | OR | ON  | 2013/09/30 14:24 |
| S435 | 5   | q and (resonant or resonance or resonator) and charging and ("near" adj field)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | EPO; JPO; DERWENT                  | OR | ON  | 2013/09/30 14:26 |
| S436 | 45  | q and (resonant or resonance or resonator) and ("near" adj field)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | EPO; JPO; DERWENT                  | OR | ON  | 2013/09/30 14:27 |
| S437 | 503 | q same (resonant or resonance or resonator) same ("near" adj field)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | US-PGPUB; USPAT                    | OR | ON  | 2013/09/30 14:28 |
| S438 | 296 | q same (resonant or resonance or resonator) same ("near" adj field) same power                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | US-PGPUB; USPAT                    | OR | ON  | 2013/09/30 14:29 |
| S439 | 854 | (q same (resonant or resonance or resonator) same power) and ("near" adj field)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | US-PGPUB; USPAT                    | OR | ON  | 2013/09/30 14:32 |
| S440 | 120 | q and (resonant or resonance or resonator) and transmitter and power                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | EPO; JPO; DERWENT                  | OR | ON  | 2013/09/30 15:07 |
| S441 | 23  | q same (resonant or resonance or resonator) same transmitter same power                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | EPO; JPO; DERWENT                  | OR | ON  | 2013/09/30 15:13 |
| S442 | 418 | q same (resonant or resonance or resonator) same transmitter same power                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | US-PGPUB; USPAT                    | OR | ON  | 2013/09/30 15:13 |
| S443 | 184 | (US-20030114769-\$ or US-20110281528-\$ or US-20090153273-\$ or US-20050206479-\$ or US-20050174197-\$ or US-20040037363-\$ or US-20090010028-\$ or US-20080197710-\$ or US-20070276538-\$ or US-20070267918-\$ or US-20070145830-\$ or US-20050288740-\$ or US-20050085873-\$ or US-20020105343-\$ or US-20020032471-\$ or US-20050288741-\$ or US-20040233043-\$ or US-20040032363-\$ or US-20040030260-\$ or US-20030130708-\$ or US-20070142872-\$ or US-20060025830-\$ or US-20040199212-\$ or US-20020097770-\$ or US-20090051224-\$ or US-20030135971-\$).did. or (US-20030124050-\$ or US-20030126948-\$ or US-20040263307-\$ or US-20050007067-\$ or US-20030210106-\$ or US-20050151511-\$ or US-20040189246-\$ or US-20020089305-\$ or US-20110285214-\$ or US-20110101790-\$ or US-20100066176-\$ | US-PGPUB; USPAT; EPO; JPO; DERWENT | OR | OFF | 2013/09/30 15:22 |

or US-20100036773-\$ or US-  
20100007307-\$ or US-20090174263-\$  
or US-20060071632-\$ or US-  
20100289449-\$ or US-20080001572-\$  
or US-20060012371-\$ or US-  
20050258966-\$ or US-20040000974-\$  
or US-20040134985-\$ or US-  
20080218314-\$ or US-20070241762-\$  
or US-20030137446-\$ or US-  
20020130778-\$ or US-20050237198-\$  
or US-20050104790-\$).did. or (US-  
20050275629-\$ or US-20040196262-\$  
or US-20040145567-\$ or US-  
20100127660-\$ or US-20040130425-\$  
).did. or (US-6047214-\$ or US-  
6307468-\$ or US-6483202-\$ or US-  
7994880-\$ or US-4654573-\$ or US-  
5367242-\$ or US-6430069-\$ or US-  
6906495-\$ or US-7521890-\$ or US-  
7599743-\$ or US-6009350-\$ or US-  
5630835-\$ or US-7622891-\$ or US-  
5519262-\$ or US-6561975-\$ or US-  
4516097-\$ or US-5455467-\$ or US-  
7825543-\$ or US-7741734-\$ or US-  
6307440-\$ or US-6217604-\$ or US-  
5057809-\$ or US-6170026-\$ or US-  
7084605-\$ or US-6844702-\$ or US-  
6184651-\$).did. or (US-5923544-\$ or  
US-4082097-\$ or US-7495414-\$ or  
US-5654621-\$ or US-5702431-\$ or  
US-5498948-\$ or US-5703461-\$ or  
US-5084699-\$ or US-4450431-\$ or  
US-4630044-\$ or US-5317330-\$ or  
US-5703573-\$ or US-8310108-\$ or  
US-6424820-\$ or US-4471343-\$ or  
US-5374930-\$ or US-5053774-\$ or  
US-5250944-\$ or US-5099227-\$ or  
US-4560445-\$ or US-5541604-\$ or  
US-5420579-\$ or US-5287112-\$ or  
US-6489745-\$ or US-4656472-\$ or  
US-7541930-\$ or US-7280045-\$).did.  
or (US-6839035-\$ or US-4588978-\$  
or US-2274557-\$ or US-5373303-\$ or  
US-5550536-\$ or US-5864323-\$ or  
US-5033295-\$ or US-7075435-\$ or  
US-6563425-\$ or US-6650227-\$ or  
US-7826873-\$ or US-7518267-\$ or  
US-6008622-\$ or US-3949388-\$ or  
US-6211799-\$ or US-4059801-\$).did.  
or (EP-1538558-\$ or WO-  
2004015885-\$ or EP-1434160-\$ or EP-  
558316-\$ or DE-3824972-\$ or EP-  
549832-\$ or DE-3941509-\$ or EP-  
849700-\$).did. or (JP-2002075736-\$  
or JP-2005026741-\$ or JP-  
2004206383-\$ or JP-2004206245-\$ or  
JP-11075329-\$ or JP-2008125127-\$  
or JP-02162222-\$).did. or (JP-  
11144962-\$ or JP-02097005-\$ or DE-  
20016655-\$ or DE-10221484-\$ or EP-  
1408456-\$ or EP-945829-\$ or US-  
7147604-\$ or KR-2004072581-\$ or  
US-20040127248-\$ or EP-1071038-\$  
or EP-1071039-\$ or JP-2000270501-\$

|      |         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                             |    |     |                     |
|------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----|-----|---------------------|
|      |         | or JP-11305848-\$ or DE-19651719-\$ or US-5374930-\$ or US-5287112-\$ or US-4802080-\$ or DE-10152863-\$ or DE-10152858-\$ or EP-473957-\$ or JP-11075329-\$ or JP-08126230-\$ or US-20050063488-\$ or US-5697076-\$ or DD-225565-\$ or US-20070145830-\$).did. or (WO-2007034421-\$ or WO-9811505-\$ or WO-9811504-\$ or US-4275377-\$ or US-4180795-\$ or FR-2896898-\$ or SG-112842-\$ or WO-2005055121-\$ or WO-0215112-\$ or US-20060061324-\$ or US-20050275629-\$ or US-20040189246-\$ or US-20030103039-\$ or JP-2001159948-\$ or JP-10260781-\$).did. |                                             |    |     |                     |
| S444 | 52841   | S443 and q or ("near" adj field)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT | OR | ON  | 2013/09/30<br>15:23 |
| S445 | 90      | S443 and (q or ("near" adj field))                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT | OR | ON  | 2013/09/30<br>15:23 |
| S446 | 2       | ((("20020070718") or ("20100164292")).PN.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | US-PGPUB                                    | OR | OFF | 2013/09/30<br>15:43 |
| S447 | 1       | ("7906871").PN.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | US-PGPUB;<br>USPAT                          | OR | OFF | 2013/09/30<br>15:45 |
| S448 | 1000    | (307/104).CCLS.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | USPAT                                       | OR | OFF | 2013/09/30<br>15:57 |
| S449 | 13      | S448 and fleming and young                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | USPAT                                       | OR | OFF | 2013/09/30<br>15:57 |
| S450 | 12      | ("20040046663"   "20050086264"   "20050178832"   "6236315"   "6259369"   "6839035"   "7005968").PN. OR ("7280045").URPN.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                | OR | OFF | 2013/09/30<br>16:22 |
| S451 | 28      | ("20020044058"   "20030043949"   "5168282"   "5285177"   "5420579"   "6069564"   "6118379"   "6147606"   "6278413"   "6281794"   "6396438"   "6400274"   "6480110"   "6516182").PN. OR ("6839035").URPN.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                | OR | OFF | 2013/09/30<br>16:23 |
| S452 | 14      | ("20070080804"   "6016409"   "6259369"   "6351621"   "6377764"   "6839035").PN. OR ("7504951").URPN.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                | OR | OFF | 2013/09/30<br>16:25 |
| S453 | 9       | ("20050162331"   "5270717"   "5580664"   "6480110"   "6839035"   "6924777"   "7119671"   "7126552"   "7439863").PN. OR ("7696884").URPN.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                | OR | OFF | 2013/09/30<br>16:26 |
| S454 | 30      | ("4737789"   "5057844").PN. OR ("5270717").URPN.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                | OR | OFF | 2013/09/30<br>16:29 |
| S455 | 95      | wireless\$ and powered and television                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | EPO; JPO;<br>DERWENT                        | OR | ON  | 2013/09/30<br>18:03 |
| S456 | 1577132 | wireless\$ said powered said television                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | US-PGPUB;                                   | OR | ON  | 2013/09/30          |

|      |         |                                                                                                         |                        |    |     |                  |
|------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----|-----|------------------|
|      |         |                                                                                                         | USPAT                  |    |     | 18:06            |
| S457 | 722     | wireless\$ same powered same television                                                                 | US-PGPUB; USPAT        | OR | ON  | 2013/09/30 18:07 |
| S458 | 129     | wireless\$ and powered and appliance                                                                    | EPO; JPO; DERWENT      | OR | ON  | 2013/09/30 18:10 |
| S459 | 20      | inductive\$ and powered and appliance                                                                   | EPO; JPO; DERWENT      | OR | ON  | 2013/09/30 18:12 |
| S460 | 81      | inductive\$ same powered same appliance                                                                 | US-PGPUB; USPAT        | OR | ON  | 2013/09/30 18:13 |
| S461 | 32      | ("2133494"   "2415688"   "3320512"   "3530499"   "3710062").PN. OR ("3761668").URPN.                    | US-PGPUB; USPAT; USOCR | OR | OFF | 2013/09/30 18:23 |
| S462 | 47      | ("2133494").URPN.                                                                                       | USPAT                  | OR | OFF | 2013/09/30 18:35 |
| S463 | 11      | inductive\$ and energiz\$ and appliance                                                                 | EPO; JPO; DERWENT      | OR | ON  | 2013/09/30 18:38 |
| S464 | 676     | (noncontact or (non adj contact) or contactless\$) and appliance                                        | EPO; JPO; DERWENT      | OR | ON  | 2013/09/30 18:40 |
| S465 | 4095392 | (noncontact or (non adj contact) or contactless\$) and appliance (power or energy)                      | EPO; JPO; DERWENT      | OR | ON  | 2013/09/30 18:40 |
| S466 | 213     | (noncontact or (non adj contact) or contactless\$) and appliance and (power or energy)                  | EPO; JPO; DERWENT      | OR | ON  | 2013/09/30 18:40 |
| S467 | 120     | (noncontact or (non adj contact) or contactless\$) and tv and (power or energy)                         | EPO; JPO; DERWENT      | OR | ON  | 2013/09/30 19:11 |
| S468 | 51      | (noncontact or (non adj contact) or contactless\$) same tv same (power or energy)                       | US-PGPUB; USPAT        | OR | ON  | 2013/09/30 19:14 |
| S469 | 14      | (noncontact or (non adj contact) or contactless\$) and desktop and (power or energy)                    | EPO; JPO; DERWENT      | OR | ON  | 2013/09/30 19:17 |
| S470 | 256     | (noncontact or (non adj contact) or contactless\$) and (desk or table) and (power or energy)            | EPO; JPO; DERWENT      | OR | ON  | 2013/09/30 19:18 |
| S471 | 1297    | (noncontact or (non adj contact) or contactless\$) and distance and (power or energy)                   | EPO; JPO; DERWENT      | OR | ON  | 2013/09/30 19:26 |
| S472 | 2368531 | (noncontact or (non adj contact) or contactless\$) and distance and (power or energy) separat\$         | EPO; JPO; DERWENT      | OR | ON  | 2013/09/30 19:26 |
| S473 | 104     | (noncontact or (non adj contact) or contactless\$) and distance and (power or energy) and separat\$     | EPO; JPO; DERWENT      | OR | ON  | 2013/09/30 19:26 |
| S474 | 30      | (noncontact or (non adj contact) or contactless\$) same distance same (power or energy) same separat\$  | EPO; JPO; DERWENT      | OR | ON  | 2013/09/30 19:36 |
| S475 | 322     | (noncontact or (non adj contact) or contactless\$) same distance same (power or energy) same separat\$  | US-PGPUB; USPAT        | OR | ON  | 2013/09/30 19:36 |
| S476 | 844     | (noncontact or (non adj contact) or contactless\$) same (desk or table or shelf) same (power or energy) | US-PGPUB; USPAT        | OR | ON  | 2013/09/30 19:41 |
| S477 | 361     | (noncontact or (non adj contact) or contactless\$) and distance and                                     | EPO; JPO; DERWENT      | OR | ON  | 2013/09/30 19:49 |

|      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                    |    |     |                  |
|------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----|-----|------------------|
|      |      | (power or energy) and transmission                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                    |    |     |                  |
| S478 | 1735 | (wireless\$ or inductive\$) and distance and (power or energy) and transmission                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | EPO; JPO; DERWENT                  | OR | ON  | 2013/09/30 19:57 |
| S479 | 75   | (wireless\$ or inductive\$) and distance and (power or energy) and transmission and meter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | EPO; JPO; DERWENT                  | OR | ON  | 2013/09/30 19:57 |
| S480 | 119  | (wireless\$ or inductive\$) and distance and (power or energy) and transmission and separat\$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | EPO; JPO; DERWENT                  | OR | ON  | 2013/09/30 19:58 |
| S481 | 1    | ("20120086867").PN.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | US-PGPUB; USPAT; USOCR             | OR | OFF | 2013/12/15 15:56 |
| S482 | 1    | S481 and television                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | US-PGPUB; USPAT                    | OR | OFF | 2013/12/15 15:57 |
| S483 | 21   | (wireless\$ or contactless\$ or noncontact or inductive\$) same powered same television                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | EPO; JPO; DERWENT                  | OR | OFF | 2013/12/15 15:58 |
| S484 | 659  | (wireless\$ or contactless\$ or noncontact or inductive\$) same powered same television                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | US-PGPUB; USPAT                    | OR | OFF | 2013/12/15 16:01 |
| S485 | 537  | (wireless\$ or contactless\$ or noncontact or inductive\$) same powered same (computer or display or monitor)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | EPO; JPO; DERWENT                  | OR | OFF | 2013/12/15 16:04 |
| S486 | 9    | ("20050162331"   "5270717"   "5580664"   "6480110"   "6839035"   "6924777"   "7119671"   "7126552"   "7439863").PN. OR ("7696884").URPN.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | US-PGPUB; USPAT; USOCR             | OR | OFF | 2013/12/15 16:42 |
| S487 | 3623 | q and (inductive or contactless or wireless) and (power adj supply)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | EPO; JPO; DERWENT                  | OR | ON  | 2013/12/15 17:04 |
| S488 | 45   | q and (inductive or contactless or wireless) and (power adj supply) and resonant                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | EPO; JPO; DERWENT                  | OR | ON  | 2013/12/15 17:05 |
| S489 | 197  | (US-20030114769-\$ or US-20110281528-\$ or US-20090153273-\$ or US-20050206479-\$ or US-20050174197-\$ or US-20040037363-\$ or US-20090010028-\$ or US-20080197710-\$ or US-20070276538-\$ or US-20070267918-\$ or US-20070145830-\$ or US-20050288740-\$ or US-20050085873-\$ or US-20020105343-\$ or US-20020032471-\$ or US-20050288741-\$ or US-20040233043-\$ or US-20040032363-\$ or US-20040030260-\$ or US-20030130708-\$ or US-20070142872-\$ or US-20060025830-\$ or US-20040199212-\$ or US-20020097770-\$ or US-20090051224-\$ or US-20030135971-\$).did. or (US-20030124050-\$ or US-20030126948-\$ or US-20040263307-\$ or US-20050007067-\$ or US-20030210106-\$ or US-20050151511-\$ or US-20040189246-\$ or US-20020089305-\$ or US-20110285214-\$ or US-20110101790-\$ or US-20100066176-\$ | US-PGPUB; USPAT; EPO; JPO; DERWENT | OR | OFF | 2013/12/15 17:44 |

or US-20100036773-\$ or US-20100007307-\$ or US-20090174263-\$ or US-20060071632-\$ or US-20100289449-\$ or US-20080001572-\$ or US-20060012371-\$ or US-20050258966-\$ or US-20040000974-\$ or US-20040134985-\$ or US-20080218314-\$ or US-20070241762-\$ or US-20030137446-\$ or US-20020130778-\$ or US-20050237198-\$ or US-20050104790-\$).did. or (US-20050275629-\$ or US-20040196262-\$ or US-20040145567-\$ or US-20100127660-\$ or US-20040130425-\$ or US-20120086867-\$).did. or (US-6047214-\$ or US-6307468-\$ or US-6483202-\$ or US-7994880-\$ or US-4654573-\$ or US-5367242-\$ or US-6430069-\$ or US-6906495-\$ or US-7521890-\$ or US-7599743-\$ or US-6009350-\$ or US-5630835-\$ or US-7622891-\$ or US-5519262-\$ or US-6561975-\$ or US-4516097-\$ or US-5455467-\$ or US-7825543-\$ or US-7741734-\$ or US-6307440-\$ or US-6217604-\$ or US-5057809-\$ or US-6170026-\$ or US-7084605-\$ or US-6844702-\$ or US-6184651-\$).did. or (US-5923544-\$ or US-4082097-\$ or US-7495414-\$ or US-5654621-\$ or US-5702431-\$ or US-5498948-\$ or US-5703461-\$ or US-5084699-\$ or US-4450431-\$ or US-4630044-\$ or US-5317330-\$ or US-5703573-\$ or US-8310108-\$ or US-6424820-\$ or US-4471343-\$ or US-5374930-\$ or US-5053774-\$ or US-5250944-\$ or US-5099227-\$ or US-4560445-\$ or US-5541604-\$ or US-5420579-\$ or US-5287112-\$ or US-6489745-\$ or US-4656472-\$ or US-7541930-\$ or US-7280045-\$).did. or (US-6839035-\$ or US-4588978-\$ or US-2274557-\$ or US-5373303-\$ or US-5550536-\$ or US-5864323-\$ or US-5033295-\$ or US-7075435-\$ or US-6563425-\$ or US-6650227-\$ or US-7826873-\$ or US-7518267-\$ or US-6008622-\$ or US-3949388-\$ or US-6211799-\$ or US-4059801-\$ or US-7696884-\$ or US-7504951-\$ or US-5270717-\$ or US-2133494-\$).did. or (EP-1538558-\$ or WO-2004015885-\$ or EP-1434160-\$ or EP-558316-\$ or DE-3824972-\$ or EP-549832-\$ or DE-3941509-\$ or EP-849700-\$ or WO-9827561-\$).did. or (JP-2002075736-\$ or JP-2005026741-\$ or JP-2004206383-\$ or JP-2004206245-\$ or JP-11075329-\$ or JP-2008125127-\$ or JP-02162222-\$ or JP-2004275417-\$ or JP-2002345104-\$).did. or (JP-11144962-\$ or JP-02097005-\$ or DE-20016655-\$ or DE-10221484-\$ or EP-1408456-\$

|      |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                             |    |     |                     |
|------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----|-----|---------------------|
|      |     | or EP-945829-\$ or US-7147604-\$ or KR-2004072581-\$ or US-20040127248-\$ or EP-1071038-\$ or EP-1071039-\$ or JP-2000270501-\$ or JP-11305848-\$ or DE-19651719-\$ or US-5374930-\$ or US-5287112-\$ or US-4802080-\$ or DE-10152863-\$ or DE-10152858-\$ or EP-473957-\$ or JP-11075329-\$ or JP-08126230-\$ or US-20050063488-\$ or US-5697076-\$ or DD-225565-\$ or US-20070145830-\$).did. or (WO-2007034421-\$ or WO-9811505-\$ or WO-9811504-\$ or US-4275377-\$ or US-4180795-\$ or FR-2896898-\$ or SG-112842-\$ or WO-2005055121-\$ or WO-0215112-\$ or US-20060061324-\$ or US-20050275629-\$ or US-20040189246-\$ or US-20030103039-\$ or JP-2001159948-\$ or JP-10260781-\$ or US-6331744-\$ or JP-09182323-\$ or DE-102011101478-\$ or US-20060176239-\$ or US-6803744-\$).did.                 |                                             |    |     |                     |
| S490 | 76  | S489 and q                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT | OR | OFF | 2013/12/15<br>17:45 |
| S491 | 21  | S489 and falls                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT | OR | OFF | 2013/12/15<br>18:03 |
| S492 | 1   | ("6047214").PN.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | USPAT;<br>USOCR                             | OR | OFF | 2013/12/15<br>19:14 |
| S493 | 1   | ("20120086867").PN.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                | OR | OFF | 2013/12/15<br>20:31 |
| S494 | 197 | (US-20030114769-\$ or US-20110281528-\$ or US-20090153273-\$ or US-20050206479-\$ or US-20050174197-\$ or US-20040037363-\$ or US-20090010028-\$ or US-20080197710-\$ or US-20070276538-\$ or US-20070267918-\$ or US-20070145830-\$ or US-20050288740-\$ or US-20050085873-\$ or US-20020105343-\$ or US-20020032471-\$ or US-20050288741-\$ or US-20040233043-\$ or US-20040032363-\$ or US-20040030260-\$ or US-20030130708-\$ or US-20070142872-\$ or US-20060025830-\$ or US-20040199212-\$ or US-20020097770-\$ or US-20090051224-\$ or US-20030135971-\$).did. or (US-20030124050-\$ or US-20030126948-\$ or US-20040263307-\$ or US-20050007067-\$ or US-20030210106-\$ or US-20050151511-\$ or US-20040189246-\$ or US-20020089305-\$ or US-20110285214-\$ or US-20110101790-\$ or US-20100066176-\$ | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT | OR | OFF | 2014/02/24<br>21:45 |

or US-20100036773-\$ or US-  
20100007307-\$ or US-20090174263-\$  
or US-20060071632-\$ or US-  
20100289449-\$ or US-20080001572-\$  
or US-20060012371-\$ or US-  
20050258966-\$ or US-20040000974-\$  
or US-20040134985-\$ or US-  
20080218314-\$ or US-20070241762-\$  
or US-20030137446-\$ or US-  
20020130778-\$ or US-20050237198-\$  
or US-20050104790-\$).did. or (US-  
20050275629-\$ or US-20040196262-\$  
or US-20040145567-\$ or US-  
20100127660-\$ or US-20040130425-\$  
or US-20120086867-\$).did. or (US-  
6047214-\$ or US-6307468-\$ or US-  
6483202-\$ or US-7994880-\$ or US-  
4654573-\$ or US-5367242-\$ or US-  
6430069-\$ or US-6906495-\$ or US-  
7521890-\$ or US-7599743-\$ or US-  
6009350-\$ or US-5630835-\$ or US-  
7622891-\$ or US-5519262-\$ or US-  
6561975-\$ or US-4516097-\$ or US-  
5455467-\$ or US-7825543-\$ or US-  
7741734-\$ or US-6307440-\$ or US-  
6217604-\$ or US-5057809-\$ or US-  
6170026-\$ or US-7084605-\$ or US-  
6844702-\$ or US-6184651-\$).did. or  
(US-5923544-\$ or US-4082097-\$ or  
US-7495414-\$ or US-5654621-\$ or  
US-5702431-\$ or US-5498948-\$ or  
US-5703461-\$ or US-5084699-\$ or  
US-4450431-\$ or US-4630044-\$ or  
US-5317330-\$ or US-5703573-\$ or  
US-8310108-\$ or US-6424820-\$ or  
US-4471343-\$ or US-5374930-\$ or  
US-5053774-\$ or US-5250944-\$ or  
US-5099227-\$ or US-4560445-\$ or  
US-5541604-\$ or US-5420579-\$ or  
US-5287112-\$ or US-6489745-\$ or  
US-4656472-\$ or US-7541930-\$ or  
US-7280045-\$).did. or (US-6839035-\$  
or US-4588978-\$ or US-2274557-\$ or  
US-5373303-\$ or US-5550536-\$ or  
US-5864323-\$ or US-5033295-\$ or  
US-7075435-\$ or US-6563425-\$ or  
US-6650227-\$ or US-7826873-\$ or  
US-7518267-\$ or US-6008622-\$ or  
US-3949388-\$ or US-6211799-\$ or  
US-4059801-\$ or US-7696884-\$ or  
US-7504951-\$ or US-5270717-\$ or  
US-2133494-\$).did. or (EP-1538558-\$  
or WO-2004015885-\$ or EP-1434160-  
\$ or EP-558316-\$ or DE-3824972-\$ or  
EP-549832-\$ or DE-3941509-\$ or EP-  
849700-\$ or WO-9827561-\$).did. or  
(JP-2002075736-\$ or JP-2005026741-  
\$ or JP-2004206383-\$ or JP-  
2004206245-\$ or JP-11075329-\$ or  
JP-2008125127-\$ or JP-02162222-\$  
or JP-2004275417-\$ or JP-  
2002345104-\$).did. or (JP-11144962-\$  
or JP-02097005-\$ or DE-20016655-\$  
or DE-10221484-\$ or EP-1408456-\$

|      |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                             |    |     |                     |
|------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----|-----|---------------------|
|      |     | or EP-945829-\$ or US-7147604-\$ or KR-2004072581-\$ or US-20040127248-\$ or EP-1071038-\$ or EP-1071039-\$ or JP-2000270501-\$ or JP-11305848-\$ or DE-19651719-\$ or US-5374930-\$ or US-5287112-\$ or US-4802080-\$ or DE-10152863-\$ or DE-10152858-\$ or EP-473957-\$ or JP-11075329-\$ or JP-08126230-\$ or US-20050063488-\$ or US-5697076-\$ or DD-225565-\$ or US-20070145830-\$).did. or (WO-2007034421-\$ or WO-9811505-\$ or WO-9811504-\$ or US-4275377-\$ or US-4180795-\$ or FR-2896898-\$ or SG-112842-\$ or WO-2005055121-\$ or WO-0215112-\$ or US-20060061324-\$ or US-20050275629-\$ or US-20040189246-\$ or US-20030103039-\$ or JP-2001159948-\$ or JP-10260781-\$ or US-6331744-\$ or JP-09182323-\$ or DE-102011101478-\$ or US-20060176239-\$ or US-6803744-\$).did.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                             |    |     |                     |
| S495 | 9   | S494 and litz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT | OR | OFF | 2014/02/24<br>21:45 |
| S496 | 197 | (US-20030114769-\$ or US-20110281528-\$ or US-20090153273-\$ or US-20050206479-\$ or US-20050174197-\$ or US-20040037363-\$ or US-20090010028-\$ or US-20080197710-\$ or US-20070276538-\$ or US-20070267918-\$ or US-20070145830-\$ or US-20050288740-\$ or US-20050085873-\$ or US-20020105343-\$ or US-20020032471-\$ or US-20050288741-\$ or US-20040233043-\$ or US-20040032363-\$ or US-20040030260-\$ or US-20030130708-\$ or US-20070142872-\$ or US-20060025830-\$ or US-20040199212-\$ or US-20020097770-\$ or US-20090051224-\$ or US-20030135971-\$).did. or (US-20030124050-\$ or US-20030126948-\$ or US-20040263307-\$ or US-20050007067-\$ or US-20030210106-\$ or US-20050151511-\$ or US-20040189246-\$ or US-20020089305-\$ or US-20110285214-\$ or US-20110101790-\$ or US-20100066176-\$ or US-20100036773-\$ or US-20100007307-\$ or US-20090174263-\$ or US-20060071632-\$ or US-20100289449-\$ or US-20080001572-\$ or US-20060012371-\$ or US-20050258966-\$ or US-20040000974-\$ or US-20040134985-\$ or US-20080218314-\$ or US-20070241762-\$ or US-20030137446-\$ or US-20020130778-\$ or US-20050237198-\$ or US-20050104790-\$).did. or (US- | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT | OR | OFF | 2014/02/25<br>16:53 |

20050275629-\$ or US-20040196262-\$  
or US-20040145567-\$ or US-  
20100127660-\$ or US-20040130425-\$  
or US-20120086867-\$).did. or (US-  
6047214-\$ or US-6307468-\$ or US-  
6483202-\$ or US-7994880-\$ or US-  
4654573-\$ or US-5367242-\$ or US-  
6430069-\$ or US-6906495-\$ or US-  
7521890-\$ or US-7599743-\$ or US-  
6009350-\$ or US-5630835-\$ or US-  
7622891-\$ or US-5519262-\$ or US-  
6561975-\$ or US-4516097-\$ or US-  
5455467-\$ or US-7825543-\$ or US-  
7741734-\$ or US-6307440-\$ or US-  
6217604-\$ or US-5057809-\$ or US-  
6170026-\$ or US-7084605-\$ or US-  
6844702-\$ or US-6184651-\$).did. or  
(US-5923544-\$ or US-4082097-\$ or  
US-7495414-\$ or US-5654621-\$ or  
US-5702431-\$ or US-5498948-\$ or  
US-5703461-\$ or US-5084699-\$ or  
US-4450431-\$ or US-4630044-\$ or  
US-5317330-\$ or US-5703573-\$ or  
US-8310108-\$ or US-6424820-\$ or  
US-4471343-\$ or US-5374930-\$ or  
US-5053774-\$ or US-5250944-\$ or  
US-5099227-\$ or US-4560445-\$ or  
US-5541604-\$ or US-5420579-\$ or  
US-5287112-\$ or US-6489745-\$ or  
US-4656472-\$ or US-7541930-\$ or  
US-7280045-\$).did. or (US-6839035-\$  
or US-4588978-\$ or US-2274557-\$ or  
US-5373303-\$ or US-5550536-\$ or  
US-5864323-\$ or US-5033295-\$ or  
US-7075435-\$ or US-6563425-\$ or  
US-6650227-\$ or US-7826873-\$ or  
US-7518267-\$ or US-6008622-\$ or  
US-3949388-\$ or US-6211799-\$ or  
US-4059801-\$ or US-7696884-\$ or  
US-7504951-\$ or US-5270717-\$ or  
US-2133494-\$).did. or (EP-1538558-\$  
or WO-2004015885-\$ or EP-1434160-\$  
or EP-558316-\$ or DE-3824972-\$ or  
EP-549832-\$ or DE-3941509-\$ or EP-  
849700-\$ or WO-9827561-\$).did. or  
(JP-2002075736-\$ or JP-2005026741-\$  
or JP-2004206383-\$ or JP-  
2004206245-\$ or JP-11075329-\$ or  
JP-2008125127-\$ or JP-02162222-\$  
or JP-2004275417-\$ or JP-  
2002345104-\$).did. or (JP-11144962-\$  
or JP-02097005-\$ or DE-20016655-\$  
or DE-10221484-\$ or EP-1408456-\$  
or EP-945829-\$ or US-7147604-\$ or  
KR-2004072581-\$ or US-  
20040127248-\$ or EP-1071038-\$ or  
EP-1071039-\$ or JP-2000270501-\$ or  
JP-11305848-\$ or DE-19651719-\$ or  
US-5374930-\$ or US-5287112-\$ or  
US-4802080-\$ or DE-10152863-\$ or  
DE-10152858-\$ or EP-473957-\$ or  
JP-11075329-\$ or JP-08126230-\$ or  
US-20050063488-\$ or US-5697076-\$  
or DD-225565-\$ or US-20070145830-

|      |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                             |    |     |                     |
|------|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----|-----|---------------------|
|      |     | \$.did. or (WO-2007034421-\$ or WO-9811505-\$ or WO-9811504-\$ or US-4275377-\$ or US-4180795-\$ or FR-2896898-\$ or SG-112842-\$ or WO-2005055121-\$ or WO-0215112-\$ or US-20060061324-\$ or US-20050275629-\$ or US-20040189246-\$ or US-20030103039-\$ or JP-2001159948-\$ or JP-10260781-\$ or US-6331744-\$ or JP-09182323-\$ or DE-102011101478-\$ or US-20060176239-\$ or US-6803744-\$).did.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                             |    |     |                     |
| S497 | 9   | S496 and litz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT | OR | OFF | 2014/02/25<br>16:53 |
| S498 | 0   | S497 and tire                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | USPAT                                       | OR | OFF | 2014/02/25<br>16:53 |
| S499 | 197 | (US-20030114769-\$ or US-20110281528-\$ or US-20090153273-\$ or US-20050206479-\$ or US-20050174197-\$ or US-20040037363-\$ or US-20090010028-\$ or US-20080197710-\$ or US-20070276538-\$ or US-20070267918-\$ or US-20070145830-\$ or US-20050288740-\$ or US-20050085873-\$ or US-20020105343-\$ or US-20020032471-\$ or US-20050288741-\$ or US-20040233043-\$ or US-20040032363-\$ or US-20040030260-\$ or US-20030130708-\$ or US-20070142872-\$ or US-20060025830-\$ or US-20040199212-\$ or US-20020097770-\$ or US-20090051224-\$ or US-20030135971-\$).did. or (US-20030124050-\$ or US-20030126948-\$ or US-20040263307-\$ or US-20050007067-\$ or US-20030210106-\$ or US-20050151511-\$ or US-20040189246-\$ or US-20020089305-\$ or US-20110285214-\$ or US-20110101790-\$ or US-20100066176-\$ or US-20100036773-\$ or US-20100007307-\$ or US-20090174263-\$ or US-20060071632-\$ or US-20100289449-\$ or US-20080001572-\$ or US-20060012371-\$ or US-20050258966-\$ or US-20040000974-\$ or US-20040134985-\$ or US-20080218314-\$ or US-20070241762-\$ or US-20030137446-\$ or US-20020130778-\$ or US-20050237198-\$ or US-20050104790-\$).did. or (US-20050275629-\$ or US-20040196262-\$ or US-20040145567-\$ or US-20100127660-\$ or US-20040130425-\$ or US-20120086867-\$).did. or (US-6047214-\$ or US-6307468-\$ or US-6483202-\$ or US-7994880-\$ or US-4654573-\$ or US-5367242-\$ or US-6430069-\$ or US-6906495-\$ or US- | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT | OR | OFF | 2014/02/25<br>16:53 |

7521890-\$ or US-7599743-\$ or US-6009350-\$ or US-5630835-\$ or US-7622891-\$ or US-5519262-\$ or US-6561975-\$ or US-4516097-\$ or US-5455467-\$ or US-7825543-\$ or US-7741734-\$ or US-6307440-\$ or US-6217604-\$ or US-5057809-\$ or US-6170026-\$ or US-7084605-\$ or US-6844702-\$ or US-6184651-\$.did. or (US-5923544-\$ or US-4082097-\$ or US-7495414-\$ or US-5654621-\$ or US-5702431-\$ or US-5498948-\$ or US-5703461-\$ or US-5084699-\$ or US-4450431-\$ or US-4630044-\$ or US-5317330-\$ or US-5703573-\$ or US-8310108-\$ or US-6424820-\$ or US-4471343-\$ or US-5374930-\$ or US-5053774-\$ or US-5250944-\$ or US-5099227-\$ or US-4560445-\$ or US-5541604-\$ or US-5420579-\$ or US-5287112-\$ or US-6489745-\$ or US-4656472-\$ or US-7541930-\$ or US-7280045-\$.did. or (US-6839035-\$ or US-4588978-\$ or US-2274557-\$ or US-5373303-\$ or US-5550536-\$ or US-5864323-\$ or US-5033295-\$ or US-7075435-\$ or US-6563425-\$ or US-6650227-\$ or US-7826873-\$ or US-7518267-\$ or US-6008622-\$ or US-3949388-\$ or US-6211799-\$ or US-4059801-\$ or US-7696884-\$ or US-7504951-\$ or US-5270717-\$ or US-2133494-\$.did. or (EP-1538558-\$ or WO-2004015885-\$ or EP-1434160-\$ or EP-558316-\$ or DE-3824972-\$ or EP-549832-\$ or DE-3941509-\$ or EP-849700-\$ or WO-9827561-\$.did. or (JP-2002075736-\$ or JP-2005026741-\$ or JP-2004206383-\$ or JP-2004206245-\$ or JP-11075329-\$ or JP-2008125127-\$ or JP-02162222-\$ or JP-2004275417-\$ or JP-2002345104-\$.did. or (JP-11144962-\$ or JP-02097005-\$ or DE-20016655-\$ or DE-10221484-\$ or EP-1408456-\$ or EP-945829-\$ or US-7147604-\$ or KR-2004072581-\$ or US-20040127248-\$ or EP-1071038-\$ or EP-1071039-\$ or JP-2000270501-\$ or JP-11305848-\$ or DE-19651719-\$ or US-5374930-\$ or US-5287112-\$ or US-4802080-\$ or DE-10152863-\$ or DE-10152858-\$ or EP-473957-\$ or JP-11075329-\$ or JP-08126230-\$ or US-20050063488-\$ or US-5697076-\$ or DD-225565-\$ or US-20070145830-\$.did. or (WO-2007034421-\$ or WO-9811505-\$ or WO-9811504-\$ or US-4275377-\$ or US-4180795-\$ or FR-2896898-\$ or SG-112842-\$ or WO-2005055121-\$ or WO-0215112-\$ or US-20060061324-\$ or US-20050275629-\$ or US-20040189246-\$ or US-20030103039-\$ or JP-

|      |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                    |    |     |                     |
|------|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----|-----|---------------------|
|      |        | 2001159948-\$ or JP-10260781-\$ or<br>US-6331744-\$ or JP-09182323-\$ or<br>DE-102011101478-\$ or US-<br>20060176239-\$ or US-6803744-<br>\$).did.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                    |    |     |                     |
| S500 | 4      | S499 and tire                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | USPAT              | OR | OFF | 2014/02/25<br>16:53 |
| S501 | 2634   | (307/104).CCLS.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | US-PGPUB;<br>USPAT | OR | OFF | 2014/05/05<br>06:31 |
| S502 | 94     | ("20020130642"   "20020167294"  <br>"20030071034"   "20030160590"  <br>"20040026998"   "20040130425"  <br>"20040142733"   "20040189246"  <br>"20040227057"   "20050021135"  <br>"20050033382"   "20050104453"  <br>"20050116683"   "20050140482"  <br>"20050189945"   "20050194926"  <br>"20050253152"   "20050288742"  <br>"20060001509"   "20060053296"  <br>"20060066443"   "20060164866"  <br>"20060184209"   "20060184210"  <br>"20060199620"   "20060214626"  <br>"20060219448"   "20060238365"  <br>"20060281435"   "20070010295"  <br>"20070013483"   "20070016089"  <br>"20070024246"   "20070069687"  <br>"20070096875"   "20070105429"  <br>"20070117596"   "20070126650"  <br>"20070176840"   "20070208263"  <br>"3780425"   "3871176"   "4095998"  <br>"4280129"   "5229652"   "5408209"  <br>"5522856"   "5541604"   "5565763"  <br>"5630835"   "5697956"   "5703461"  <br>"5710413"   "5742471"   "5821728"  <br>"5821731"   "5903134"   "5923544"  <br>"5940509"   "5957956"   "5959245"  <br>"5993996"   "6012659"   "6047214"  <br>"6066163"   "6067473"   "6108579"  <br>"6127799"   "6207887"   "6232841"  <br>"6238387"   "6252762"   "6473028"  <br>"6483202"   "6535133"   "6561975"  <br>"6609023"   "6631072"   "6683256"  <br>"6696647"   "6703921"   "6803744"  <br>"6858970"   "6961619"   "6967462"  <br>"6988026"   "7027311"   "7035076"  <br>"7084605"   "7127293"   "7193418"  <br>"7233137"   "7251527"  <br>"7288918").PN. | US-PGPUB;<br>USPAT | OR | OFF | 2014/05/05<br>06:32 |
| S503 | 106440 | ("20050027192"   "20050135122"  <br>"4588978"   "5033295"   "5864323"  <br>"6176433"   "6563425"   "6839035"  <br>"7443135"   "7545337"   "7863859"  <br>"8131378").PN"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | US-PGPUB;<br>USPAT | OR | OFF | 2014/05/05<br>06:33 |
| S504 | 12     | ("20050027192"   "20050135122"  <br>"4588978"   "5033295"   "5864323"  <br>"6176433"   "6563425"   "6839035"  <br>"7443135"   "7545337"   "7863859"  <br>"8131378").PN.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | US-PGPUB;<br>USPAT | OR | OFF | 2014/05/05<br>06:34 |
| S505 | 106    | S502 or S504                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | US-PGPUB;<br>USPAT | OR | OFF | 2014/05/05<br>06:34 |
| S507 | 94     | ("20020130642"   "20020167294"  <br>"20030071034"   "20030160590"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | US-PGPUB;<br>USPAT | OR | OFF | 2014/06/02<br>07:53 |

|      |      |                                                 |                    |    |     |                     |
|------|------|-------------------------------------------------|--------------------|----|-----|---------------------|
|      |      | "20040026998"   "20040130425"                   |                    |    |     |                     |
|      |      | "20040142733"   "20040189246"                   |                    |    |     |                     |
|      |      | "20040227057"   "20050021134"                   |                    |    |     |                     |
|      |      | "20050033382"   "20050104453"                   |                    |    |     |                     |
|      |      | "20050116683"   "20050140482"                   |                    |    |     |                     |
|      |      | "20050189945"   "20050194926"                   |                    |    |     |                     |
|      |      | "20050253152"   "20050288742"                   |                    |    |     |                     |
|      |      | "20060001509"   "20060053296"                   |                    |    |     |                     |
|      |      | "20060066443"   "20060164866"                   |                    |    |     |                     |
|      |      | "20060184209"   "20060184210"                   |                    |    |     |                     |
|      |      | "20060199620"   "20060214626"                   |                    |    |     |                     |
|      |      | "20060219448"   "20060238365"                   |                    |    |     |                     |
|      |      | "20060281435"   "20070010295"                   |                    |    |     |                     |
|      |      | "20070013483"   "20070016089"                   |                    |    |     |                     |
|      |      | "20070024246"   "20070069687"                   |                    |    |     |                     |
|      |      | "20070096875"   "20070105429"                   |                    |    |     |                     |
|      |      | "20070117596"   "20070126650"                   |                    |    |     |                     |
|      |      | "20070176840"   "20070208563"                   |                    |    |     |                     |
|      |      | "3780425"   "3871176"   "4095998"               |                    |    |     |                     |
|      |      | "4280129"   "5229652"   "5408209"               |                    |    |     |                     |
|      |      | "5522856"   "5541604"   "5565763"               |                    |    |     |                     |
|      |      | "5630835"   "5697956"   "5703461"               |                    |    |     |                     |
|      |      | "5710413"   "5742471"   "5821728"               |                    |    |     |                     |
|      |      | "5821731"   "5903134"   "5923544"               |                    |    |     |                     |
|      |      | "5940509"   "5959245"   "5959956"               |                    |    |     |                     |
|      |      | "5993996"   "6012659"   "6047214"               |                    |    |     |                     |
|      |      | "6066163"   "6067473"   "6108579"               |                    |    |     |                     |
|      |      | "6127799"   "6207887"   "6232841"               |                    |    |     |                     |
|      |      | "6238387"   "6252762"   "6473028"               |                    |    |     |                     |
|      |      | "6483202"   "6535133"   "6561975"               |                    |    |     |                     |
|      |      | "6609023"   "6631072"   "6683256"               |                    |    |     |                     |
|      |      | "6696647"   "6703921"   "6803744"               |                    |    |     |                     |
|      |      | "6858970"   "6961619"   "6967462"               |                    |    |     |                     |
|      |      | "6988026"   "7027311"   "7035076"               |                    |    |     |                     |
|      |      | "7084605"   "7127293"   "7193418"               |                    |    |     |                     |
|      |      | "7233137"   "7251527"                           |                    |    |     |                     |
|      |      | "7288918").PN.                                  |                    |    |     |                     |
| S508 | 0    | fleming and writricity and repeater             | USPAT              | OR | OFF | 2014/07/13<br>21:22 |
| S509 | 0    | fleming and fish and richardson and<br>repeater | USPAT              | OR | OFF | 2014/07/13<br>21:23 |
| S510 | 347  | fleming and fish and richardson                 | USPAT              | OR | OFF | 2014/07/13<br>21:23 |
| S511 | 14   | fleming and fish and richardson and<br>karalis  | USPAT              | OR | OFF | 2014/07/13<br>21:23 |
| S512 | 2922 | (307/104).CCLS.                                 | US-PGPUB;<br>USPAT | OR | OFF | 2014/09/26<br>18:49 |
| S513 | 38   | S512 and animal                                 | USPAT              | OR | OFF | 2014/09/26<br>18:49 |
| S514 | 154  | S512 and animal                                 | US-PGPUB;<br>USPAT | OR | OFF | 2014/09/26<br>18:50 |
| S515 | 1    | ("20070296393").PN.                             | US-PGPUB;<br>USPAT | OR | OFF | 2014/09/26<br>18:52 |
| S516 | 1    | ("20050125093").PN.                             | US-PGPUB;<br>USPAT | OR | OFF | 2015/03/07<br>23:35 |
| S517 | 1    | ("8760007").PN.                                 | USPAT;<br>USOCR    | OR | OFF | 2015/03/08<br>23:37 |
| S518 | 1    | ("8097983").PN.                                 | USPAT;<br>USOCR    | OR | OFF | 2015/03/08<br>23:55 |
| S519 | 2224 | (320/108).CCLS.                                 | US-PGPUB;          | OR | OFF | 2015/03/09          |

|      |      |                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                            |    |     |                     |
|------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----|-----|---------------------|
|      |      |                                                                                                                                                                                                                                                     | USPAT                                                                      |    |     | 04:38               |
| S520 | 3318 | (307/104).CCLS.                                                                                                                                                                                                                                     | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2015/03/09<br>04:38 |
| S521 | 6390 | h02j17/00.cpc.                                                                                                                                                                                                                                      | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | OFF | 2015/03/09<br>04:39 |
| S522 | 1921 | (307/104).CCLS.                                                                                                                                                                                                                                     | USPAT;<br>USOCR                                                            | OR | OFF | 2015/04/03<br>09:29 |
| S523 | 40   | S522 and fritz                                                                                                                                                                                                                                      | USPAT                                                                      | OR | OFF | 2015/04/03<br>09:29 |
| S524 | 0    | S522 and palladini                                                                                                                                                                                                                                  | USPAT                                                                      | OR | OFF | 2015/04/03<br>09:31 |
| S525 | 0    | S522 and pallidini                                                                                                                                                                                                                                  | USPAT                                                                      | OR | OFF | 2015/04/03<br>09:31 |
| S526 | 32   | S522 and albert                                                                                                                                                                                                                                     | USPAT                                                                      | OR | OFF | 2015/04/03<br>09:31 |
| S527 | 2015 | paladini near2 albert                                                                                                                                                                                                                               | USPAT                                                                      | OR | OFF | 2015/04/03<br>09:32 |
| S528 | 33   | S527 and (impedance adj matching)                                                                                                                                                                                                                   | USPAT                                                                      | OR | OFF | 2015/04/03<br>09:32 |
| S529 | 2275 | (320/108).CCLS.                                                                                                                                                                                                                                     | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2015/04/08<br>19:47 |
| S530 | 3360 | (307/104).CCLS.                                                                                                                                                                                                                                     | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2015/04/08<br>19:50 |
| S531 | 6547 | h02j17/00.cpc.                                                                                                                                                                                                                                      | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | OFF | 2015/04/08<br>19:53 |
| S535 | 1    | ("20150048676").PN.                                                                                                                                                                                                                                 | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2015/04/08<br>22:18 |
| S536 | 13   | ((("6262639") or ("0876008") or<br>("8766485") or ("8772971") or<br>("8772972") or ("8791599") or<br>("8836172") or ("20060044188") or<br>("20060164868") or ("20060284708")<br>or ("20120228960") or<br>("20130181541") or<br>("20140354071")).PN. | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2015/04/08<br>22:39 |
| S537 | 13   | ((("6262639") or ("8760008") or<br>("8766485") or ("8772971") or<br>("8772972") or ("8791599") or<br>("8836172") or ("20060044188") or<br>("20060164868") or ("20060284708")<br>or ("20120228960") or<br>("20130181541") or<br>("20140354071")).PN. | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2015/04/08<br>22:40 |
| S538 | 2    | ((("9065286") or ("8760007")).PN.                                                                                                                                                                                                                   | USPAT;<br>USOCR                                                            | OR | OFF | 2015/08/10<br>08:51 |
| S539 | 1948 | (307/104).CCLS.                                                                                                                                                                                                                                     | USPAT;<br>USOCR                                                            | OR | OFF | 2015/08/10<br>08:57 |

|      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                  |    |     |                     |
|------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----|-----|---------------------|
| S540 | 3571 | (307/104).CCLS.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | US-PGPUB;<br>USPAT                                               | OR | OFF | 2015/08/10<br>08:58 |
| S541 | 2443 | (320/108).CCLS.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | US-PGPUB;<br>USPAT                                               | OR | OFF | 2015/08/10<br>08:58 |
| S542 | 7808 | h02j17/00.cpc.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | OFF | 2015/08/10<br>08:59 |
| S543 | 3309 | h02j17/00.cpc.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB          | OR | OFF | 2015/08/10<br>08:59 |
| S544 | 4499 | h02j17/00.cpc.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | FPRS                                                             | OR | OFF | 2015/08/10<br>08:59 |
| S545 | 962  | S540 and vehicle                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | US-PGPUB;<br>USPAT                                               | OR | OFF | 2015/08/10<br>09:13 |
| S546 | 199  | (US-20030114769-\$ or US-<br>20110281528-\$ or US-20090153273-\$<br>or US-20050206479-\$ or US-<br>20050174197-\$ or US-20040037363-\$<br>or US-20090010028-\$ or US-<br>20080197710-\$ or US-20070276538-\$<br>or US-20070267918-\$ or US-<br>20070145830-\$ or US-20050288740-\$<br>or US-20050085873-\$ or US-<br>20020105343-\$ or US-20020032471-\$<br>or US-20050288741-\$ or US-<br>20040233043-\$ or US-20040032363-\$<br>or US-20040030260-\$ or US-<br>20030130708-\$ or US-20070142872-\$<br>or US-20060025830-\$ or US-<br>20040199212-\$ or US-20020097770-\$<br>or US-20090051224-\$ or US-<br>20030135971-\$).did. or (US-<br>20030124050-\$ or US-20030126948-\$<br>or US-20040263307-\$ or US-<br>20050007067-\$ or US-20030210106-\$<br>or US-20050151511-\$ or US-<br>20040189246-\$ or US-20020089305-\$<br>or US-20110285214-\$ or US-<br>20110101790-\$ or US-20100066176-\$<br>or US-20100036773-\$ or US-<br>20100007307-\$ or US-20090174263-\$<br>or US-20060071632-\$ or US-<br>20100289449-\$ or US-20080001572-\$<br>or US-20060012371-\$ or US-<br>20050258966-\$ or US-20040000974-\$<br>or US-20040134985-\$ or US-<br>20080218314-\$ or US-20070241762-\$<br>or US-20030137446-\$ or US-<br>20020130778-\$ or US-20050237198-\$<br>or US-20050104790-\$).did. or (US-<br>20050275629-\$ or US-20040196262-\$<br>or US-20040145567-\$ or US-<br>20100127660-\$ or US-20040130425-\$<br>or US-20120086867-\$ or US-<br>20050125093-\$ or US-20150048676-\$<br>).did. or (US-6047214-\$ or US-<br>6307468-\$ or US-6483202-\$ or US- | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT                      | OR | OFF | 2015/08/10<br>12:21 |

7994880-\$ or US-4654573-\$ or US-5367242-\$ or US-6430069-\$ or US-6906495-\$ or US-7521890-\$ or US-7599743-\$ or US-6009350-\$ or US-5630835-\$ or US-7622891-\$ or US-5519262-\$ or US-6561975-\$ or US-4516097-\$ or US-5455467-\$ or US-7825543-\$ or US-7741734-\$ or US-6307440-\$ or US-6217604-\$ or US-5057809-\$ or US-6170026-\$ or US-7084605-\$ or US-6844702-\$ or US-6184651-\$).did. or (US-5923544-\$ or US-4082097-\$ or US-7495414-\$ or US-5654621-\$ or US-5702431-\$ or US-5498948-\$ or US-5703461-\$ or US-5084699-\$ or US-4450431-\$ or US-4630044-\$ or US-5317330-\$ or US-5703573-\$ or US-8310108-\$ or US-6424820-\$ or US-4471343-\$ or US-5374930-\$ or US-5053774-\$ or US-5250944-\$ or US-5099227-\$ or US-4560445-\$ or US-5541604-\$ or US-5420579-\$ or US-5287112-\$ or US-6489745-\$ or US-4656472-\$ or US-7541930-\$ or US-7280045-\$).did. or (US-6839035-\$ or US-4588978-\$ or US-2274557-\$ or US-5373303-\$ or US-5550536-\$ or US-5864323-\$ or US-5033295-\$ or US-7075435-\$ or US-6563425-\$ or US-6650227-\$ or US-7826873-\$ or US-7518267-\$ or US-6008622-\$ or US-3949388-\$ or US-6211799-\$ or US-4059801-\$ or US-7696884-\$ or US-7504951-\$ or US-5270717-\$ or US-2133494-\$ or US-8097983-\$).did. or (EP-1538558-\$ or WO-2004015885-\$ or EP-1434160-\$ or EP-558316-\$ or DE-3824972-\$ or EP-549832-\$ or DE-3941509-\$ or EP-849700-\$ or WO-9827561-\$).did. or (JP-2002075736-\$ or JP-2005026741-\$ or JP-2004206383-\$ or JP-2004206245-\$ or JP-11075329-\$ or JP-2008125127-\$ or JP-02162222-\$ or JP-2004275417-\$ or JP-2002345104-\$).did. or (JP-11144962-\$ or JP-02097005-\$ or DE-20016655-\$ or DE-10221484-\$ or EP-1408456-\$ or EP-945829-\$ or US-7147604-\$ or KR-2004072581-\$ or US-20040127248-\$ or EP-1071038-\$ or EP-1071039-\$ or JP-2000270501-\$ or JP-11305848-\$ or DE-19651719-\$ or US-5374930-\$ or US-5287112-\$ or US-4802080-\$ or DE-10152863-\$ or DE-10152858-\$ or EP-473957-\$ or JP-11075329-\$ or JP-08126230-\$ or US-20050063488-\$ or US-5697076-\$ or DD-225565-\$ or US-20070145830-\$).did. or (WO-2007034421-\$ or WO-9811505-\$ or WO-9811504-\$ or US-4275377-\$ or US-4180795-\$ or FR-2896898-\$ or SG-112842-\$ or WO-2005055121-\$ or WO-0215112-\$ or

|      |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                            |    |     |                     |
|------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----|-----|---------------------|
|      |     | US-20060061324-\$ or US-20050275629-\$ or US-20040189246-\$ or US-20030103039-\$ or JP-2001159948-\$ or JP-10260781-\$ or US-6331744-\$ or JP-09182323-\$ or DE-102011101478-\$ or US-20060176239-\$ or US-6803744-\$).did.                                                                                                                                                                                                                            |                                                                            |    |     |                     |
| S547 | 0   | S546 and characteristic adj length                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON  | 2015/08/10<br>12:21 |
| S548 | 87  | S546 and characteristic                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON  | 2015/08/10<br>12:21 |
| S549 | 16  | S546 and characteristic.clm.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON  | 2015/08/10<br>12:21 |
| S550 | 1   | ("9065286").PN.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | USPAT;<br>USOCR                                                            | OR | OFF | 2015/08/10<br>12:36 |
| S551 | 1   | ("20150194818").PN.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2015/08/10<br>12:47 |
| S552 | 1   | S551 and breakdown                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2015/08/10<br>12:48 |
| S553 | 2   | ((("20150194818") or ("20130181541")).PN.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2015/08/10<br>12:49 |
| S554 | 3   | ((("20150194818") or ("20130181541") or ("8097983")).PN.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                                               | OR | OFF | 2015/08/10<br>12:52 |
| S555 | 3   | S554 and breakdown                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2015/08/10<br>12:54 |
| S556 | 3   | S554 and wp                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2015/08/10<br>12:54 |
| S557 | 199 | (US-20030114769-\$ or US-20110281528-\$ or US-20090153273-\$ or US-20050206479-\$ or US-20050174197-\$ or US-20040037363-\$ or US-20090010028-\$ or US-20080197710-\$ or US-20070276538-\$ or US-20070267918-\$ or US-20070145830-\$ or US-20050288740-\$ or US-20050085873-\$ or US-20020105343-\$ or US-20020032471-\$ or US-20050288741-\$ or US-20040233043-\$ or US-20040032363-\$ or US-20040030260-\$ or US-20030130708-\$ or US-20070142872-\$ | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT                                | OR | OFF | 2015/09/15<br>23:02 |

or US-20060025830-\$ or US-  
20040199212-\$ or US-20020097770-\$  
or US-20090051224-\$ or US-  
20030135971-\$).did. or (US-  
20030124050-\$ or US-20030126948-\$  
or US-20040263307-\$ or US-  
20050007067-\$ or US-20030210106-\$  
or US-20050151511-\$ or US-  
20040189246-\$ or US-20020089305-\$  
or US-20110285214-\$ or US-  
20110101790-\$ or US-20100066176-\$  
or US-20100036773-\$ or US-  
20100007307-\$ or US-20090174263-\$  
or US-20060071632-\$ or US-  
20100289449-\$ or US-20080001572-\$  
or US-20060012371-\$ or US-  
20050258966-\$ or US-20040000974-\$  
or US-20040134985-\$ or US-  
20080218314-\$ or US-20070241762-\$  
or US-20030137446-\$ or US-  
20020130778-\$ or US-20050237198-\$  
or US-20050104790-\$).did. or (US-  
20050275629-\$ or US-20040196262-\$  
or US-20040145567-\$ or US-  
20100127660-\$ or US-20040130425-\$  
or US-20120086867-\$ or US-  
20050125093-\$ or US-20150048676-\$  
).did. or (US-6047214-\$ or US-  
6307468-\$ or US-6483202-\$ or US-  
7994880-\$ or US-4654573-\$ or US-  
5367242-\$ or US-6430069-\$ or US-  
6906495-\$ or US-7521890-\$ or US-  
7599743-\$ or US-6009350-\$ or US-  
5630835-\$ or US-7622891-\$ or US-  
5519262-\$ or US-6561975-\$ or US-  
4516097-\$ or US-5455467-\$ or US-  
7825543-\$ or US-7741734-\$ or US-  
6307440-\$ or US-6217604-\$ or US-  
5057809-\$ or US-6170026-\$ or US-  
7084605-\$ or US-6844702-\$ or US-  
6184651-\$).did. or (US-5923544-\$ or  
US-4082097-\$ or US-7495414-\$ or  
US-5654621-\$ or US-5702431-\$ or  
US-5498948-\$ or US-5703461-\$ or  
US-5084699-\$ or US-4450431-\$ or  
US-4630044-\$ or US-5317330-\$ or  
US-5703573-\$ or US-8310108-\$ or  
US-6424820-\$ or US-4471343-\$ or  
US-5374930-\$ or US-5053774-\$ or  
US-5250944-\$ or US-5099227-\$ or  
US-4560445-\$ or US-5541604-\$ or  
US-5420579-\$ or US-5287112-\$ or  
US-6489745-\$ or US-4656472-\$ or  
US-7541930-\$ or US-7280045-\$).did.  
or (US-6839035-\$ or US-4588978-\$  
or US-2274557-\$ or US-5373303-\$ or  
US-5550536-\$ or US-5864323-\$ or  
US-5033295-\$ or US-7075435-\$ or  
US-6563425-\$ or US-6650227-\$ or  
US-7826873-\$ or US-7518267-\$ or  
US-6008622-\$ or US-3949388-\$ or  
US-6211799-\$ or US-4059801-\$ or  
US-7696884-\$ or US-7504951-\$ or  
US-5270717-\$ or US-2133494-\$ or

|      |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                             |    |     |                     |
|------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----|-----|---------------------|
|      |     | US-8097983-\$).did. or (EP-1538558-\$ or WO-2004015885-\$ or EP-1434160-\$ or EP-558316-\$ or DE-3824972-\$ or EP-549832-\$ or DE-3941509-\$ or EP-849700-\$ or WO-9827561-\$).did. or (JP-2002075736-\$ or JP-2005026741-\$ or JP-2004206383-\$ or JP-2004206245-\$ or JP-11075329-\$ or JP-2008125127-\$ or JP-02162222-\$ or JP-2004275417-\$ or JP-2002345104-\$).did. or (JP-11144962-\$ or JP-02097005-\$ or DE-20016655-\$ or DE-10221484-\$ or EP-1408456-\$ or EP-945829-\$ or US-7147604-\$ or KR-2004072581-\$ or US-20040127248-\$ or EP-1071038-\$ or EP-1071039-\$ or JP-2000270501-\$ or JP-11305848-\$ or DE-19651719-\$ or US-5374930-\$ or US-5287112-\$ or US-4802080-\$ or DE-10152863-\$ or DE-10152858-\$ or EP-473957-\$ or JP-11075329-\$ or JP-08126230-\$ or US-20050063488-\$ or US-5697076-\$ or DD-225565-\$ or US-20070145830-\$).did. or (WO-2007034421-\$ or WO-9811505-\$ or WO-9811504-\$ or US-4275377-\$ or US-4180795-\$ or FR-2896898-\$ or SG-112842-\$ or WO-2005055121-\$ or WO-0215112-\$ or US-20060061324-\$ or US-20050275629-\$ or US-20040189246-\$ or US-20030103039-\$ or JP-2001159948-\$ or JP-10260781-\$ or US-6331744-\$ or JP-09182323-\$ or DE-102011101478-\$ or US-20060176239-\$ or US-6803744-\$).did. |                                             |    |     |                     |
| S558 | 2   | S557 and kikuchi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | US-PGPUB;<br>USPAT                          | OR | OFF | 2015/09/15<br>23:05 |
| S559 | 1   | ("8760007").PN.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | USPAT;<br>USOCR                             | OR | OFF | 2015/09/16<br>13:32 |
| S560 | 18  | ("20070080804"   "6016409"   "6259369"   "6351621"   "6377764"   "6839035").PN. OR ("7504951").URPN.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                | OR | OFF | 2015/10/02<br>16:12 |
| S561 | 68  | ("20020044058"   "20030043949"   "5168282"   "5285177"   "5420579"   "6069564"   "6118379"   "6147606"   "6278413"   "6281794"   "6396438"   "6400274"   "6480110"   "6516182").PN. OR ("6839035").URPN.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR                | OR | OFF | 2015/10/02<br>16:13 |
| S562 | 1   | ("5367242").PN.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | USPAT;<br>USOCR                             | OR | OFF | 2015/10/02<br>17:18 |
| S563 | 199 | (US-20030114769-\$ or US-20110281528-\$ or US-20090153273-\$ or US-20050206479-\$ or US-20050174197-\$ or US-20040037363-\$ or US-20090010028-\$ or US-20080197710-\$ or US-20070276538-\$ or US-20070267918-\$ or US-20070145830-\$ or US-20050288740-\$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT | OR | OFF | 2015/10/02<br>22:10 |

or US-20050085873-\$ or US-  
20020105343-\$ or US-20020032471-\$  
or US-20050288741-\$ or US-  
20040233043-\$ or US-20040032363-\$  
or US-20040030260-\$ or US-  
20030130708-\$ or US-20070142872-\$  
or US-20060025830-\$ or US-  
20040199212-\$ or US-20020097770-\$  
or US-20090051224-\$ or US-  
20030135971-\$).did. or (US-  
20030124050-\$ or US-20030126948-\$  
or US-20040263307-\$ or US-  
20050007067-\$ or US-20030210106-\$  
or US-20050151511-\$ or US-  
20040189246-\$ or US-20020089305-\$  
or US-20110285214-\$ or US-  
20110101790-\$ or US-20100066176-\$  
or US-20100036773-\$ or US-  
20100007307-\$ or US-20090174263-\$  
or US-20060071632-\$ or US-  
20100289449-\$ or US-20080001572-\$  
or US-20060012371-\$ or US-  
20050258966-\$ or US-20040000974-\$  
or US-20040134985-\$ or US-  
20080218314-\$ or US-20070241762-\$  
or US-20030137446-\$ or US-  
20020130778-\$ or US-20050237198-\$  
or US-20050104790-\$).did. or (US-  
20050275629-\$ or US-20040196262-\$  
or US-20040145567-\$ or US-  
20100127660-\$ or US-20040130425-\$  
or US-20120086867-\$ or US-  
20050125093-\$ or US-20150048676-\$  
).did. or (US-6047214-\$ or US-  
6307468-\$ or US-6483202-\$ or US-  
7994880-\$ or US-4654573-\$ or US-  
5367242-\$ or US-6430069-\$ or US-  
6906495-\$ or US-7521890-\$ or US-  
7599743-\$ or US-6009350-\$ or US-  
5630835-\$ or US-7622891-\$ or US-  
5519262-\$ or US-6561975-\$ or US-  
4516097-\$ or US-5455467-\$ or US-  
7825543-\$ or US-7741734-\$ or US-  
6307440-\$ or US-6217604-\$ or US-  
5057809-\$ or US-6170026-\$ or US-  
7084605-\$ or US-6844702-\$ or US-  
6184651-\$).did. or (US-5923544-\$ or  
US-4082097-\$ or US-7495414-\$ or  
US-5654621-\$ or US-5702431-\$ or  
US-5498948-\$ or US-5703461-\$ or  
US-5084699-\$ or US-4450431-\$ or  
US-4630044-\$ or US-5317330-\$ or  
US-5703573-\$ or US-8310108-\$ or  
US-6424820-\$ or US-4471343-\$ or  
US-5374930-\$ or US-5053774-\$ or  
US-5250944-\$ or US-5099227-\$ or  
US-4560445-\$ or US-5541604-\$ or  
US-5420579-\$ or US-5287112-\$ or  
US-6489745-\$ or US-4656472-\$ or  
US-7541930-\$ or US-7280045-\$).did.  
or (US-6839035-\$ or US-4588978-\$  
or US-2274557-\$ or US-5373303-\$ or  
US-5550536-\$ or US-5864323-\$ or  
US-5033295-\$ or US-7075435-\$ or

|      |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                            |    |     |                     |
|------|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----|-----|---------------------|
|      |    | US-6563425-\$ or US-6650227-\$ or US-7826873-\$ or US-7518267-\$ or US-6008622-\$ or US-3949388-\$ or US-6211799-\$ or US-4059801-\$ or US-7696884-\$ or US-7504951-\$ or US-5270717-\$ or US-2133494-\$ or US-8097983-\$).did. or (EP-1538558-\$ or WO-2004015885-\$ or EP-1434160-\$ or EP-558316-\$ or DE-3824972-\$ or EP-549832-\$ or DE-3941509-\$ or EP-849700-\$ or WO-9827561-\$).did. or (JP-2002075736-\$ or JP-2005026741-\$ or JP-2004206383-\$ or JP-2004206245-\$ or JP-11075329-\$ or JP-2008125127-\$ or JP-02162222-\$ or JP-2004275417-\$ or JP-2002345104-\$).did. or (JP-11144962-\$ or JP-02097005-\$ or DE-20016655-\$ or DE-10221484-\$ or EP-1408456-\$ or EP-945829-\$ or US-7147604-\$ or KR-2004072581-\$ or US-20040127248-\$ or EP-1071038-\$ or EP-1071039-\$ or JP-2000270501-\$ or JP-11305848-\$ or DE-19651719-\$ or US-5374930-\$ or US-5287112-\$ or US-4802080-\$ or DE-10152863-\$ or DE-10152858-\$ or EP-473957-\$ or JP-11075329-\$ or JP-08126230-\$ or US-20050063488-\$ or US-5697076-\$ or DD-225565-\$ or US-20070145830-\$).did. or (WO-2007034421-\$ or WO-9811505-\$ or WO-9811504-\$ or US-4275377-\$ or US-4180795-\$ or FR-2896898-\$ or SG-112842-\$ or WO-2005055121-\$ or WO-0215112-\$ or US-20060061324-\$ or US-20050275629-\$ or US-20040189246-\$ or US-20030103039-\$ or JP-2001159948-\$ or JP-10260781-\$ or US-6331744-\$ or JP-09182323-\$ or DE-102011101478-\$ or US-20060176239-\$ or US-6803744-\$).did. |                                                                            |    |     |                     |
| S564 | 48 | S563 and (coil same capacitance)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | ON  | 2015/10/02<br>22:10 |
| S565 | 1  | ("6533178").PN.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | USPAT;<br>USOCR                                                            | OR | OFF | 2015/10/09<br>16:34 |
| S566 | 12 | ("20060044188"   "20060164868"   "20060284708"   "20120228960"   "20140354071"   "6262639"   "8361272"   "8760008"   "8766485"   "8772971"   "8772972"   "8791599").PN.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2015/10/09<br>16:43 |
| S567 | 2  | ("6407470"   "9065286").PN.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2015/10/09<br>16:43 |
| S568 | 14 | S566 or S567                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2015/10/09<br>16:43 |

|      |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                             |    |     |                     |
|------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----|-----|---------------------|
| S569 | 2   | (intrinsic same loss same rate same quality same coupling).clm.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | US-PGPUB;<br>USPAT                          | OR | OFF | 2015/10/09<br>18:34 |
| S570 | 2   | (intrinsic same loss same rate same quality same coupling).clm.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | US-PGPUB;<br>USPAT                          | OR | ON  | 2015/10/09<br>18:34 |
| S571 | 2   | (intrinsic same loss same rate same quality same coefficient).clm.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | US-PGPUB;<br>USPAT                          | OR | ON  | 2015/10/09<br>18:35 |
| S572 | 13  | (intrinsic same loss same rate same quality).clm.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | US-PGPUB;<br>USPAT                          | OR | ON  | 2015/10/09<br>18:36 |
| S573 | 5   | (work adj drainage adj rate).clm.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | US-PGPUB;<br>USPAT                          | OR | ON  | 2015/10/09<br>19:01 |
| S574 | 123 | (work adj drainage adj rate)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | US-PGPUB;<br>USPAT                          | OR | ON  | 2015/10/09<br>19:02 |
| S575 | 202 | (US-20030114769-\$ or US-20110281528-\$ or US-20090153273-\$ or US-20050206479-\$ or US-20050174197-\$ or US-20040037363-\$ or US-20090010028-\$ or US-20080197710-\$ or US-20070276538-\$ or US-20070267918-\$ or US-20070145830-\$ or US-20050288740-\$ or US-20050085873-\$ or US-20020105343-\$ or US-20020032471-\$ or US-20050288741-\$ or US-20040233043-\$ or US-20040032363-\$ or US-20040030260-\$ or US-20030130708-\$ or US-20070142872-\$ or US-20060025830-\$ or US-20040199212-\$ or US-20020097770-\$ or US-20090051224-\$ or US-20030135971-\$).did. or (US-20030124050-\$ or US-20030126948-\$ or US-20040263307-\$ or US-20050007067-\$ or US-20030210106-\$ or US-20050151511-\$ or US-20040189246-\$ or US-20020089305-\$ or US-20110285214-\$ or US-20110101790-\$ or US-20100066176-\$ or US-20100036773-\$ or US-20100007307-\$ or US-20090174263-\$ or US-20060071632-\$ or US-20100289449-\$ or US-20080001572-\$ or US-20060012371-\$ or US-20050258966-\$ or US-20040000974-\$ or US-20040134985-\$ or US-20080218314-\$ or US-20070241762-\$ or US-20030137446-\$ or US-20020130778-\$ or US-20050237198-\$ or US-20050104790-\$).did. or (US-20050275629-\$ or US-20040196262-\$ or US-20040145567-\$ or US-20100127660-\$ or US-20040130425-\$ or US-20120086867-\$ or US-20050125093-\$ or US-20150048676-\$ or US-20150188321-\$).did. or (US-6047214-\$ or US-6307468-\$ or US-6483202-\$ or US-7994880-\$ or US-4654573-\$ or US-5367242-\$ or US-6430069-\$ or US-6906495-\$ or US-7521890-\$ or US-7599743-\$ or US-6009350-\$ or US-5630835-\$ or US-7622891-\$ or US-5519262-\$ or US-6561975-\$ or US-4516097-\$ or US- | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT | OR | OFF | 2015/10/09<br>19:49 |

5455467-\$ or US-7825543-\$ or US-7741734-\$ or US-6307440-\$ or US-6217604-\$ or US-5057809-\$ or US-6170026-\$ or US-7084605-\$ or US-6844702-\$ or US-6184651-\$).did. or (US-5923544-\$ or US-4082097-\$ or US-7495414-\$ or US-5654621-\$ or US-5702431-\$ or US-5498948-\$ or US-5703461-\$ or US-5084699-\$ or US-4450431-\$ or US-4630044-\$ or US-5317330-\$ or US-5703573-\$ or US-8310108-\$ or US-6424820-\$ or US-4471343-\$ or US-5374930-\$ or US-5053774-\$ or US-5250944-\$ or US-5099227-\$ or US-4560445-\$ or US-5541604-\$ or US-5420579-\$ or US-5287112-\$ or US-6489745-\$ or US-4656472-\$ or US-7541930-\$ or US-7280045-\$).did. or (US-6839035-\$ or US-4588978-\$ or US-2274557-\$ or US-5373303-\$ or US-5550536-\$ or US-5864323-\$ or US-5033295-\$ or US-7075435-\$ or US-6563425-\$ or US-6650227-\$ or US-7826873-\$ or US-7518267-\$ or US-6008622-\$ or US-3949388-\$ or US-6211799-\$ or US-4059801-\$ or US-7696884-\$ or US-7504951-\$ or US-5270717-\$ or US-2133494-\$ or US-8097983-\$ or US-6533178-\$ or US-9065286-\$).did. or (EP-1538558-\$ or WO-2004015885-\$ or EP-1434160-\$ or EP-558316-\$ or DE-3824972-\$ or EP-549832-\$ or DE-3941509-\$ or EP-849700-\$ or WO-9827561-\$).did. or (JP-2002075736-\$ or JP-2005026741-\$ or JP-2004206383-\$ or JP-2004206245-\$ or JP-11075329-\$ or JP-2008125127-\$ or JP-02162222-\$ or JP-2004275417-\$ or JP-2002345104-\$).did. or (JP-11144962-\$ or JP-02097005-\$ or DE-20016655-\$ or DE-10221484-\$ or EP-1408456-\$ or EP-945829-\$ or US-7147604-\$ or KR-2004072581-\$ or US-20040127248-\$ or EP-1071038-\$ or EP-1071039-\$ or JP-2000270501-\$ or JP-11305848-\$ or DE-19651719-\$ or US-5374930-\$ or US-5287112-\$ or US-4802080-\$ or DE-10152863-\$ or DE-10152858-\$ or EP-473957-\$ or JP-11075329-\$ or JP-08126230-\$ or US-20050063488-\$ or US-5697076-\$ or DD-225565-\$ or US-20070145830-\$).did. or (WO-2007034421-\$ or WO-9811505-\$ or WO-9811504-\$ or US-4275377-\$ or US-4180795-\$ or FR-2896898-\$ or SG-112842-\$ or WO-2005055121-\$ or WO-0215112-\$ or US-20060061324-\$ or US-20050275629-\$ or US-20040189246-\$ or US-20030103039-\$ or JP-2001159948-\$ or JP-10260781-\$ or US-6331744-\$ or JP-09182323-\$ or

|      |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                            |    |     |                     |
|------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----|-----|---------------------|
|      |     | DE-102011101478-\$ or US-20060176239-\$ or US-6803744-\$).did.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                            |    |     |                     |
| S576 | 21  | S575 and (coupling adj coefficient)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | OFF | 2015/10/09<br>19:50 |
| S577 | 1   | ("20130181541").PN.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | US-PGPUB;<br>USPAT                                                         | OR | OFF | 2015/10/10<br>13:46 |
| S578 | 202 | (US-20030114769-\$ or US-20110281528-\$ or US-20090153273-\$ or US-20050206479-\$ or US-20050174197-\$ or US-20040037363-\$ or US-20090010028-\$ or US-20080197710-\$ or US-20070276538-\$ or US-20070267918-\$ or US-20070145830-\$ or US-20050288740-\$ or US-20050085873-\$ or US-20020105343-\$ or US-20020032471-\$ or US-20050288741-\$ or US-20040233043-\$ or US-20040032363-\$ or US-20040030260-\$ or US-20030130708-\$ or US-20070142872-\$ or US-20060025830-\$ or US-20040199212-\$ or US-20020097770-\$ or US-20090051224-\$ or US-20030135971-\$).did. or (US-20030124050-\$ or US-20030126948-\$ or US-20040263307-\$ or US-20050007067-\$ or US-20030210106-\$ or US-20050151511-\$ or US-20040189246-\$ or US-20020089305-\$ or US-20110285214-\$ or US-20110101790-\$ or US-20100066176-\$ or US-20100036773-\$ or US-20100007307-\$ or US-20090174263-\$ or US-20060071632-\$ or US-20100289449-\$ or US-20080001572-\$ or US-20060012371-\$ or US-20050258966-\$ or US-20040000974-\$ or US-20040134985-\$ or US-20080218314-\$ or US-20070241762-\$ or US-20030137446-\$ or US-20020130778-\$ or US-20050237198-\$ or US-20050104790-\$).did. or (US-20050275629-\$ or US-20040196262-\$ or US-20040145567-\$ or US-20100127660-\$ or US-20040130425-\$ or US-20120086867-\$ or US-20050125093-\$ or US-20150048676-\$ or US-20150188321-\$).did. or (US-6047214-\$ or US-6307468-\$ or US-6483202-\$ or US-7994880-\$ or US-4654573-\$ or US-5367242-\$ or US-6430069-\$ or US-6906495-\$ or US-7521890-\$ or US-7599743-\$ or US-6009350-\$ or US-5630835-\$ or US-7622891-\$ or US-5519262-\$ or US-6561975-\$ or US-4516097-\$ or US-5455467-\$ or US-7825543-\$ or US- | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT                                | OR | OFF | 2015/10/10<br>14:22 |

7741734-\$ or US-6307440-\$ or US-6217604-\$ or US-5057809-\$ or US-6170026-\$ or US-7084605-\$ or US-6844702-\$ or US-6184651-\$).did. or (US-5923544-\$ or US-4082097-\$ or US-7495414-\$ or US-5654621-\$ or US-5702431-\$ or US-5498948-\$ or US-5703461-\$ or US-5084699-\$ or US-4450431-\$ or US-4630044-\$ or US-5317330-\$ or US-5703573-\$ or US-8310108-\$ or US-6424820-\$ or US-4471343-\$ or US-5374930-\$ or US-5053774-\$ or US-5250944-\$ or US-5099227-\$ or US-4560445-\$ or US-5541604-\$ or US-5420579-\$ or US-5287112-\$ or US-6489745-\$ or US-4656472-\$ or US-7541930-\$ or US-7280045-\$).did. or (US-6839035-\$ or US-4588978-\$ or US-2274557-\$ or US-5373303-\$ or US-5550536-\$ or US-5864323-\$ or US-5033295-\$ or US-7075435-\$ or US-6563425-\$ or US-6650227-\$ or US-7826873-\$ or US-7518267-\$ or US-6008622-\$ or US-3949388-\$ or US-6211799-\$ or US-4059801-\$ or US-7696884-\$ or US-7504951-\$ or US-5270717-\$ or US-2133494-\$ or US-8097983-\$ or US-6533178-\$ or US-9065286-\$).did. or (EP-1538558-\$ or WO-2004015885-\$ or EP-1434160-\$ or EP-558316-\$ or DE-3824972-\$ or EP-549832-\$ or DE-3941509-\$ or EP-849700-\$ or WO-9827561-\$).did. or (JP-2002075736-\$ or JP-2005026741-\$ or JP-2004206383-\$ or JP-2004206245-\$ or JP-11075329-\$ or JP-2008125127-\$ or JP-02162222-\$ or JP-2004275417-\$ or JP-2002345104-\$).did. or (JP-11144962-\$ or JP-02097005-\$ or DE-20016655-\$ or DE-10221484-\$ or EP-1408456-\$ or EP-945829-\$ or US-7147604-\$ or KR-2004072581-\$ or US-20040127248-\$ or EP-1071038-\$ or EP-1071039-\$ or JP-2000270501-\$ or JP-11305848-\$ or DE-19651719-\$ or US-5374930-\$ or US-5287112-\$ or US-4802080-\$ or DE-10152863-\$ or DE-10152858-\$ or EP-473957-\$ or JP-11075329-\$ or JP-08126230-\$ or US-20050063488-\$ or US-5697076-\$ or DD-225565-\$ or US-20070145830-\$).did. or (WO-2007034421-\$ or WO-9811505-\$ or WO-9811504-\$ or US-4275377-\$ or US-4180795-\$ or FR-2896898-\$ or SG-112842-\$ or WO-2005055121-\$ or WO-0215112-\$ or US-20060061324-\$ or US-20050275629-\$ or US-20040189246-\$ or US-20030103039-\$ or JP-2001159948-\$ or JP-10260781-\$ or US-6331744-\$ or JP-09182323-\$ or DE-102011101478-\$ or US-

|      |    |                                       |                                                                            |    |     |                     |
|------|----|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----|-----|---------------------|
|      |    | 20060176239-\$ or US-6803744-\$).did. |                                                                            |    |     |                     |
| S579 | 21 | S578 and Coupling adj coefficient     | US-PGPUB;<br>USPAT;<br>USOCR;<br>FPRS;<br>EPO; JPO;<br>DERWENT;<br>IBM_TDB | OR | OFF | 2015/10/10<br>14:22 |

**EAST Search History (Interference)**

| Ref # | Hits | Search Query                                                                                                                    | DBs                | Default Operator | Plurals | Time Stamp          |
|-------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------|---------|---------------------|
| S150  | 0    | ((resonator or resonant or resonance) same intrinsic same loss same characteristic same size).clm.                              | US-PGPUB;<br>USPAT | OR               | ON      | 2012/09/10<br>11:55 |
| S151  | 0    | ((resonator or resonant or resonance) and intrinsic and loss and characteristic and size).clm.                                  | US-PGPUB;<br>USPAT | OR               | ON      | 2012/09/10<br>11:56 |
| S152  | 15   | ((resonator or resonant or resonance) and intrinsic and loss and characteristic and size)                                       | US-PGPUB;<br>USPAT | OR               | ON      | 2012/09/10<br>11:57 |
| S153  | 0    | ((resonator or resonant or resonance) same characteristic same size).clm.                                                       | US-PGPUB;<br>USPAT | OR               | ON      | 2012/09/10<br>11:59 |
| S154  | 147  | ((resonator or resonant or resonance) same characteristic same size).clm.                                                       | US-PGPUB;<br>USPAT | OR               | ON      | 2012/09/10<br>12:03 |
| S156  | 10   | (resonator same (resonance or resonant) same frequency same intrinsic same loss same transfer same rate).clm.                   | US-PGPUB;<br>USPAT | OR               | ON      | 2012/09/10<br>13:42 |
| S158  | 1    | (resonator same (resonance or resonant) same frequency same intrinsic same loss same "near" same field same q same factor).clm. | US-PGPUB;<br>USPAT | OR               | ON      | 2012/09/10<br>14:50 |
| S182  | 10   | (resonator same (resonance or resonant) same frequency same intrinsic same loss same transfer same rate).clm.                   | US-PGPUB;<br>USPAT | OR               | ON      | 2012/09/21<br>20:55 |
| S218  | 1    | (resonator same (resonance or resonant) same frequency same intrinsic same loss same high same (q or quality)).clm.             | US-PGPUB;<br>USPAT | OR               | ON      | 2012/12/10<br>23:01 |
| S506  | 4    | (resonator same (resonance or resonant) same frequency same intrinsic same loss same high same (q or quality)).clm.             | US-PGPUB;<br>USPAT | OR               | ON      | 2014/05/05<br>06:27 |
| S532  | 9    | (resonator same (resonance or resonant) same frequency same intrinsic same loss same high same (q or quality)).clm.             | US-PGPUB;<br>USPAT | OR               | ON      | 2015/04/08<br>19:46 |
| S533  | 0    | (307/104).CCLS.                                                                                                                 |                    | OR               | OFF     | 2015/04/08<br>19:46 |
| S534  | 1    | (320/108).CCLS.                                                                                                                 |                    | OR               | OFF     | 2015/04/08<br>19:46 |

**10/ 14/ 2015 10:21:50 AM****C:\Users\ffleming\Documents\EAST\Workspaces\2836\FY2012\mit wireless power.wsp**



|                                                                                                                                                                                                                        |                                               |                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------|
| Substitute Disclosure Form<br>U.S. Department of Commerce<br>Patent and Trademark Office<br><br><b>Information Disclosure Statement<br/>by Applicant</b><br>(Use several sheets if necessary)<br><br>(37 CFR §1.98(b)) | Attorney Docket No.<br><b>01997-0358008</b>   | Application No.<br><b>13/789,860</b> |
|                                                                                                                                                                                                                        | Applicant<br><b>Aristeidis Karalis et al.</b> |                                      |
|                                                                                                                                                                                                                        | Filing Date<br><b>March 8, 2013</b>           | Group Art Unit<br><b>3649</b>        |

| U.S. Patent Documents |           |                 |                  |                     |       |          |                            |
|-----------------------|-----------|-----------------|------------------|---------------------|-------|----------|----------------------------|
| Examiner Initial      | Desig. ID | Document Number | Publication Date | Patentee            | Class | Subclass | Filing Date If Appropriate |
|                       | 1         | 6,262,639       | 7/17/2001        | Shu et al.          |       |          |                            |
|                       | 2         | 8,760,008       | 6/24/2014        | Joannopoulos et al. |       |          |                            |
|                       | 3         | 8,766,485       | 7/1//14          | Joannopoulos et al. |       |          |                            |
|                       | 4         | 8,772,971       | 7/8/2014         | Joannopoulos et al. |       |          |                            |
|                       | 5         | 8,772,972       | 7/8/2014         | Joannopoulos et al. |       |          |                            |
|                       | 6         | 8,791,599       | 7/29/2014        | Joannopoulos et al. |       |          |                            |
|                       | 7         | 8,836,172       | 9/16/2014        | Hamam et al.        |       |          |                            |
|                       | 8         | 2006/0044188    | 3/2/2006         | Tsai et al.         |       |          |                            |
|                       | 9         | 2006/0164868    | 7/27/2006        | Weber               |       |          |                            |
|                       | 10        | 2006/0284708    | 12/21/2006       | Reeves              |       |          |                            |
|                       | 11        | 2012/0228960    | 9/13/2012        | Karalis et al.      |       |          |                            |
|                       | 12        | 2014/0354071    | 12/4/2014        | Hamam et al.        |       |          |                            |

| Foreign Patent Documents or Published Foreign Patent Applications |           |                 |                  |                          |       |          |                     |    |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------|------------------|--------------------------|-------|----------|---------------------|----|
| Examiner Initial                                                  | Desig. ID | Document Number | Publication Date | Country or Patent Office | Class | Subclass | Translation         |    |
|                                                                   |           |                 |                  |                          |       |          | Yes                 | No |
|                                                                   | 13        | CN 1370341      | 9/18/2002        | China                    | H01Q  | 1/24     | See EP 1 296 407    |    |
|                                                                   | 14        | CN 1703823      | 11/30/2005       | China                    | H02 M | 3/00     | See US 2006/0164868 |    |
|                                                                   | 15        | CN 1993863      | 7/4/2007         | China                    | H01Q  | 13/10    | See US 2006/0044188 |    |
|                                                                   | 16        | EP 1 296 407    | 3/26/2003        | EPO                      | H01Q  | 1/24     |                     |    |

| Other Documents (include Author, Title, Date, and Place of Publication) |           |                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Examiner Initial                                                        | Desig. ID | Document                                                                                                                           |
|                                                                         | 17        | Copy of Australia Patent Examination Report No. 2 for Australian Patent Application No. 2009246310 dated August 21, 2014 (3 Pages) |
|                                                                         | 18        | Copy of Chinese Office Action for Chinese Application No. 201310098809.8 dated March 2, 2015 (10 pages))                           |
|                                                                         | 19        | Copy of Chinese Office Action for Chinese Application No. 201310585104.9 dated 3/2/2015 (10 Pages)                                 |
|                                                                         | 20        | Copy of Chinese Office Action for Chinese Application No. 201210472059.1 dated June 5, 2014 (54 pages)                             |

|                                                                                                                                                                              |                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Examiner Signature <b>/FRITZ FLEMING/</b>                                                                                                                                    | Date Considered <b>10/09/2015</b> |
| EXAMINER: Initials citation considered. Draw line through citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant. |                                   |

Substitute Disclosure Form

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /FF/

Sheet 2 of 2

|                                                                                                                    |                                                            |                                               |                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------|
| Substitute Disclosure Form                                                                                         | U.S. Department of Commerce<br>Patent and Trademark Office | Attorney Docket No.<br><b>01997-0358008</b>   | Application No.<br><b>13/789,860</b> |
| <b>Information Disclosure Statement<br/>by Applicant</b><br>(Use several sheets if necessary)<br>(37 CFR §1.98(b)) |                                                            | Applicant<br><b>Aristeidis Karalis et al.</b> |                                      |
|                                                                                                                    |                                                            | Filing Date<br><b>March 8, 2013</b>           | Group Art Unit<br><b>3649</b>        |

| Other Documents (include Author, Title, Date, and Place of Publication) |           |                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Examiner Initial                                                        | Desig. ID | Document                                                                                                                                                                     |
|                                                                         | 21        | Copy of Chinese Office Action for Chinese Application No. 201210472059.1 dated January 29, 2015 (13 pages)                                                                   |
|                                                                         | 22        | Copy of Japanese Office Action for Japanese Application No. 2011-509705 dated July 1, 2014 (27 pages)                                                                        |
|                                                                         | 23        | Copy of Korean Office Action for Korean Application No. 10-2009-7022442 dated October 18, 2012 (5 pages)                                                                     |
|                                                                         | 24        | Copy of Korean Office Action for Korean Application No. 10-2011-7023643 dated October 23, 2012 (5 pages)                                                                     |
|                                                                         | 25        | Copy of Non-Final Office Action for US Application Serial No. 13/477,459 by Examiner Fritz M. Fleming dated 3/12/2015 (62 pages)                                             |
|                                                                         | 26        | Copy of Non-Final Office Action for US Application Serial No. 14/302,662 by Examiner Fritz M. Fleming dated 3/12/2015 (42 pages)                                             |
|                                                                         | 27        | F. Turki, "A wireless battery charger concept with lightweight and low cost vehicle equipment: eCPS," in Proc. Conference on Electric Roads & Vehicles, Feb. 2013, pp. 1-21. |

|                                                                                                                                                                              |                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Examiner Signature<br><b>/FRITZ FLEMING/</b>                                                                                                                                 | Date Considered<br><b>10/09/2015</b> |
| EXAMINER: Initials citation considered. Draw line through citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant. |                                      |

Substitute Disclosure Form

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /FF/

|                                                                                                                        |  |                                                            |                                        |                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------|
| Substitute Disclosure Form                                                                                             |  | U.S. Department of Commerce<br>Patent and Trademark Office | Attorney Docket No.<br>01997-0358008   | Application No.<br>13/789,860 |
| <b>Information Disclosure Statement<br/>by Applicant</b><br>(Use several sheets if necessary)<br><br>(37 CFR §1.98(b)) |  |                                                            | Applicant<br>Aristeidis Karalis et al. |                               |
|                                                                                                                        |  |                                                            | Filing Date<br>March 8, 2013           | Group Art Unit<br>2836        |

| U.S. Patent Documents |           |                 |                  |          |       |          |                            |
|-----------------------|-----------|-----------------|------------------|----------|-------|----------|----------------------------|
| Examiner Initial      | Desig. ID | Document Number | Publication Date | Patentee | Class | Subclass | Filing Date If Appropriate |
|                       | 1.        |                 |                  |          |       |          |                            |

| Foreign Patent Documents or Published Foreign Patent Applications |           |                 |                  |                          |       |          |                       |    |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------|------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------------|----|
| Examiner Initial                                                  | Desig. ID | Document Number | Publication Date | Country or Patent Office | Class | Subclass | Translation           |    |
|                                                                   |           |                 |                  |                          |       |          | Yes                   | No |
|                                                                   | 2.        | JP 10-84304     | 3/31/1998        | Japan                    | H04B  | 5/00     | English Abstract Only |    |
|                                                                   | 3.        | JP 11-155245    | 6/8/1999         | Japan                    | H02J  | 17/00    | English Abstract Only |    |
|                                                                   | 4.        | JP 2012-105537  | 5/31/2012        | Japan                    | H02J  | 17/00    | English Abstract Only |    |

| Other Documents (include Author, Title, Date, and Place of Publication) |           |                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Examiner Initial                                                        | Desig. ID | Document                                                                                                                                         |
|                                                                         | 5.        | Copy of Japanese Office Action for Japanese Office Action No. 2013-223597 by Examiner I. Yoshimura dated November 17, 2015 (8 pages)             |
|                                                                         | 6.        | Copy of 3 <sup>rd</sup> Chinese Office Action for Chinese Application No. 201310280724.1 by Examiner Zhang Wei dated December 15, 2015 (6 pages) |

|                                                                                                                                                                              |                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Examiner Signature                                                                                                                                                           | Date Considered |
| EXAMINER: Initials citation considered. Draw line through citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant. |                 |

Substitute Disclosure Form



Espacenet

**Bibliographic data: JPH1084304 (A) — 1998-03-31**

**OPERATING METHOD FOR SYSTEM CONSISTING OF BASE STATION AND RESPONDER AND SYSTEM PROPER TO THE METHOD**

**Inventor(s):** RITTER SIEGFRIED; TIMM VOLKER; ARMBRUST DIRK; HEYER GERWIN ± (RITTER SIEGFRIED, ; TIMM VOLKER, ; ARMBRUST DIRK, ; HEYER GERWIN)

**Applicant(s):** PHILIPS ELECTRONICS NV ± (PHILIPS ELECTRON NV)

**Classification:** - **international:** G01S13/75; G01S13/76; G01S13/79; G06K19/07; H02J17/00; H03J3/20; H04B5/00;  
(IPC1-7): G01S13/75; G01S13/76; G01S13/79; H03J3/20; H04B5/00

- **cooperative:** G06K19/0701; G06K19/0723; G06K19/0726

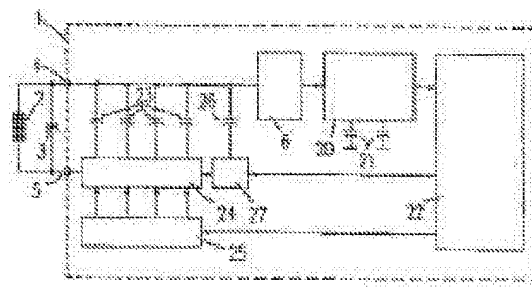
**Application number:** JP19970093875 19970411

**Priority number (s):** DE1996114455 19960412

**Also published as:** EP0801358 (A2) EP0801358 (A3) DE19614455 (A1)

**Abstract of JPH1084304 (A)**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide the method by which a responder itself surely tunes its resonance frequency to a carrier frequency of a base station automatically and quickly. **SOLUTION:** In the case of operating a responder 1 coupled with a base station in noncontact without its own energy source, the responder 1 generates a supply voltage to activate circuit devices of the responder 1 from an electromagnetic field sent from the base station. The produced supply voltage depends on how well a resonance circuit (consisting of components 2, 3) of the responder 1 is tuned to the carrier frequency of the base station. In this case, optimum tuning is conducted by measuring a voltage generated in the coil 2 of the resonance circuit of the responder 1, connecting an auxiliary capacitor 26 to the 1st capacitor 3 of the resonance circuit, detecting a change in the voltage induced in the coil 2 after that, connecting at least one 2nd capacitor 23 in parallel with the 1st capacitor 3 or disconnecting the 2nd capacitor 23 from the capacitor 3 in response to the voltage change.



<http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=worldwide.espacenet.com...> 11/24/2015

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-84304

(43) 公開日 平成10年(1998) 3月31日

| (51) Int.Cl. <sup>6</sup> | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I           | 技術表示箇所 |
|---------------------------|------|--------|---------------|--------|
| H 0 4 B 5/00              |      |        | H 0 4 B 5/00  | Z      |
| G 0 1 S 13/75             |      |        | H 0 3 J 3/20  |        |
| 13/76                     |      |        | G 0 1 S 13/80 |        |
| 13/79                     |      |        |               |        |
| H 0 3 J 3/20              |      |        |               |        |

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 7 頁)

|              |                     |          |                                                                                                                    |
|--------------|---------------------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (21) 出願番号    | 特願平9-93875          | (71) 出願人 | 590000248<br>フィリップス エレクトロニクス ネムローゼ フェンノートシャップ<br>PHILIPS ELECTRONICS<br>N. V.<br>オランダ国 アインドーフエン フルーネ<br>ヴァウツウエッハ 1 |
| (22) 出願日     | 平成9年(1997) 4月11日    | (72) 発明者 | ジークフリート リター<br>ドイツ連邦共和国 99310 アーンシュタット マルクト 14                                                                     |
| (31) 優先権主張番号 | 1 9 6 1 4 4 5 5 : 8 | (74) 代理人 | 弁理士 杉村 暁秀 (外 3 名)                                                                                                  |
| (32) 優先日     | 1996年4月12日          |          |                                                                                                                    |
| (33) 優先権主張国  | ドイツ (DE)            |          |                                                                                                                    |

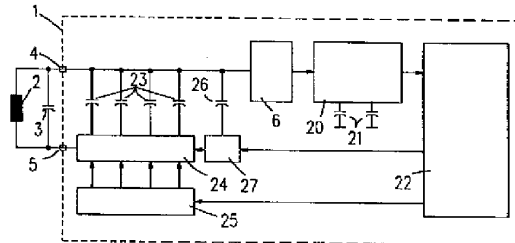
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基地局と応答機とにより形成されるシステムの作動方法及びこれに好適なシステム

## (57) 【要約】

【課題】 応答機の共振周波数を、該応答機そのもので基地局の搬送波周波数に確実に、しかも迅速に自動的に同調させる方法を提供する。

【解決手段】 自前のエネルギー源を持たず、しかも基地局(10)に無接触法にて結合される応答機(1)を作動させる場合、該応答機は基地局から伝送される電磁界から、応答機の回路装置附勢用の供給電圧を発生する。この供給電圧の大きさは、応答機の共振回路(2, 3)を基地局の搬送波周波数に如何にして良好に同調させるかに依存する。本発明では、応答機の共振回路におけるコイル(2)に発生する電圧を測定し、次に共振回路の第1コンデンサ(3)に補助コンデンサ(26)を接続し、その後前記コイルに誘起される電圧変化を検出し、この電圧変化に応答して第1コンデンサ(3)に並列に少なくとも1個の第2コンデンサ(23)を接続したり、又は第2コンデンサを切り離したりして、最適な同調を行なうようにする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基地局と、該基地局に無接触法にて結合される応答機とにより形成されるシステムを作動させる方法であって、前記応答機が回路装置と、コイル及び少なくとも1個の第1コンデンサを有する共振回路とを具備しており、前記第1コンデンサには複数の第2コンデンサを並列に接続することができ、前記基地局により伝送される固定周波数を有する交番電磁界により、特に前記回路装置を附勢する電力を前記共振回路のコイルに発生させるようにして前記システムを作動させる方法において、前記応答機内で同調動作を内部的に制御し、この同調期間中には、前記交番電磁界の受信開始後に、前記コイルに発生する電圧を測定し、次いで予定したキャパシタンスを有する第3コンデンサを前記第1コンデンサに並列に接続し、且つ前記第3コンデンサの接続による前記コイルにおける電圧の変化を検出し、この電圧変化に応答して、前記第1コンデンサに並列の少なくとも1個の第2コンデンサの切り離し又は接続を制御することを特徴とする基地局と応答機とにより形成されるシステムの作動方法。

【請求項2】 前記第2コンデンサの接続又は切り離し及び前記コイルの電圧変化の検出を、予定した条件が満足されるまで繰返し行なうことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項3】 それぞれのキャパシタンスが2進階調を呈する複数の第2コンデンサを用意し、キャパシタンスが最高のコンデンサで同調動作を開始し、キャパシタンスが順次低下する第2コンデンサを接続したり、又は切り離すことを特徴とする請求項2に記載の方法。

【請求項4】 同調動作中に前記複数の第2コンデンサのうちの1個の第2コンデンサを初めて接続するか、又は切り離す前に、前記第3コンデンサを前記共振回路から再び切り離すことを特徴とする請求項1、2又は3に記載の方法。

【請求項5】 応答機が基地局に結合される度毎に前記同調動作を繰返し行なうことを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載の方法。

【請求項6】 応答機が基地局に結合され、予定した状態が持続する場合にだけ前記同調動作を繰返し行なうことを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載の方法。

【請求項7】 前記コイルに発生する電圧が予定しきい値以下となる場合にだけ前記同調動作を行なうことを特徴とする請求項6に記載の方法。

【請求項8】 少なくとも最初の同調動作が終了した後に、接続及び切り離された第2コンデンサの組合せを絶えず記憶することを特徴とする請求項1～7のいずれか一項に記載の方法。

【請求項9】 反復同調が終了した後の結合期間中、接続及び切り離された第2コンデンサの組合せを一時的に

記憶し、予定した条件下にある場合にのみ前記組合せを永久的に記憶することを特徴とする請求項1～7のいずれか一項に記載の方法。

【請求項10】 固定の周波数を有する搬送波信号を発生する発振器(16)及び前記搬送波信号を伝送するアンテナ(11)を有している基地局(10)を具備し、且つ回路装置(7, 8, 9)と、コイル(2)及び第1コンデンサ(3)を有する共振回路とを有している応答機(1)を具備し、前記第1コンデンサ(3)にコンデンサとスイッチ(24)との直列組合せ回路が複数並列に接続され、前記スイッチ(24)を制御回路(22)に結合させ、前記共振回路には整流回路(6)も接続し、該整流回路(6)が、前記基地局(10)によって伝送される搬送波信号が前記コイル(2)にて受信される場合に前記回路装置用の供給電圧を発生するのに用いられるようにした基地局及び応答機を具備しているシステムにおいて、前記応答機(1)が前記整流回路(6)によって発生される供給電圧の瞬時値を記憶する電圧メモリ(20, 21)並びに前記第1コンデンサ(3)に並列の第3コンデンサ(26)とスイッチ(27)との直列結合回路を具備し、且つ予定した条件が揃う場合に、前記制御回路(22)を適用して、搬送波信号を受信した後に供給電圧の瞬時値を電圧メモリ(20, 21)に書込むようにし、次いで前記第3コンデンサ(26)のスイッチ(27)を閉じ、この際発生する供給電圧の値を記憶済みの値と繰返し比較し、この比較結果に応答して第2コンデンサ(23)のうちの1つのコンデンサのスイッチ(24)をトリガさせ、且つ予定した条件が満足されるまで電圧メモリ(21)に再び供給電圧の値を書込むようにしたことを特徴とする基地局及び応答機を具備しているシステム。

【請求項11】 前記供給電圧の値を最初に比較した後に、前記第3コンデンサ(26)のスイッチ(27)を再び開くのに前記制御回路(22)を用いるようにしたことを特徴とする請求項10に記載のシステム。

【請求項12】 前記第2コンデンサのスイッチ(24)のうちの少なくとも数個のスイッチが揮発性及び不揮発性メモリ位置の双方のメモリ位置を包含することを特徴とする請求項10又は11に記載のシステム。

【請求項13】 請求項10～12のいずれか一項に記載のシステム用の応答機。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、基地局と、該基地局に無接触法にて結合される応答機とにより形成されるシステムを作動させる方法であって、前記応答機が回路装置と、コイル及び少なくとも1個の第1コンデンサを有する共振回路とを具備しており、前記第1コンデンサには複数の第2コンデンサを並列に接続することができ、前記基地局により伝送される固定周波数を有する交番電

磁界により、特に前記回路装置を附勢する電力を前記共振回路のコイルに発生させるようにして前記システムを作動させる方法に関するものである。本発明はこのように目的に好適なシステム及び斯種のシステム用の応答機にも関するものである。

【0002】

【従来の技術】上述したタイプの方法はEP-0615136から既知である。この場合、基地局は所定期間搬送波信号を伝送し、この期間中に応答機におけるエネルギーメモリにはエネルギーがロードされる。次いで基地局は搬送波信号をスイッチ・オフし、応答機はエネルギーメモリに蓄えられたエネルギーを消費して、この際、周波数が応答機における共振回路によって決まる高周波信号を伝送する。その結果、基地局にて高周波信号が受信されてエネルギーが蓄えられ、次いで基地局が応答機に命令を伝送し、これらの命令が、コンデンサを付加的にスイッチ・オン又はスイッチ・オフさせて、応答機における共振回路の共振周波数を変化させる。この際、応答機は変化した共振周波数の信号を伝送し、これを受信した基地局はその電磁界強度を再び測定する。これにて測定される様々な受信信号の強度を比較することにより、基地局は、付加的にそれぞれスイッチ・オン又はスイッチ・オフさせたコンデンサの最終的な組合せを決定する命令を最終的に発生して、応答機における共振回路の共振周波数を最適な精度で搬送波信号の周波数に同調させる。

【0003】この既知の方法は比較的複雑で、しかも時間もかかり、特に最適同調を非常に正確なものとすべき場合には、これを既知の方法で常に正確に行なうことはできない。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、応答機の共振周波数を最も簡単な方法で基地局の搬送波数に確実に同調させることができ、この同調動作を容易に繰返すことができ、しかも極端な場合には、応答機が基地局に結合される度毎に迅速に同調させることができる冒頭に述べたタイプの方法を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は前記応答機内で同調動作を内部的に制御し、この同調期間中には、前記交番電磁界の受信開始後に、前記コイルに発生する電圧を測定し、次いで予定したキャパシタンスを有する第3コンデンサを前記第1コンデンサに並列に接続し、且つ前記第3コンデンサの接続による前記コイルにおける電圧の変化を検出し、この電圧変化にตอบสนองして、前記第1コンデンサに並列の少なくとも1個の第2コンデンサの切り離し又は接続を制御することを特徴とする。

【0006】上記本発明によれば、共振周波数は基地局からの協力なしで応答機にて完全に同調される。同調さ

せるのに基地局と応答機との双方向の作業が不必要となるから、本発明による方法は迅速に実行することもできるため、ユーザは実際上同調動作に気づくことはない。

【0007】共振周波数の高精度の同調を可能とするために、本発明の好適例では、前記第2コンデンサの接続又は切り離し及び前記コイルの電圧変化の検出を、予定した条件が満足されるまで繰返し行なうようにする。この場合、最適な同調を達成し得る精度は、コンデンサの数と、それらの値に依存するだけである。

【0008】できるだけ最少数のコンデンサで高精度の同調を達成するには、キャパシタンスが2進階調を有する複数の第2コンデンサを用意し、キャパシタンスが最高のコンデンサで同調動作を開始して、それぞれの第2コンデンサを、それらのキャパシタンスが低下する順に連続的に接続したり、又は切り離すようにするのが有利である。これより最適な同調が迅速に得られる。

【0009】共振周波数に影響を及ぼす応答機の個々の要素は、エージングや、他の影響により所定の変化をするから、応答機が基地局に結合される度毎に同調動作を繰返し行なうのが有利である。或いは又、応答機が基地局に結合される場合ではあるが、予じめ定められた条件がある場合にだけ同調動作を繰返し行なうこともできる。斯様な条件とは、例えば結合中に応答機に発生する電力のようなものであり、例えば応答機を基地局から近い所で作動させる場合には、応答機における共振回路が最適に同調しなくても、電力は応答機を確実に作動させるのに十分なことがある。こうした場合には、コイルに発生する電圧が予定しきい値以下となる場合に同調動作を行なうだけで済む。

【0010】同調動作のためのコンデンサの接続又は切り離しは、応答機が基地局に結合される度毎に、初期状態から出発して、接続及び切り離されるコンデンサを結合させるようにして行なうことができる。しかし、共振周波数があまりにかけ離れている場合には、応答機にて受信される電力が同調動作を行なうのに十分でないことが起こり得る。さらに、基地局には石英制御発振器を含めるものとするため、搬送波周波数は極めて一定であり、しかも実際上様々な基地局における搬送波周波数は同じとなる。このために、各同調動作が終了した後は、接続又は切り離された第2コンデンサの組合せを絶えず記憶するのが有利である。その後、応答機の要素に所定のエージングが生じた場合でも、共振周波数は搬送波周波数の少なくとも近隣にあるものと予期することができるため、応答機と基地局とが多少離れていても、同調動作を行なうことができ、これは共振周波数を比較のごく僅か変えるだけで済むからである。

【0011】しかし、書込みサイクルがごく僅かな回数に限られている記憶素子を用いる場合には、コンデンサの組合せを絶えず記憶するのは問題である。或いは又、共振周波数がごく僅かしか変化しない場合には、同調動

作を必ずしも絶えず記憶する必要はなく、その理由は、共振周波数が僅かにずれている場合でも、同調動作を行なうのにまだ十分な電力を応答機にて発生させることができるからである。従って、反復同調動作が終了した後に、接続及び切り離された第2コンデンサの組合せを、応答機と基地局との結合期間中に揮発性メモリに記憶させ、しかも予定した条件が揃っている場合にのみ永久に記憶させるようにするのが有利なことがよくある。このようにすることにより、接続及び切り離されるコンデンサの組合せを記憶する動作回数を少なくする。

【0012】基地局と応答機とによって形成される本発明によるシステムでは、上述した本発明による方法を簡単な手段で実現することができ、このようなシステム及びこれに好適な応答機については従属請求項にも記載してある通りである。

【0013】

【発明の実施の形態】図1には基地局10及び応答機1によって形成されるシステムの最も重要な要素のみを示し、基地局10には制御回路15と、変調器兼ドライバを有する発振器16と、復調器17を示してある。発振器16は端子13及び14を経てコイル11とコンデンサ12とによって形成した直列共振回路に接続される。コイル11とコンデンサ12との接続点は復調器17に至る。

【0014】コイル11はコイル2に結合され、このコイル2はコンデンサ3と共に応答機1の端子4及び5に接続される並列共振回路を形成する。応答機1には最も重要な要素のみ、即ち変復調器9と、電圧供給ユニット6と、この電圧供給ユニット6により附勢される制御回路7及び少なくとも部分的に不揮発性のメモリ8とを示してある。従って、応答機1はそれ自体のエネルギー源を有しておらず、制御回路7及びメモリ8を附勢するエネルギーはコイル2に誘起される電圧から取出される。データは基地局10から応答機1へと、例えば振幅変調して伝送され、このデータが応答機1の変復調器9にて評価され、その後復調データが制御回路7へと供給され、且つ基地局が一定の搬送波信号によって電磁界を送出しており、この電磁界内にコイル2が位置することからして、データが変調器を介して応答機1から基地局へと伝送され、コイル2とコンデンサ3とによって形成される共振回路は伝送すべきデータに回答して様々にロードされる。コイル2とコンデンサ3とによる共振回路の負荷の変化が基地局10のコイル11とコンデンサ12とによって形成される共振回路に影響を及ぼし、これが復調器17を介して評価されて制御回路15へと供給される。

【0015】応答機1にて発生される電力は基地局10によって発生される電磁界の強度（この強度が制限されていることは明らかである）と、2つのコイル11と2との結合度とに依存する。コイル2とコンデンサ3とに

よって形成される共振回路の共振周波数も前記結合度に影響し、この共振周波数も応答機1から基地局10へのデータ伝送の品質に影響を及ぼす。従って、コイル2を含む共振回路の共振周波数は基地局に含まれる発振器の搬送波周波数に最善の方法で同調させるのが望ましい。基地局における発振器は周波数の点で高精度を有する石英制御発振器として容易に構成することができ、しかも複数の種々の応答機を同じ基地局と共働させることがよくあるから、応答機1の共振回路の共振周波数を基地局の搬送波周波数に設定するのが有利である。

【0016】この目的に好適なデータキャリアとしての応答機における装置を図2に示してあり、この図では応答機1のうちの発明にとって要部でない他の要素の殆どは図面の明瞭化のために図示してない。この装置は多数のコンデンサ23を具えており、これらのコンデンサはブロック24として線図的に示してあるスイッチによりコンデンサ3に並列に接続することができる。これらのスイッチ24は駆動回路25により駆動され、各コンデンサに対する少なくとも1個の揮発性メモリ素子と、少なくとも1個の不揮発性メモリ素子とを具えている。コンデンサ3にはさらに、以後補助コンデンサと称するコンデンサ26をスイッチ27を介して並列に接続することができる。

【0017】実際には図示したコンデンサよりも多くのコンデンサを利用することができ、しかもスイッチをコンデンサの一方の端子だけでなく、両方の端子に接続することもできる。応答機1が基地局の電磁界内にもたらされる場合に、電圧供給ユニット6は、この図には図示してない要素を附勢する供給電圧を発生し、この電圧は比較回路20及び同調回路22にも供給される。比較回路20は2個のコンデンサ21を具えており、これら2個のコンデンサの一方は供給電圧、即ちその値を記憶する。この場合に、同調回路22はスイッチ27をトリガして、補助コンデンサ26をコンデンサ3に並列に接続して、共振周波数を低減させる。

【0018】この補助コンデンサが電圧供給ユニット6による発生供給電圧に及ぼす影響を図3に示してあり、この図から共振回路に並列に接続されるキャパシタンス $C_p$ における供給電圧 $U_p$ の依存度がわかる。なお、キャパシタンスの増加が共振周波数の減退に相当することに留意すべきである。最初の同調前の初期状態として、コンデンサ3のキャパシタンスは、共振周波数があまりに高すぎて供給電圧が低くなるような小さいものとする。並列キャパシタンス $C_p$ の増加が供給電圧を上昇させ、並列キャパシタンス $C_p'$ に相当する点30にて供給電圧は最大となり、そして再び降下する。

【0019】データキャリアを製造する場合に、コイル2のインダクタンス及びコンデンサ3のキャパシタンスは、コンデンサ3に他のコンデンサが並列に接続されなければ、全ての製造公差を考慮したとしても、共振周波

数がかなり高くなるように選定する。しかし、最初の同調動作後に、幾つかのコンデンサ23を並列に接続する場合に、コイル2と、コンデンサ3と、並列に接続されたコンデンサ23とによって形成される共振回路の共振周波数は、データキャリアを次回に利用する場合に、最適値よりも高いか、又は低い値となり得る。補助コンデンサ26を接続するから、この際共振回路の総キャパシタンスが最適値又は最大値のどちら側に位置しているのかが検出される。しかし、もっと正確とするためには、増大キャパシタンスが供給電圧を上昇させるのか、降下させるのかどうかを検出するだけでよい。例えば、総キャパシタンスが点31に相当し、補助コンデンサ26を並列に接続した場合には、供給電圧が $\Delta U$ だけ上昇する。これに対し、並列キャパシタンスが既にかなり大きい点32では、補助コンデンサ26を接続すると、供給電圧は $\Delta U$ だけ低減する。

【0020】これらの動作は比較回路20にて評価され、この比較回路の2個のコンデンサ21のうちの一方のコンデンサは、補助コンデンサ26が並列に接続される前の供給電圧の値を包含し、他方のコンデンサ21は、補助コンデンサ26が並列に接続された後の供給電圧を包含する。この際、比較回路20は2つのコンデンサ21の電圧を比較し、この比較結果に応じて比較回路22は、スイッチ24の好ましくは不揮発性メモリ素子を閉じ、従って並列キャパシタンスを増大させるべくトリガされるか、又は既に閉じているスイッチを開いて、並列キャパシタンスを減退させるべくトリガされる。さらに、補助コンデンサ26は再び切り離される。

【0021】この際発生する供給電圧はコンデンサ21の一方のコンデンサに再び蓄積され、この電圧が他方のコンデンサ21にまだ蓄積されている電圧と比較される。この比較結果に応じて、他のコンデンサ23が再び並列に接続されたり、切り離されたりし、これは後に説明するようにコンデンサ23の値を段階的に制御することになる。この動作シーケンスは必要に応じ、最適な供給電圧にほぼ達するまで繰返される。

【0022】コンデンサ23の値を段階的に徐々に変化させるのには様々なやり方があり、その第1の方法は図4に示すように全てのコンデンサ23の値を同じとする。先ずシステムにおける並列キャパシタンスが点40に位置すると仮定すると、この並列キャパシタンス $C_p$ は小さすぎ、(図3の点31に相当する)供給電圧は、補助コンデンサ26をスイッチ・オンさせると上昇する。第1ステップでは、コンデンサ23の1つを並列に接続し、システムを供給電圧が高くなる点41にもたらし、この電圧を再び記憶し、再度第2のコンデンサ23を並列に接続し、システムをこの例では供給電圧がさらに高くなる点42にもたらし、第3のコンデンサ23を接続する場合には、供給電圧が再度高くなる点43に達する。この際第4番めのコンデンサ23を並列に接続す

る場合には、供給電圧が低くなる点44に達する。このようになると、図2の同調回路22がコンデンサ23の1つを切り離すため、システムは点43と一致する点45に達する。そこで、同調動作を終了する。

【0023】コンデンサ23の値が2進階調を有する他の方法を図5に示してある。システムは先ず前述した例と同様に並列キャパシタンスがかなり小さい点50にあるものとし、これは補助コンデンサ26によって検出される。次いで最高値MSBを有するコンデンサを並列に接続して、システムを点51にもたらし、この点は最適な並列キャパシタンス $C_p$ の反対側に位置する。このことは補助コンデンサを再び並列に接続することにより検出ことができ、これによる供給電圧の変化を測定する。しかし、次に小さな値MSB-1を有するコンデンサを並列に接続することもできる。いずれの場合にも、この並列回路は供給電圧を降下させるため、同調回路22は再び最高値MSBを有するコンデンサを切り離し、次に小さな値のコンデンサのみを接続する。これによりシステムは供給電圧 $U$ が点50におけるよりも高い点52にもたせられる。これに基づき、供給電圧は、補助コンデンサ26を並列に接続する場合に増加するのか、次に低い値MSB-2を有するコンデンサ23を並列に接続する場合に増加するのか、どうかテストする。後者の場合には、供給電圧が点52における値よりも高くはならない点53に達し、値(MSB-2)を有するコンデンサを再び切り離し、次に小さい値(MSB-3)を有するコンデンサ23を並列に接続して、システムを点54にもたらし、この点は本来総体的な並列キャパシタンス $C_p$ に対する最適な点であり、他のコンデンサ23又は補助コンデンサ26をさらに並列に接続しても、それ以上の改善は達成されない。これもキャパシタンスが減退するコンデンサ23をすべて順次並列に接続して検出することができ、供給電圧の増加が認められなくなったら、並列に接続したコンデンサを切り離すようにする。このようにコンデンサ23の値を2値的に変化させる場合には、極めて少ない数のコンデンサで最適同調を高精度に達成することができ、しかもこれはコンデンサの個数に応じて比較的少ないステップ数で行なうことができる。

【0024】コンデンサは、これらのコンデンサを並列に接続するのに必要なスイッチを不揮発性メモリ位置として構成し、これらのメモリ位置に同じ方法で永久に書込むようにして、同調動作中並列に接続することができる。しかし、この同調動作中には、コンデンサを一時的に接続し、次いで再び切り離さなければならないから、不揮発性メモリ位置と並列に動作する揮発性メモリ位置も設けて、これらの揮発性メモリ位置に同調動作中それぞれ書込み、これらのメモリ位置の内容を、同調動作が終了するまでは不揮発性メモリ位置が引き継がないようにするのが有利である。

【0025】これまでに述べた同調動作は、応答機を製造した後に極めて有利に実行させることができ、その理由は製造後に大きな偏差が生じるからであり、しかも限られた公差を有する部品をコスト的に有効に製造することはできず、さらに、例えば共振回路を含む応答機全体をプラスチック成形する場合に、部品の値がこのプロセス中に変化する場合である。しかし、長時間たつと、特に応答機における素子の値が製造後でも、例えばエージングや、温度の影響により変化して、応答機の共振回路の共振周波数が基地局の搬送波周波数とはかなり相違し、最早正規の機能を果たさなくなる。これは、同調動作を使用時に繰返し、共振回路の並列キャパシタンスを、上述した方法でコンデンサを接続したり、切り離したりすることにより最適化して回避することができる。このように時間の関数として変化する特性を図6に示しており、この図における時間軸は、例えば数週間又は数ヶ月を表す。応答機を $t_1$ の時点に用いる場合、例えばこの応答機における共振回路の共振周波数は点60に達するように変化している。この場合には、同調動作により並列キャパシタンスを増やして、点61に至らしめる。この場合には、データを最適に伝送することができる。応答機を後の時点、例えば $t_2$ にて用いる場合には、例えば点60でのエージングによるような影響ではなくて、温度の変化によるような他の影響により共振周波数が変化して、最適な並列キャパシタンスに対してキャパシタンスが点62の値にある。この場合には同調動作中、並列のコンデンサを切り離して並列キャパシタンスを点63における値とする。 $t_3$ の時点には、共振周波数が変化しているから、並列キャパシタンスを再び増やして、最適なキャパシタンスとするため、同調動作中にコンデンサを接続して、点65の値にする。 $t_4$ の時点には、外部からの影響により再び並列キャパシタンスが低減して、点66にあるため、同調動作中にコンデンサを切り離して、点67に至らしめる。

【0026】この方法では、同調動作を繰返すことにより、応答機における共振回路の共振周波数がかなり変化して、最終的に基地局から応答機へのエネルギー転送が不十分で、データのやり取りや、同調動作が不可能となるようなことが回避される。しかし、並列キャパシタンスをごく僅か変化させるだけで済む同調動作の場合には、図6から明らかなように、最適な並列キャパシタン

スを常に連続的に記憶する必要はなく、応答機の各使用時に偏差が小さい場合には、一時的に最適同調をとるだけで十分であり、並列キャパシタンスが大きく変化する場合にだけ永久に記憶するようにする。このようにすることにより、不揮発性記憶位置の切換え動作の回数が少なくて済む。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】基地局と応答機とによって形成されるシステムの主要な要素を示すブロック図である。

【図2】応答機にて周波数を同調させる本発明による装置を示すブロック図である。

【図3】付加コンデンサの動作を説明する線図である。

【図4】同じく付加コンデンサの動作を説明する線図である。

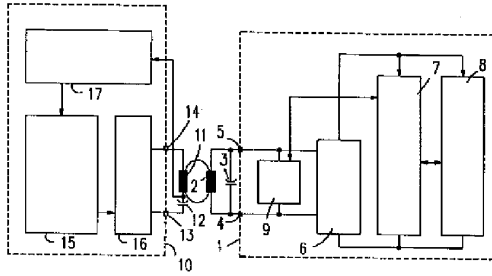
【図5】同じく付加コンデンサの動作を説明する線図である。

【図6】周波数の時間依存変化及びこれらの変化を補償する説明のための線図である。

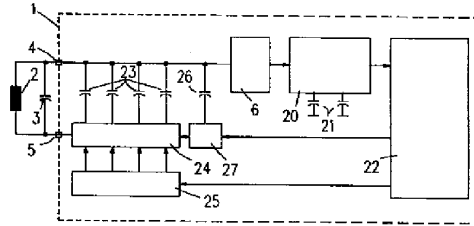
#### 【符号の説明】

- 1 応答機
- 2 コイル（アンテナ）
- 3 第1コンデンサ
- 6 電圧供給ユニット（整流回路）
- 7 制御回路
- 8 メモリ
- 9 変復調器
- 10 基地局
- 11 コイル
- 12 コンデンサ
- (11, 12) 直列共振回路
- 15 制御回路
- 16 発振器
- 17 復調器
- 20 比較回路
- 21 コンデンサ（電圧メモリ）
- 22 同調回路（制御回路）
- 23 コンデンサ
- 24 スイッチ
- 25 スイッチ駆動回路
- 26 補助コンデンサ
- 27 スイッチ

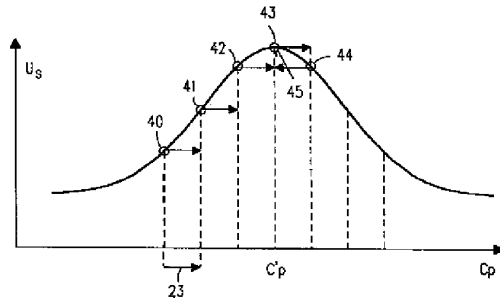
【図1】



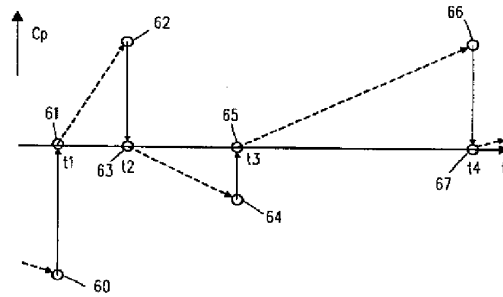
【図2】



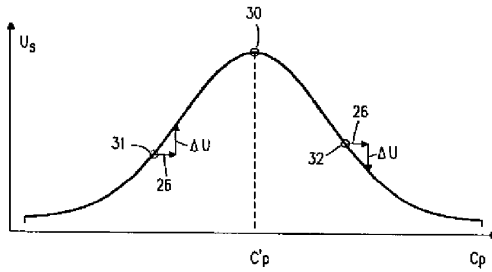
【図4】



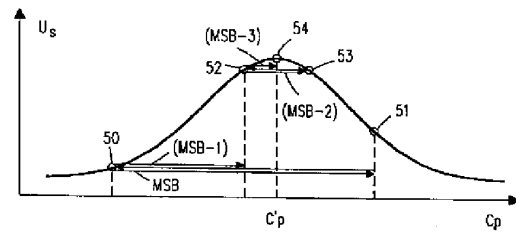
【図6】



【図3】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 ヴォルカー ティム  
ドイツ連邦共和国 25421 ビネベルク  
ペスタロッツィシュトラッセ 64

(72)発明者 ディルク アルムブラスト  
ドイツ連邦共和国 22045 ハンブルク  
ユーケンシュトラッセ 32アー  
(72)発明者 ゲルウィン ハイヤー  
ドイツ連邦共和国 22089 ハンブルク  
ブルメナウ 149



Espacenet

## Bibliographic data: JPH11155245 (A) — 1999-06-08

### PRIMARY POWER SUPPLY SIDE POWER DEVICE IN NON-CONTACT POWER SUPPLY

**Inventor(s):** OKUNO ATSUSHI ± (OKUNO ATSUSHI)

**Applicant(s):** SHINKO ELECTRIC CO LTD ± (SHINKO ELECTRIC CO LTD)

**Classification:** - **international:** **B60L5/00; H02J17/00;** (IPC1-7): B60L5/00; H02J17/00  
- **cooperative:**

**Application number:** JP19970321806 19971121

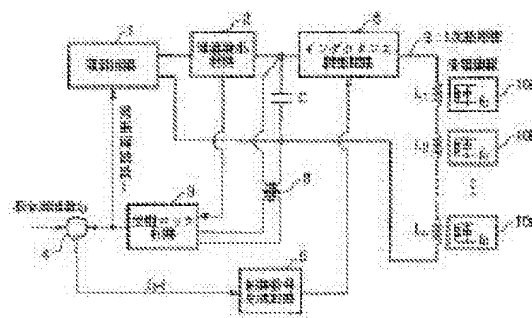
**Priority number(s):** JP19970321806 19971121

**Also published as:** JP3840765 (B2)

### Abstract of JPH11155245 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To track load resonance in a primary feeder, to adjust circuit constant itself so as to be brought close to the resonance frequency of a power receiving device, and to supply power efficiently in the power receiving device.

SOLUTION: This power device 1 supplies a primary feeder 9 with a high-frequency current, on the basis of an input signal related to oscillation frequency. A phase-locking circuit 2 uses an output current and resonance voltage in the primary feeder 9 as input signals and determines the oscillation frequency fed to the power circuit 1 so that these phases coincide. An inductance adjusting circuit 6 is connected to the primary feeder 9 and adjusts the inductance value of the entire primary feeder 9, on the basis of a control signal. A control-signal generating circuit 5 employs the difference in resonance frequencies in a resonance circuit for power receiving devices 10a-10n which receive power from the primary feeder 9 and oscillation frequency determined by the phase-locking circuit 3 as an input signal, and generates a control signal supplied to the inductance adjusting circuit 6 so that the input difference is kept within a specified range.



<http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=JP&NR=H11155245A&K...> 11/24/2015

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-155245

(43) 公開日 平成11年(1999) 6月8日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 2 J 17/00

H 0 2 J 17/00

B

B 6 0 L 5/00

B 6 0 L 5/00

B

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平9-321806

(22) 出願日 平成9年(1997)11月21日

(71) 出願人 000002059

神鋼電機株式会社

東京都江東区東陽七丁目2番14号

(72) 発明者 奥野 敏

三重県伊勢市竹ヶ鼻町100番地 神鋼電機

株式会社伊勢事業所内

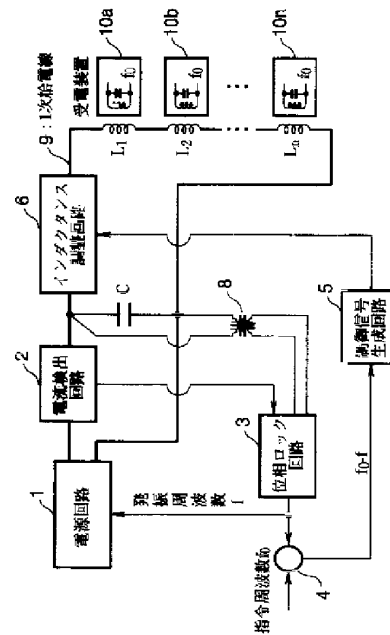
(74) 代理人 弁理士 志賀 正武 (外11名)

(54) 【発明の名称】 非接触給電における1次給電側電源装置

(57) 【要約】

【課題】 1次給電線における負荷共振を追尾し、受電装置の共振周波数に近づくように回路定数そのものの調整を行ない、受電装置における電力供給を効率的に行う。

【解決手段】 電源回路1は、発振周波数に関する入力信号に基づいて1次給電線9に高周波電流を供給する。位相ロック回路3は、1次給電線9における出力電流および共振電圧を入力信号とし、これらの位相が一致するように電源回路1に供給される発振周波数を決定する。インダクタンス調整回路6は、1次給電線9に接続され、制御信号に基づき1次給電線9全体のインダクタンス値を調整する。そして、制御信号生成回路5は、1次給電線9から電力を受ける受電装置10a~10n内の共振回路における共振周波数と位相ロック回路3により決定された発振周波数との差を入力信号とし、この入力された差が所定範囲になるように、インダクタンス調整回路6に供給する制御信号を生成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 1次給電線に高周波電流を供給する電源回路と、

前記1次給電線における出力電流および共振電圧を入力信号とし、該出力電流と共振電圧の位相が一致するように前記電源回路に発振周波数を供給し前記高周波電流の周波数を調整する位相ロック回路と、

前記1次給電線に接続され給電線全体のインダクタンス値を調整するインダクタンス調整回路と、

前記1次給電線から電力を供給される負荷の共振周波数と前記位相ロック回路による発振周波数との差を求め、この差信号が所定範囲にあるように前記インダクタンス調整回路へ制御信号を供給する制御信号生成回路とを備えたことを特徴とする非接触給電における1次給電側電源装置。

【請求項2】 前記インダクタンス調整回路は、

前記1次給電線に対して直列に接続される可変リアクトルを備え、前記制御信号に応じて給電線全体のインダクタンス値を調整することを特徴とする請求項1に記載の非接触給電における1次給電側電源装置。

【請求項3】 前記インダクタンス調整回路は、

前記1次給電線に対して直列に接続される1以上のリアクトルと、

前記各リアクトルに対して並列に接続されたスイッチとを備え、

前記制御信号に応じて前記スイッチのオン、オフを行うことにより給電線全体のインダクタンス値を調整することを特徴とする請求項1に記載の非接触給電における1次給電側電源装置。

【請求項4】 1次給電線に高周波電流を供給する電源回路と、

前記1次給電線における出力電流および共振電圧を入力信号とし、該出力電流と共振電圧の位相が一致するように前記電源回路に発振周波数を供給し前記高周波電流の周波数を調整する位相ロック回路と、

前記1次給電線に接続され給電線全体のキャパシタ値を調整するキャパシタ調整回路と、

前記1次給電線から電力を供給される負荷の共振周波数と前記位相ロック回路による発振周波数との差を求め、この差信号が所定範囲にあるように前記キャパシタ調整回路へ制御信号を供給する制御信号生成回路とを備えたことを特徴とする非接触給電における1次給電側電源装置。

【請求項5】 前記キャパシタ調整回路は、

前記1次給電線に並列に接続される可変コンデンサを備え、前記制御信号に応じて給電線全体のキャパシタ値を調整することを特徴とする請求項4に記載の非接触給電における1次給電側電源装置。

【請求項6】 前記キャパシタ調整回路は、

前記1次給電線に対して並列に接続される1以上のコン

デンサと、

前記各コンデンサに対して直列に接続されたスイッチとを備え、

前記制御信号に応じて前記スイッチのオン、オフを行うことにより給電線全体のキャパシタ値を調整することを特徴とする請求項4に記載の非接触給電における1次給電側電源装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、1次給電線を介して電力を供給する非接触給電における1次給電側電源装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】電力を供給する側の1次給電線に高周波電流を流すと、電力を受ける受電装置内に設けられた2次巻線が1次給電線において発生する磁界と磁氣的に結合され、電圧が誘導される。この原理を利用して、1次給電線から2次巻線に非接触で電力を供給することを非接触給電と呼ぶ。図10は、非接触給電における1次給電側電源装置の一従来例を示した図である。この装置は、電源回路1と、位相ロック回路1を主な構成要素としている。ここで、電源回路1は、高周波インバータ等により構成され、位相ロック回路3から送られる発振周波数 $f$ に関する入力信号に基づいて非接触給電のための1次給電線9に高周波電流を供給する。また、位相ロック回路3は、1次給電線9における出力電流および共振電圧を入力信号とし、出力電流と共振電圧の位相が一致するように電源回路1に与える発振周波数 $f$ を決定する。ここで、入力される出力電流はカレント・トランスフォーマ等の電流検出部2により検出され、共振電圧はポテンシャル・トランスフォーマ8により検出される。このように位相ロック回路3で位相が一致するようにロックするのは、1次給電線と非接触給電により電力を受ける受電装置10a～10n間で生じるインダクタンス $L1\sim Ln$ およびキャパシタ $C$ からなる負荷側のLC共振周波数である負荷共振 $f$ に同調して周波数制御を行うためであり、電力供給の効率を向上させるためである。なお、1次給電線9は分布定数回路であり、インダクタンスが分布しているが、これを図10において、線路の適当個所にインダクタンス $L1\sim Ln$ として集中して表わしている。ところで、電力の供給を受ける受電装置10a～10nとしては、あらかじめ決められた軌道を移動する複数の搬送車等が考えられ、この場合、1次給電線9は、この軌道に沿って設置されることになる。なお、受電装置10a～10n内に設ける2次巻線は、有効電力をあげるために共振回路となっている。また、共振回路の構成を簡単にするために、一般にその共振周波数は固定となっている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、複数台の搬

送車が存在する非接触給電を利用した搬送システムにおいては、搬送車（受電装置）は運行・停止を行ない、しかも、軌道上における搬送車の台数が変化する場合もある。このように搬送車の運行・停止、台数の変化により1次給電線側のインダクタンス $L$ が変化する。すなわち、図10に示すインダクタンス $L_1 \sim L_n$ の値が変化し、その結果負荷共振 $f$ の値が変化することになる。そのため、搬送車の共振周波数 $f_0$ と1次給電線側の負荷共振 $f$ とがずれ、効率的な電力の供給ができなくなる。すなわち、図11に示すように1次給電線側の負荷共振 $f$ が搬送車の共振周波数 $f_0$ とずればずれるほど、搬送車に供給される電力が少なくなる。そして、搬送車において必要となる必要電力を得るための負荷共振 $f$ の範囲 $f_0 \pm \Delta f$ から外れてしまうと、搬送車の運行に支障が生じてしまうという問題も生じる。この問題を解決するために、搬送車側の共振周波数 $f_0$ を負荷共振 $f$ にあわせるために、例えば搬送車側のキャパシタを微調整する機能を持たせてもよいが、搬送車ごとにこの機能が必要となり、コストが高くなってしまふ。

【0004】本発明はこのような事情に鑑みてなされたもので、負荷共振 $f$ を追尾し、受電装置の共振周波数 $f_0$ に近づくよう1次給電線の回路定数そのものを調整することで、受電装置における電力供給を効率的に行える非接触給電における1次給電側電源装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明のうち請求項1に記載の発明は、1次給電線に高周波電流を供給する電源回路と、前記1次給電線における出力電流および共振電圧を入力信号とし、該出力電流と共振電圧の位相が一致するように前記電源回路に発振周波数を供給し前記高周波電流の周波数を調整する位相ロック回路と、前記1次給電線に接続され給電線全体のインダクタンス値を調整するインダクタンス調整回路と、前記1次給電線から電力を供給される負荷の共振周波数と前記位相ロック回路による発振周波数との差を求め、この差信号が所定範囲にあるように前記インダクタンス調整回路へ制御信号を供給する制御信号生成回路とを備えたことを特徴とする非接触給電における1次給電側電源装置である。また、請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の非接触給電における1次給電側電源装置において、前記インダクタンス調整回路が、前記1次給電線に対して直列に接続される可変リアクトルを備え、前記制御信号に応じて給電線全体のインダクタンス値を調整することを特徴としている。また、請求項3に記載の発明は、請求項1に記載の非接触給電における1次給電側電源装置において、前記インダクタンス調整回路が、前記1次給電線に対して直列に接続される1以上のリアクトルと、前記各リアクトルに対して並列に接続されたスイッチとを備え、前記制御信号に応じて前記ス

イッチのオン、オフを行うことにより給電線全体のインダクタンス値を調整することを特徴としている。

【0006】次に、請求項4に記載の発明は、1次給電線に高周波電流を供給する電源回路と、前記1次給電線における出力電流および共振電圧を入力信号とし、該出力電流と共振電圧の位相が一致するように前記電源回路に発振周波数を供給し前記高周波電流の周波数を調整する位相ロック回路と、前記1次給電線に接続され給電線全体のキャパシタ値を調整するキャパシタ調整回路と、前記1次給電線から電力を供給される負荷の共振周波数と前記位相ロック回路による発振周波数との差を求め、この差信号が所定範囲にあるように前記キャパシタ調整回路へ制御信号を供給する制御信号生成回路とを備えたことを特徴とする非接触給電における1次給電側電源装置である。また、請求項5に記載の発明は、請求項4に記載の非接触給電における1次給電側電源装置において、前記キャパシタ調整回路が、前記1次給電線に並列に接続される可変コンデンサを備え、前記制御信号に応じて給電線全体のキャパシタ値を調整することを特徴としている。また、請求項6に記載の発明は、請求項4に記載の非接触給電における1次給電側電源装置において、前記キャパシタ調整回路が、前記1次給電線に対して並列に接続される1以上のコンデンサと、前記各コンデンサに対して直列に接続されたスイッチとを備え、前記制御信号に応じて前記スイッチのオン、オフを行うことにより給電線全体のキャパシタ値を調整することを特徴としている。

【0007】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態による非接触給電における1次給電側電源装置を図面を参照して説明する。

（第1の実施の形態）図1は、本発明の一実施形態による非接触給電における1次給電側電源装置のブロック図である。図1よりこの装置は、電源回路1と、位相ロック回路3と、制御信号生成回路5と、インダクタンス調整回路6とを主な構成要素としている。ここで、電源回路1は、位相ロック回路3からの発振周波数 $f$ に関する入力信号に基づいて非接触給電のための1次給電線9

（図において太い線で示す）に高周波電流を供給するので、高周波インバータ等により構成される。位相ロック回路3は、1次給電線9における出力電流および共振電圧を入力信号とし、この出力電流と共振電圧の位相が一致するように電源回路1に供給する発振周波数 $f$ を調整する。すなわち、1次給電線における負荷であるインダクタンスの変化によるLC共振周波数の変化に追従して電源回路1による電流周波数を変更する。ここで、入力される出力電流はカレント・トランスフォーマ等の電流検出部2により検出され、共振電圧はポテンシャル・トランスフォーマ8等により検出される。このように位相ロック回路3で位相が一致するようにロックするの

は、1次給電線と非接触給電により電力を受ける受電装置10a～10n間で生じるインダクタンス $L_1 \sim L_n$ およびキャパシタ $C$ からなる負荷側のLC共振周波数（以下「負荷共振」と呼ぶ）に同調して周波数制御を行うためである。すなわち、この回路により電源回路1における電流の共振周波数が負荷共振 $f$ と一致するように調整される。なお、1次給電線9は分布定数回路であり、インダクタンスが分布しているが、これを図1において、線路の適当個所にインダクタンス $L_1 \sim L_n$ として集中して表わしている。

【0008】また、インダクタンス調整回路6は、1次給電線9に接続され、制御信号生成回路5からの制御信号に基づき1次給電線9全体のインダクタンス値を調整する。そして、制御信号生成回路5は、1次給電線9から電力を供給させる受電装置10a～10n内に設けられた共振回路における共振周波数 $f_0$ 、すなわち1次給電線9から電力を供給させる負荷の共振周波数 $f_0$ と、位相ロック回路3により決定された共振周波数 $f$ との差を入力信号とし、この入力された差が所定範囲にあるように、インダクタンス調整回路6に供給する制御信号を生成する。なお、この差 $(f_0 - f)$ は、減算回路4において演算される。すなわち、図1に示す非接触給電における1次給電側電源装置により、制御信号生成回路5からの制御信号に基づいて、インダクタンス調整回路6においてインダクタンスが調整され、受電装置10a～10nにより生じるインダクタンス $L_1 \sim L_n$ 、インダクタンス調整回路6でのインダクタンスおよび1次給電線側のキャパシタ $C$ から決定される負荷共振 $f$ が、受電装置10a～10nの共振周波数 $f_0$ を中心とした所定範囲内になるように調整される。なお、以下では電力の供給を受ける受電装置10a～10nとして、あらかじめ決められた軌道に移動する複数の搬送車を想定し、1次給電線9はこの軌道に沿って設置されているものとする。また、受電装置10a～10n内に設ける2次巻線は、有効電力をあげるために共振回路となっており、その共振周波数 $f_0$ は固定であるものとする。

【0009】次に、この非接触給電における1次給電側電源装置を構成する各回路についてより詳細に説明する。図2は、位相ロック回路3の構成の一例を示したものであり、位相比較器31、フィルタ32、VCO（Voltage Controlled Oscillator: 電圧制御発信器）33により構成される。この回路はいわゆるフェーズ・ロック・ループ（Phase Lock Loop: PLL）になっており、出力電流と共振電圧の周波数の位相を一致させる、すなわち0度ロックのPLLである。以下に、位相ロック回路3を構成する位相比較器31、フィルタ32、VCO33について簡単に説明する。図3は、位相ロック回路3における位相比較器31の動作を説明するための図である。なお、図3（a）（b）は、それぞれ電流検出回路2により検出された出力電流、および、ポテンシャル

・トランスフォーマ8により検出された共振電圧の波形である。図3（a）に示す出力電流の波形は、位相比較器31に入力され、基準レベルとレベルの比較が行われ図3（c）のような信号波形が選ばれる。図3（b）に示す共振電圧の波形も、同様に位相ロック回路3に入力され基準レベルとレベルの比較が行われ図3（d）のような信号波形が得られる。そして、位相比較器31において、図3（c）と（d）に示すような得られた信号の排他論理和がとられ、図3（e）に示すようなパルス信号を得る。そして、得られたパルス信号、すなわち2つの入力信号の位相差に対応するような電圧を発生し、フィルタ32に供給する。フィルタ32では、低域通過フィルタ等により構成され、位相比較器31からの信号の高周波成分を除去するとともに、フェーズ・ロック・ループにおける同期特性や応答特性を決定する。VCO33は発振器等により構成され、フィルタ32からの制御電圧によって共振周波数 $f$ を変化させる。以上により位相ロック回路3では、1次給電線9における出力電流および共振電圧を入力信号とし、この出力電流と共振電圧の位相が一致するように電源回路1に共振周波数 $f$ を供給し高周波電流の周波数を調整する。

【0010】次に電源回路3について説明する。図4は、電源回路3の構成を示した単線結線図である。図に示すように電源回路1は、制御回路11、サイリスタ12、ドライブ回路13、電流型インバータ14により構成される。制御回路11は、位相ロック回路3からの共振周波数 $f$ を入力信号とし、この信号に基づいて、サイリスタ12のゲートへの信号および、電流型インバータ14をドライブするドライブ回路13への信号を生成する。なお、サイリスタ12への信号によりパワー制御を行い、ドライブ回路13への信号によりPLL制御を行うことになる。サイリスタ12は3相の交流から、制御回路11からゲートに加えられる信号に応じたパワーの直流を出力する。ドライブ回路13は、制御回路13からの信号に応じて電流型インバータ14をドライブするための信号を出力し、この信号により、電流型インバータ14は、周波数 $f$ の高周波電流を1次給電線9に対して出力する。なお、ここでは、電源回路1として、電流型インバータを用いた例を示したが、電圧型インバータでも同様のことが可能である。

【0011】制御信号生成回路5は、減算回路4において減算された受電装置10a～10nにおける共振周波数 $f_0$ と位相ロック回路3で決定された共振周波数 $f$ との差を入力信号とし、この差が所定範囲となるように、インダクタンス調整回路6で調整されるインダクタンス値の決定を行う。なお、ここでの所定範囲は、図11に示すように、受電装置10a～10nで必要となる必要電力が得られる負荷共振 $f$ の範囲で、 $-\Delta f < (f_0 - f) < \Delta f$ の範囲もしくはこれよりも狭い範囲であるものとする。

なお、制御信号生成回路5は、差 $(f_0 - f)$ が上述の範囲外であって、その差がプラスの場合、すなわち共振周波数 $f_0$ の方が大きい場合には、負荷共振 $f$ を上げるために1次給電線における負荷側のインダクタンスを下げる制御信号をインダクタンス調整回路6に対して出力する。一方、上述の範囲外であって、入力される差が

$$\text{共振周波数} = 1 / \{ 2\pi (C \cdot L)^{1/2} \} \cdots (1)$$

である。よって、この式を利用して、制御信号生成回路5は、インダクタンスの調整量を決定する。

【0012】次に、インダクタンス調整回路6の構成図を図5、図6に示す。図5は、インダクタンス調整回路6において、可変リアクトルを使用した場合の構成を示す図である。図において、符号61が可変リアクトルである。このインダクタンス調整回路7において、制御回路62は制御信号生成回路5からの制御信号に基づき、可変リアクトル61のインダクタンス値の調整を行う。なお、可変リアクトル61は、1次給電線に対して直列に接続される。このように、可変リアクトル61を用いることで、1次給電線における負荷側の負荷共振 $f$ を細かく調整することが可能となる。

【0013】図6は、インダクタンス調整回路6において、符号63a～63nに示すようにリアクトルとスイッチとを組にしたものの複数直列に接続したものをを使用した場合の構成を示す図である。このインダクタンス調整回路6において、制御回路64は制御信号生成回路5からの制御信号に基づき、各リアクトルに並列に接続されたスイッチのオン・オフを制御することによりインダクタンス値の調整を行う。なお、このような構成では、1次給電線における負荷側の負荷共振 $f$ を段階的にしか調整できないが、制御信号生成回路5における制御信号の発生パターンを限定でき、制御信号生成回路5における負荷を減らすことが可能になる。なお、図1において、制御信号生成回路5には減算回路4が含まれ、1次給電線9から電力を供給される負荷の共振周波数 $f_0$ と位相ロック回路3による発振周波数 $f$ とを入力信号とし、制御信号生成回路5において、この共振周波数 $f_0$ と発振周波数 $f$ との差を求め、この差信号が所定範囲にあるようにキャパシタ調整回路7への制御信号を供給するものとしてもよい。あるいは、制御信号生成回路5は減算回路4を含むとともに1次給電線9から電力を供給される負荷の共振周波数 $f_0$ を記憶しており、位相ロック回路3による発振周波数 $f$ とを入力信号としてこの共振周波数 $f_0$ と発振周波数 $f$ との差を求め、この差信号が所定範囲にあるようにキャパシタ調整回路7への制御信号を供給するものとしてもよい。

【0014】以上のように、非接触給電における1次給電側電源装置において、1次給電線9に対して直列に接続されるインダクタンス調整回路6と、受電装置10a～10n内の共振回路における共振周波数 $f_0$ と位相ロック回路3により決定された発振周波数 $f$ との差が所定

マイナスの場合、すなわち共振周波数 $f_0$ の方が小さい場合には、負荷共振 $f$ を下げるために負荷側のインダクタンスを上げる制御信号をインダクタンス調整回路6に対して出力する。ところで、インダクタンス $L$ とキャパシタ $C$ と共振周波数との関係は、

範囲になるように、インダクタンス調整回路に供給する制御信号を生成する制御信号生成回路5とをさらに設け、負荷共振追尾方式とする。これにより、受電装置（搬送車）の台数や走行・停止によりたとえ1次給電線における負荷側のインダクタンスが変わったとしても、負荷共振 $f$ を受電装置における共振周波数 $f_0$ に近い値とすることができ、受電装置に対して電力供給を効率的に行える。

【0015】（第2の実施の形態）第1の実施の形態では、1次給電線における負荷側の回路定数としてインダクタンスを調整することにより、負荷共振 $f$ が搬送車の共振周波数 $f_0$ に対して所定範囲内になるように調整していたが、本実施の形態では、回路定数としてキャパシタ値を調整することにより実現する。図7は、本発明の第2の実施形態による非接触給電における1次給電側電源装置のブロック図である。図7よりこの装置は、電源回路1と、位相ロック回路3と、制御信号生成回路5と、キャパシタ調整回路7とを主な構成要素としている。なお、図7において図1の各部に対応する部分には同一の符号を付け、その説明を省略する。また、1次給電線9は分布定数回路であり、インダクタンスが分布しているが、これを図1と同様に図7においても、線路の適当個所にインダクタンス $L_1 \sim L_n$ として集中して表わしている。以下では、第1の実施の形態との相違点について説明する。

【0016】キャパシタ調整回路7は、1次給電線9に接続され、制御信号生成回路5からの制御信号に基づき1次給電線9全体のキャパシタ値を調整する。そして、制御信号生成回路5は、減算回路4において演算される受電装置10a～10nにおける共振周波数 $f_0$ と位相ロック回路3により決定された発振周波数 $f$ との差を入力信号とし、この入力された差が所定範囲にあるように、キャパシタ調整回路7に供給する制御信号を生成する。すなわち、図7の非接触給電における1次給電側電源装置により、キャパシタ調整回路7において1次給電線9における負荷側のキャパシタが調整され、受電装置10a～10nにより生じるインダクタンス $L_1 \sim L_n$ 、キャパシタ調整回路7でのキャパシタおよび1次給電線側の固定のキャパシタ $C$ から決定される負荷共振 $f$ が、受電装置10a～10nの共振周波数 $f_0$ を中心とした所定範囲内になるように調整される。

【0017】次に、本実施例における制御信号生成回路5とキャパシタ調整回路7について詳細に説明する。制

御信号生成回路5は、受電装置10a～10nにおける共振回路の共振周波数 $f_0$ と位相ロック回路3で決定された発振周波数 $f$ との差を入力信号とし、この差が所定範囲となるように、キャパシタ調整回路6で調整されるキャパシタ値の決定を行う。なお、ここでの所定範囲は、第1の実施例と同様に、図11に示す受電装置10a～10nで必要となる必要電力が得られる負荷共振 $f$ の範囲で、

$$-\Delta f < (f_0 - f) < \Delta f$$

の範囲もしくはこれよりも狭い範囲であるものとする。なお、制御信号生成回路5は、入力される差 $(f_0 - f)$ が上述の範囲外であって、その差がプラスの場合、すなわち共振周波数 $f_0$ の方が大きい場合には、負荷共振 $f$ を上げるために負荷側のキャパシタを下げる制御信号をキャパシタ調整回路7に対して出力する。一方、上述の範囲外であって、その差がマイナスの場合、すなわち共振周波数 $f_0$ の方が小さい場合には、負荷共振 $f$ を下げるために負荷側のキャパシタを上げる制御信号をキャパシタ調整回路7に対して出力する。なお、キャパシタの調整量は、式(1)にもとずいて決定される。

【0018】次に、キャパシタ調整回路7の構成図を図8、図9に示す。図8は、キャパシタ調整回路7において、可変コンデンサを使用した場合の構成を示す図である。図において、符号71が可変コンデンサである。このキャパシタ調整回路7において、制御回路72は制御信号生成回路5からの制御信号に基づき、可変コンデンサ71のキャパシタ値の調整を行う。なお、可変コンデンサ71は、1次給電線に対して並列に接続される。このように、可変コンデンサ71を用いることで、1次給電線における負荷側の負荷共振を細かく調整することが可能になる。

【0019】図9は、キャパシタ調整回路7において、符号73a～73nに示すようにコンデンサとスイッチとを組にしたもの複数並列に接続したものをした場合の構成を示す図である。このキャパシタ調整回路7において、制御回路74は制御信号生成回路5からの制御信号に基づき、各コンデンサに直列に接続されたスイッチのオン・オフを制御することによりキャパシタ値の調整を行う。なお、このような構成では、1次給電線における負荷側の負荷共振 $f$ を段階的にしか調整できないが、制御信号生成回路5における制御信号の発生パターンを限定でき、制御信号生成回路5における負荷を減らすことが可能になる。なお、図7において、制御信号生成回路5には減算回路4が含まれ、1次給電線9から電力を供給される負荷の共振周波数 $f_0$ と位相ロック回路3による発振周波数 $f$ とを入力信号とし、制御信号生成回路5において、この共振周波数 $f_0$ と発振周波数 $f$ との差を求め、この差信号が所定範囲にあるようにキャパシタ調整回路7への制御信号を供給するものとしてもよい。

い。あるいは、制御信号生成回路5は減算回路4を含むとともに1次給電線9から電力を供給される負荷の共振周波数 $f_0$ を記憶しており、位相ロック回路3による発振周波数 $f$ とを入力信号としてこの共振周波数 $f_0$ と発振周波数 $f$ との差を求め、この差信号が所定範囲にあるようにキャパシタ調整回路7への制御信号を供給するものとしてもよい。

【0020】以上のように、非接触給電における1次給電側電源装置において、1次給電線9に対して並列に接続されるキャパシタ調整回路7と、受電装置10a～10nにおける共振周波数 $f_0$ と位相ロック回路3により決定された発振周波数 $f$ との差が所定範囲になるように、キャパシタ調整回路7に供給する制御信号を生成する制御信号生成回路5とをさらに設け、負荷共振追尾方式とする。これにより、受電装置(搬送車)の台数や走行・停止によりたとえ負荷側のインダクタンスが変わったとしても、負荷共振 $f$ を受電装置における共振周波数 $f_0$ に近い値とすることができ、受電装置に対して電力供給を効率的に行えることができるようになる。

【0021】なお、上記2つの実施例において、受電装置10a～10nとして、あらかじめ決められた軌道を移動する複数の搬送車を想定して説明した。しかし、本発明の非接触給電における1次給電側電源装置は、受電装置が搬送車の場合において効果が得られるのみでなく、1次給電線における負荷共振がなんらかの理由で変化し、かつ、受電装置における共振周波数 $f_0$ が固定の場合であれば、効率的に電力を供給することができるという効果を得ることができる。

#### 【0022】

【発明の効果】以上説明したように、本発明による非接触給電における1次給電側電源回路によれば、下記の効果を得ることができる。請求項1から3に記載の発明によれば、本発明による非接触給電における1次給電側電源回路は、非接触給電における1次給電側電源装置において、1次給電線に対して接続されるインダクタンス調整回路と、受電装置における共振周波数と位相ロック回路により決定された発振周波数との差が所定範囲になるように、インダクタンス調整回路に供給する制御信号を生成する制御信号生成回路とをさらに設け、負荷共振追尾方式としている。これにより、受電装置(搬送車)の台数や走行・停止によりたとえ負荷側のインダクタンスが変わったとしても、負荷共振を受電装置における共振周波数に近い値とすることができ、受電装置に対して電力供給を効率的に行える。

【0023】また、請求項4から5に記載の発明によれば、本発明による非接触給電における1次給電側電源回路は、1次給電線に対して接続されるキャパシタ調整回路と、受電装置における共振周波数 $f_0$ と位相ロック回路により決定された発振周波数との差が所定範囲になるように、キャパシタ調整回路に供給する制御信号を生成

する制御信号生成回路とをさらに設け、負荷共振追尾方式としている。これにより、受電装置（搬送車）の台数や走行・停止によりたとえ負荷側のインダクタンスが変わったとしても、負荷共振を受電装置における共振周波数に近い値とすることができ、受電装置に対して電力供給を効率的に行えることができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施形態による非接触給電における1次給電側電源装置のブロック図である。

【図2】 位相ロック回路の構成図である。

【図3】 位相ロック回路における位相比較器の動作を説明するための図である。

【図4】 電源回路の構成を示した単線結線図である。

【図5】 インダクタンス調整回路の構成例を示した図である。

【図6】 インダクタンス調整回路の他の構成例を示した図である。

【図7】 本発明の他の実施形態による非接触給電における1次給電側電源装置のブロック図である。

【図8】 キャパシタ調整回路の構成例を示した図である。

【図9】 キャパシタ調整回路の他の構成例を示した図である。

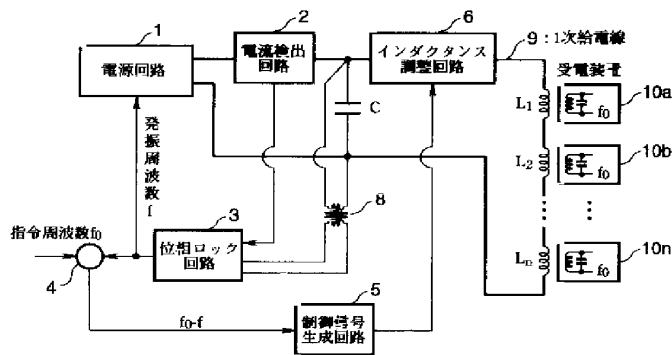
【図10】 非接触給電における1次給電側電源装置の一従来例のブロック図である。

【図11】 負荷共振と電力との関係を示した図である。

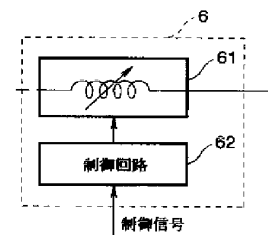
【符号の説明】

- |             |                   |
|-------------|-------------------|
| 1 電源回路      | 2 電流検出回路          |
| 3 位相ロック回路   | 4 減算回路            |
| 5 制御信号生成回路  | 6 インダクタンス調整回路     |
| 7 キャパシタ調整回路 | 8 ポテンシャル・トランスフォーマ |
| 9 1次給電線     | 10a～10n 受電装置      |

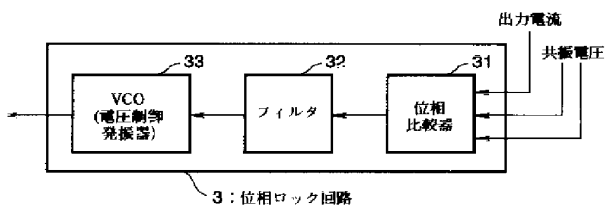
【図1】



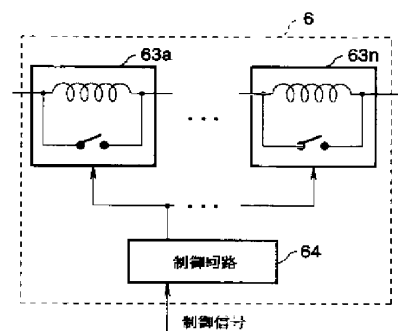
【図5】



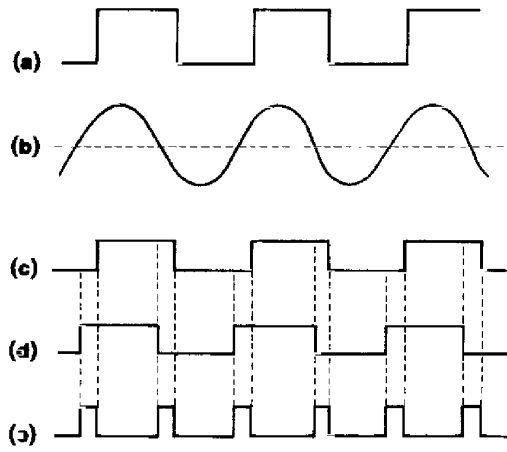
【図2】



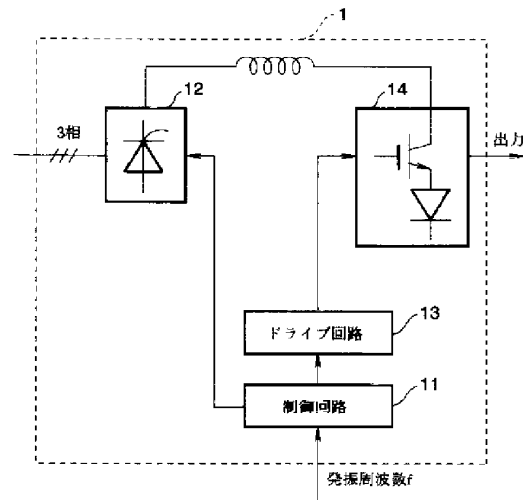
【図6】



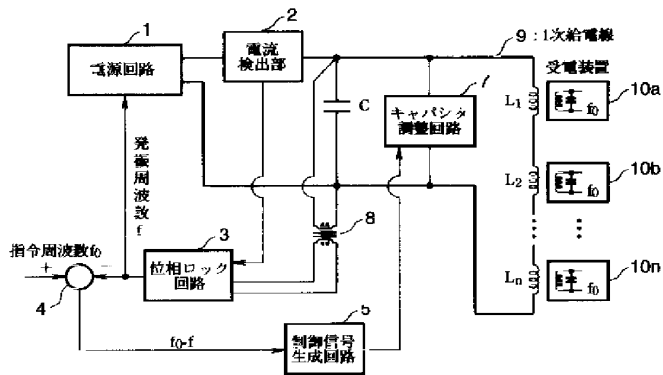
【図3】



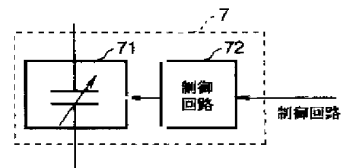
【図4】



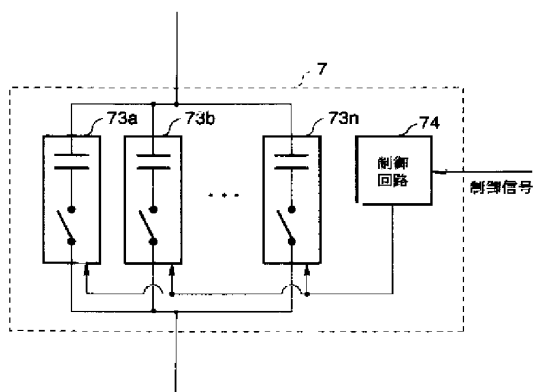
【図7】



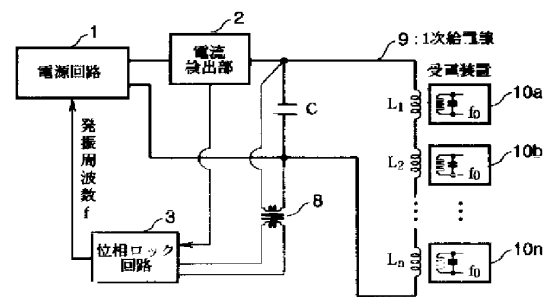
【図8】



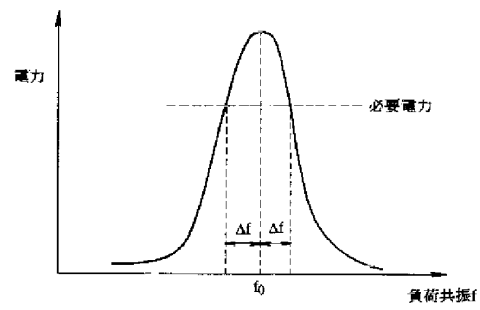
【図9】



【図10】



【図11】





Espacenet

Bibliographic data: JP2012105537 (A) — 2012-05-31

## WIRELESS ENERGY TRANSFER DEVICE

## Inventor(s):

**Applicant(s):** MASSACHUSETTS INST TECHNOLOGY ± (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY)

**Classification:** - international: B60L11/18; H02J17/00  
 - cooperative: B60L11/182; H02J17/00; Y02T10/7005; Y02T90/122; Y02T90/14

**Application number:** JP20110256729 20111124

**Priority number(s):** US20070908383P 20070327 ; US20070908666P 20070328

**Also published as:** JP5576354 (B2) WO2008118178 (A1) WO2008118178 (A8)  
KR20150038594 (A) KR20140007006 (A) KR101386515 (B1)  
KR20130079611 (A) KR101356409 (B1) KR20110117732 (A)  
KR20100015954 (A) KR101288433 (B1) JP2014168375 (A)  
JP2014060917 (A) JP2012502602 (A) JP5190108 (B2)  
EP2418755 (A2) EP2418755 (A3) EP2130287 (A1)  
CN103384095 (A) CN103633745 (A) CN103633745 (B)  
CN102361358 (A) CN102361358 (B) CN101682216 (A)  
CN101682216 (B) CA2682284 (A1) AU2007349874 (A1)  
AU2007349874 (A2) AU2007349874 (B2) less

## Abstract of JP2012105537 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a device for wireless energy transfer.

SOLUTION: A device includes a first resonator structure configured to transfer energy non-radiatively with a second resonator structure over a distance D greater than a characteristic size  $L < SB$

POS="POST">2</SB>of the second resonator structure. The non-radiative energy transfer is mediated by a coupling of a resonant field evanescent tail of the first

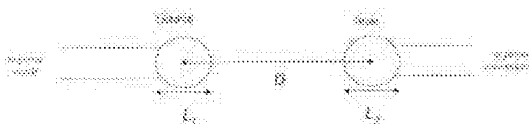


FIG. 1

resonator structure and a resonant field evanescent tail of the second resonator structure. ;COPYRIGHT: (C)2012,JPO&INPIT

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2012-105537  
(P2012-105537A)

(43) 公開日 平成24年5月31日(2012.5.31)

|                         |                 |             |
|-------------------------|-----------------|-------------|
| (51) Int. Cl.           | F 1             | テーマコード (参考) |
| H 0 2 J 17/00 (2006.01) | H 0 2 J 17/00 B | 5 H 1 2 5   |
| B 6 0 L 11/18 (2006.01) | B 6 0 L 11/18 C |             |

審査請求 有 請求項の数 20 O L 外国語出願 (全 49 頁)

|              |                                     |          |                                                                                                             |
|--------------|-------------------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (21) 出願番号    | 特願2011-256729 (P2011-256729)        | (71) 出願人 | 596060697<br>マサチューセッツ インスティテュート<br>オブ テクノロジー<br>アメリカ合衆国マサチューセッツ州O 2 1<br>3 9 ケンブリッジ、マサチューセッツ・ア<br>ヴェニュー・7 7 |
| (22) 出願日     | 平成23年11月24日 (2011.11.24)            |          |                                                                                                             |
| (62) 分割の表示   | 特願2010-500897 (P2010-500897)<br>の分割 | (74) 代理人 | 100147485<br>弁理士 杉村 憲司                                                                                      |
| 原出願日         | 平成19年6月11日 (2007.6.11)              | (74) 代理人 | 100153017<br>弁理士 大倉 昭人                                                                                      |
| (31) 優先権主張番号 | 60/908,383                          | (74) 代理人 | 100158148<br>弁理士 荒木 淳                                                                                       |
| (32) 優先日     | 平成19年3月27日 (2007.3.27)              |          |                                                                                                             |
| (33) 優先権主張国  | 米国 (US)                             |          |                                                                                                             |
| (31) 優先権主張番号 | 60/908,666                          |          |                                                                                                             |
| (32) 優先日     | 平成19年3月28日 (2007.3.28)              |          |                                                                                                             |
| (33) 優先権主張国  | 米国 (US)                             |          |                                                                                                             |

最終頁に続く

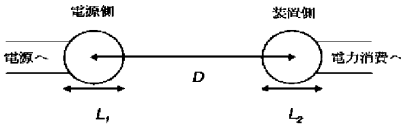
(54) 【発明の名称】 無線エネルギー伝達装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 無線エネルギー伝達用の装置を提供する。

【解決手段】 装置は、第2共振構造との間でエネルギーを無放射で、第2共振構造の特徴的サイズ $L_2$ より大きい距離 $D$ 越しに伝達するように構成された第1共振構造を含む。この無放射のエネルギー伝達には、第1共振構造の共鳴場エバネセント・テールと第2共振構造の共鳴場エバネセント・テールとの結合が介在する。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

無線エネルギー伝達用の装置において、

第 2 共振構造との間でエネルギーを無放射で距離  $D$  越しに伝達するように構成された第 1 共振構造を具え、前記距離  $D$  は、前記第 1 共振構造の特徴的サイズ  $L_1$  より大きく、かつ前記第 2 共振構造の特徴的サイズ  $L_2$  より大きく、

前記無放射のエネルギー伝達に、前記第 1 共振構造の共鳴場エバネセント・テールと前記第 2 共振構造の共鳴場エバネセント・テールとの結合が介在し、

さらに、前記第 2 共振構造を具え、

さらに、

前記第 1 共振構造及び前記第 2 共振構造のうち 1 つ以上との間でエネルギーを無放射で伝達するように構成された第 3 共振構造を具え、

前記第 3 共振構造と、前記第 1 共振構造及び前記第 2 共振構造のうち 1 つ以上との間の無放射のエネルギー伝達に、前記第 1 共振構造及び前記第 2 共振構造のうち 1 つ以上の共鳴場エバネセント・テールと前記第 3 共振構造の共鳴場エバネセント・テールとの結合が介在することを特徴とする無線エネルギー伝達装置。

## 【請求項 2】

前記第 3 共振構造が、前記第 1 共振構造及び前記第 2 共振構造のうち 1 つ以上にエネルギーを伝達するように構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の装置。

## 【請求項 3】

前記第 3 共振構造が、前記第 1 共振構造及び前記第 2 共振構造のうち 1 つ以上からエネルギーを受けるように構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の装置。

## 【請求項 4】

前記第 3 共振構造が、前記第 1 共振構造及び前記第 2 共振構造のうち一方からエネルギーを受け、前記第 1 共振構造及び前記第 2 共振構造のうち他方にエネルギーを伝達するように構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の装置。

## 【請求項 5】

前記第 1 共振構造が、共振周波数  $\omega_1$ 、 $Q$  値  $Q_1$ 、及び共振幅  $\Gamma_1$  を有し、

前記第 2 共振構造が、共振周波数  $\omega_2$ 、 $Q$  値  $Q_2$ 、及び共振幅  $\Gamma_2$  を有し、

前記無放射のエネルギー伝達が速度  $k$  を有する

ことを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載の装置。

## 【請求項 6】

$Q_1 > 100$  かつ  $Q_2 > 100$  であることを特徴とする請求項 5 に記載の装置。

## 【請求項 7】

$D/L_2$  が 2 であることを特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載の装置。

## 【請求項 8】

$D/L_2$  が 3 であることを特徴とする請求項 1 ～ 7 のいずれかに記載の装置。

## 【請求項 9】

$D/L_2$  が 5 であることを特徴とする請求項 1 ～ 8 のいずれかに記載の装置。

## 【請求項 10】

前記エネルギー伝達が、約 10% より大きい効率  $\eta_w$  で動作することを特徴とする請求項 1 ～ 9 のいずれかに記載の装置。

## 【請求項 11】

前記エネルギー伝達が、約 20% より大きい効率  $\eta_w$  で動作することを特徴とする請求項 1 ～ 10 のいずれかに記載の装置。

## 【請求項 12】

さらに、前記第 1 共振構造に結合され、当該共振構造を周波数  $f$  で駆動するように構成された電源を具えていることを特徴とする請求項 1 ～ 11 のいずれかに記載の装置。

## 【請求項 13】

$f$  が約 100 MHz 以下であることを特徴とする請求項 12 に記載の装置。

10

20

30

40

50

## 【請求項 14】

f が約 10 kHz 以上であることを特徴とする請求項 12 に記載の装置。

## 【請求項 15】

動作中に、前記第 1 共振構造及び前記第 2 共振構造のうち一方の共振構造が、使用可能な電力  $P_w$  を、前記第 1 共振構造及び前記第 2 共振構造のうち他方の共振構造から受け、 $P_w$  が約 1 ワットより大きいことを特徴とする請求項 1～14 のいずれかに記載の装置。

## 【請求項 16】

$P_w$  が約 10 ワットより大きいことを特徴とする請求項 15 に記載の装置。

## 【請求項 17】

さらに、前記第 2 共振構造に電気結合された電気装置または電子装置を具え、この電気装置または電子装置は、前記第 2 共振構造からエネルギーを受けることができることを特徴とする請求項 1～16 のいずれかに記載の装置。

10

## 【請求項 18】

前記電気装置または電子装置が携帯電子装置を含むことを特徴とする請求項 17 に記載の装置。

## 【請求項 19】

前記電気装置または電子装置が車両を含むことを特徴とする請求項 17 に記載の装置。

## 【請求項 20】

さらに、前記第 1 共振構造、前記第 2 共振構造、及び前記第 3 共振構造のうち 1 つ以上の共振周波数を維持するためのフィードバック・メカニズムを具えていることを特徴とする請求項 1～19 のいずれかに記載の装置。

20

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

(関連出願へのクロスリファレンス)

この仮出願は、米国特許出願第 60/908383 号、2007 年 3 月 27 日出願、米国特許出願第 11/481077 号、2006 年 7 月 7 日出願、及び米国特許仮出願第 60/698442 号、2005 年 7 月 12 日出願に関連する。米国特許出願第 11/481077 号、2006 年 7 月 7 日出願、及び米国特許仮出願第 60/698442 号、2005 年 7 月 12 日出願の各々は、その全文を参考文献として本明細書に含める。

30

## 【0002】

本発明は、無線エネルギー伝達に関するものである。無線エネルギー伝達は例えば、自立型電気装置または電子装置に電力を供給するような用途において有用であり得る。

## 【背景技術】

## 【0003】

(情報伝達用に非常に良好に動作する) 全方向アンテナの放射モードは、エネルギーの大部分が自由空間内で浪費されるので、こうしたエネルギー伝達には適していない。レーザーまたは高指向性アンテナを用いた指向性のある放射モードは、長距離(伝送距離  $L_{TRANS} \gg L_{DEV}$ 、ここに  $L_{DEV}$  は装置及び/またはエネルギー源の特徴的な大きさ)に対しても効率的に用いることができるが、無障害の見通し線の存在、及び移動体の場合は複雑な追跡(トラッキング)システムを必要とする。一部の伝達方式は誘導に頼るが、一般に非常に近距離( $L_{TRANS} \ll L_{DEV}$ )または低電力( $\sim mW$ )エネルギーの伝達に限定される。

40

## 【0004】

近年の自立型電子機器(例えばラップトップ・コンピュータ、携帯電話、家庭用ロボット、これらのすべてが一般に化学エネルギー蓄電に頼る)の急速な発達は、無線エネルギー伝達の必要性の増加をもたらしてきた。

## 【先行技術文献】

## 【非特許文献】

## 【0005】

【非特許文献 1】 Haus, H. A., "Waves and Fields in Optoelectronics", Prentice-H

50

all, New Jersey, 1984

【非特許文献2】S. Sensiper, "Electromagnetic wave propagation on helical conductors", PhD Thesis, Massachusetts Institute of Technology

【非特許文献3】Balanis, C. A., "Antenna Theory: Analysis and Design" (Wiley, New Jersey, 2005)

【非特許文献4】Jackson, J. D., "Classical Electrodynamics" (Wiley, New York, 1999)

#### 【発明の概要】

#### 【0006】

発明者は、局在的エバネセント場を持つ結合共振モードを有する共振物体を、無放射のエネルギー伝達に用いることができることを認識した。共振物体は、他の共振外環境の物体とは弱く相互作用しつつ結合しやすい。一般に、以下に説明する技術を用いれば、結合が増加すると共に伝達効率も増加する。以下の技術を用いた一部の好適例では、エネルギー伝達速度をエネルギー損失速度より大きくすることができる。従って、他の共振外物体内へのエネルギーの伝達及び消失を少量だけ受忍しつつ、効率的な無線エネルギー交換を共振物体間で達成することができる。近接場のほぼ全方向であるが定常的な（無損失の）性質が、このメカニズムを携帯無線受信機に適したものにできる。従って、種々の好適例は、例えば、装置（ロボット、車両、コンピュータ、または同様のもの）が建屋内を自由に動き回りながら、エネルギー源（例えば有線配電網に接続されたもの）を工場建屋の天井に配置することを含む、多様の可能な用途を有する。他の用途は、電気エンジンのバス及び／またはハイブリッドカー、及び医療用埋め込み型装置である。

#### 【0007】

一部の好適例では、共振モードがいわゆる磁気共鳴であり、これについては、共振物体を包囲するエネルギーの大部分が磁界中に蓄積され、即ち、共振物体外にはごくわずかな電界しか存在しない。大部分の日常的材質（動物、植物及び人間を含む）は非磁性であり、それらと磁界との相互作用は最小限である。このことは、安全性にとって、及び無関係な環境物体との相互作用を低減するためにも、共に重要である。

#### 【0008】

1つの態様では、無線エネルギー伝達用の装置を開示し、この装置は第1共振構造を含み、この第1共振構造は、第2共振構造との間でエネルギーを無放射で、第2共振構造の特徴的サイズ $L_2$ より大きい距離 $D$ 越しに伝達するように構成されている。この無放射のエネルギー伝達には、第1共振構造の共鳴場エバネセント・テールと第2共振構造の共鳴場エバネセント・テールとの結合が介在する。一部の好適例では、 $D$ はまた、次の1つ以上より大きい：第1共振構造の特徴的サイズ $L_1$ 、第1共振構造の特徴的な幅、及び第1共振構造の特徴的厚さ。この装置は、次の特徴のいずれかを単独で、あるいは組み合わせで含むことができる。

#### 【0009】

一部の好適例では、第1共振構造が第2共振構造にエネルギーを伝達するように構成されている。一部の好適例では、第1共振構造が第2共振構造からエネルギーを受けるように構成されている。一部の好適例では、この装置が第2共振構造を含む。

#### 【0010】

一部の好適例では、第1共振構造が共振周波数 $\omega_1$ 、Q値 $Q_1$ 、及び共振幅 $\Gamma_1$ を有し、第2共振構造が共振周波数 $\omega_2$ 、Q値 $Q_2$ 、及び共振幅 $\Gamma_2$ を有し、上記無放射伝達が伝達速度 $\kappa$ を有する。一部の好適例では、周波数 $\omega_1$ 及び $\omega_2$ がおおよそ、共振幅 $\Gamma_1$ 及び $\Gamma_2$ のうち狭い方の中にある。

#### 【0011】

一部の好適例では、 $Q_1 > 100$ かつ $Q_2 > 100$ 、 $Q_1 > 200$ かつ $Q_2 > 200$ 、 $Q_1 > 500$ かつ $Q_2 > 500$ 、 $Q_1 > 1000$ かつ $Q_2 > 1000$ である。一部の好適例では、 $Q_1 > 200$ または $Q_2 > 200$ 、 $Q_1 > 500$ または $Q_2 > 500$ 、 $Q_1 > 1000$ または $Q_2 > 1000$ である。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 2 】

一部の好適例では、結合対損失比が

【数 1】

$$\frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} > 0.5, \frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} > 1, \frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} > 2,$$

または

【数 2】

$$\frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} > 5$$

10

である。

【 0 0 1 3 】

一部の好適例では、 $D/L_2$ を2、3、5、7、10にすることができる

【 0 0 1 4 】

一部の好適例では、 $Q_1 > 1000$ 、 $Q_2 > 1000$ 、かつ結合対損失比が

【数 3】

20

$$\frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} > 10$$

である。

【 0 0 1 5 】

一部の好適例では、 $Q_1 > 1000$ 、 $Q_2 > 1000$ 、かつ結合対損失比が

【数 4】

30

$$\frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} > 25$$

である。

【 0 0 1 6 】

一部の好適例では、 $Q_1 > 1000$ 、 $Q_2 > 1000$ 、かつ結合対損失比が

【数 5】

40

$$\frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} > 40$$

である。

【 0 0 1 7 】

一部の好適例では、エネルギー伝達が、約1%より大きい効率 $\eta_w$ 、約10%より大きい効率 $\eta_w$ 、約20%より大きい効率 $\eta_w$ 、約30%より大きい効率 $\eta_w$ 、または約80%より大きい効率 $\eta_w$ で動作する。

【 0 0 1 8 】

一部の好適例では、エネルギー伝達が、約10%未満の放射損失 $\eta_{rad}$ で動作する。こ

50

うした一部の好適例では、結合対損失比が

【数 6】

$$\frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} \geq 0.1$$

である。

【0019】

一部の好適例では、エネルギー伝達が、約 1 % 未満の放射損失  $\eta_{rad}$  で動作する。こう

10

した一部の好適例では、結合対損失比が

【数 7】

$$\frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} \geq 1$$

である。

【0020】

一部の好適例では、いずれかの共振物体の表面から 3 cm 以上の距離に人間が存在すると、エネルギー伝達は、人間への伝達による約 1 % 未満の損失  $\eta_{rad}$  で動作する。こうした

20

一部の好適例では、結合対損失比が

【数 8】

$$\frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} \geq 1$$

である。

【0021】

一部の好適例では、いずれかの共振物体の表面から 10 cm 以上の距離に人間が存在すると、エネルギー伝達は、人間に至る約 0.2 % 未満の損失  $\eta_{rad}$  を伴って動作する。こうした

30

した一部の好適例では、結合対損失比が

【数 9】

$$\frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} \geq 1$$

である。

【0022】

一部の好適例では、動作中に第 1 または第 2 共振構造に結合した電源が、この共振構造を周波数  $f$  で駆動する。一部の好適例では、上記装置がさらに、この電源を含む。一部の好適例では、 $f$  はおよそ最適効率の周波数である。

40

【0023】

一部の好適例では、 $f$  が約 50 GHz 以下、約 1 GHz 以下、約 100 MHz 以下、約 10 MHz 以下である。一部の好適例では、 $f$  が約 1 MHz 以下、約 100 kHz 以下、または約 10 kHz 以下である。一部の好適例では、 $f$  が約 50 GHz 以上、約 1 GHz 以上、約 100 MHz 以上、約 10 MHz 以上、約 1 MHz 以上、約 100 kHz 以上、または約 10 kHz 以上である。

【0024】

一部の好適例では、動作中に、上記共振構造の一方が他方の共振構造から使用可能な電力  $P_w$  を受ける。一部の好適例では、 $P_w$  は約 0.01 ワット以上、約 0.1 ワット以上、約 1 ワット以上、または約 10 ワット以上である。

50

## 【0025】

一部の好適例では、 $Q_k = \omega / 2 \kappa$  が約 50 未満、約 200 未満、約 500 未満、または約 1000 未満である。

## 【0026】

一部の好適例では、 $D / L_2$  が 3、5、7 または 10 である。

## 【0027】

一部の好適例では、第 1 及び第 2 共振構造の 1 つが容量負荷付き導線コイルを含む。一部の好適例では、第 1 及び第 2 共振構造が共に、容量負荷付き導線コイルを含む。こうした一部の好適例では、動作中に、共振構造の一方が、使用可能な電力  $P_w$  を他方の共振構造から受け、電流  $I_s$  が、他方の共振構造にエネルギーを伝送中の共振構造内を流れ、比率

10

$$\frac{I_s}{\sqrt{P_w}}$$

は約 5

$$\text{アンペア} / \sqrt{\text{ワット}}$$

20

未満、または約 2

$$\text{アンペア} / \sqrt{\text{ワット}}$$

未満である。一部の好適例では、動作中に、上記共振構造の一方が、使用可能な電力  $P_w$  を他方の共振構造から受け、電圧差  $V_s$  が第 1 共振構造の容量負荷の端子間に現れ、比率

30

$$\frac{V_s}{\sqrt{P_w}}$$

は約 2000

$$\text{ボルト} / \sqrt{\text{ワット}}$$

未満、または約 4000

40

$$\text{ボルト} / \sqrt{\text{ワット}}$$

未満である。

## 【0028】

一部の好適例では、第 1 及び第 2 共振構造が共に、容量負荷付き導線コイルを含み、 $Q_1 > 200$  かつ  $Q_2 > 200$  である。一部の好適例では、他方の共振構造からエネルギーを受ける共振構造の特徴的サイズ  $L_R$  が約 1 cm 未満であり、この共振構造の導線コイルの幅

50

が約 1 mm未満であり、動作中に、第 1 または第 2 共振構造に結合された電源が、この共振構造を周波数  $f$  で駆動する。こうした一部の好適例では、 $f$  が約 380 MHzである。一部の好適例では、結合対損失比が

【数 1 0】

$$\frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} \geq 14.9, \frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} \geq 3.2, \frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} \geq 1.2,$$

または

【数 1 1】

$$\frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} \geq 0.4$$

10

である。

【0 0 2 9】

一部の好適例では、他方の共振構造からエネルギーを受ける共振構造の特徴的サイズ  $L_R$  が約 10 cm未満であり、この共振構造の導線コイルの幅が約 2 mm未満であり、動作中に、第 1 または第 2 共振構造に結合された電源が、この共振構造を周波数  $f$  で駆動する。一部の好適例では、 $f$  が約 43 MHzである。一部の好適例では、結合対損失比が

20

【数 1 2】

$$\frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} \geq 15.9, \frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} \geq 4.3, \frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} \geq 1.8,$$

または

【数 1 3】

$$\frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} \geq 0.7$$

30

である。一部の好適例では、他方の共振構造からエネルギーを受ける共振構造の特徴的サイズ  $L_R$  が約 30 cm未満であり、この共振構造の導線コイルの幅が約 2 mm未満であり、動作中に、第 1 または第 2 共振構造に結合された電源が、この共振構造を周波数  $f$  で駆動する。一部の好適例では、 $f$  が約 9 MHzである。一部の好適例では、結合対損失比が

【数 1 4】

$$\frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} \geq 67.4, \frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} \geq 17.8, \frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} \geq 7.1,$$

40

または

【数 1 5】

$$\frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} \geq 2.7$$

である。一部の好適例では、他方の共振構造からエネルギーを受ける共振構造の特徴的サイズ  $L_R$  が約 30 cm未満であり、この共振構造の導線コイルの幅が約 2 mm未満であり、動作中に、第 1 または第 2 共振構造に結合された電源が、この共振構造を周波数  $f$  で駆動す

50

る。一部の好適例では、 $f$  が約 9 MHz である。一部の好適例では、結合対損失比が

【数 1 6】

$$\frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} \geq 6.3, \frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} \geq 1.3, \frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} \geq 0.5.,$$

または

【数 1 7】

$$\frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} \geq 0.2$$

10

である。一部の好適例では、他方の共振構造からエネルギーを受ける共振構造の特徴的サイズ  $L_R$  が約 1 mm 未満であり、この共振構造の導線コイルの幅が約 2 mm 未満であり、動作中に、第 1 または第 2 共振構造に結合された電源が、この共振構造を周波数  $f$  で駆動する。一部の好適例では、 $f$  が約 5 MHz である。一部の好適例では、結合対損失比が

【数 1 8】

20

$$\frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} \geq 6.8, \frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} \geq 1.4, \frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} \geq 0.5, \frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} \geq 0.2$$

である。こうした一部の好適例では、 $D/L_2$  が約 3、約 5、約 7 または約 10 である。

【0030】

一部の好適例では、第 1 及び第 2 共振構造の一方または両方は誘電体円板（ディスク）を含む。一部の好適例では、他方の共振構造からエネルギーを受ける共振構造の特徴的サイズが上記  $L_R$  であり、この共振構造の誘電率の実数部  $\epsilon$  が約 150 未満である。こうした一部の好適例では、結合対損失比が

30

【数 1 9】

$$\frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} \geq 42.4, \frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} \geq 6.5, \frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} \geq 2.3, \frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} \geq 0.5$$

である。一部の好適例では、他方の共振構造からエネルギーを受ける共振構造の特徴的サイズ  $L_R$  が約 1 mm 未満であり、この共振構造の誘電率の実数部  $\epsilon$  が約 70 未満である。一部の好適例では、結合対損失比が

【数 2 0】

40

$$\frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} \geq 30.9, \frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} \geq 2.3,$$

または

【数 2 1】

$$\frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} \geq 0.5$$

である。一部の好適例では、この共振構造の誘電率の実数部  $\epsilon$  が約 6.5 未満である。

【0 0 3 1】

一部の好適例では、第 1 及び第 2 共振構造の一方が自己共振導線コイルを含む。一部の好適例では、第 1 及び第 2 共振構造が共に、自己共振導線コイルを含む。

【0 0 3 2】

一部の好適例では、これらの自己共振導線コイルの 1 つ以上が、長さ  $l$  及び断面半径  $a$  の導線を含み、この導線が、断面半径  $r$ 、高さ  $h$ 、及びターン（巻）数  $N$  の螺旋コイルの形に巻かれている。一部の好適例では、

【数 2 2】

$$N = \sqrt{l^2 - h^2} / 2\pi r$$

である。

【0 0 3 3】

一部の好適例では、第 1 及び第 2 共振構造が共に、自己共振導線コイルを含み、 $Q_1 > 200$  かつ  $Q_2 > 200$  である。

【0 0 3 4】

一部の好適例では、共振構造毎に、 $r$  が約 3.0 cm、 $h$  が約 2.0 cm、 $a$  が約 3 mm、及び  $N$  が約 5.25 であり、動作中に、第 1 または第 2 共振構造に結合された電源がこの共振構造を周波数  $f$  で駆動する。一部の好適例では、 $f$  が約 10.6 MHz である。一部の好適例では、結合対損失比が

【数 2 3】

$$\frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} \geq 40, \frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} \geq 15,$$

または

【数 2 4】

$$\frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} \geq 5,$$

または

【数 2 5】

$$\frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} \geq 1$$

である。一部の好適例では、 $D/L_R$  が 2、3、5、または 8 である。

【0 0 3 5】

一部の好適例では、上記装置がさらに、第 2 共振構造に電気結合された電気または電子装置を含み、この電気または電子装置は第 2 共振構造からエネルギーを受ける。一部の好適例では、この電気または電子装置は、ロボット（例えば通常のロボットまたはナノロボ

10

20

30

40

50

ット)、携帯(モバイル)電子装置(例えば電話機、またはコンピュータ、あるいはラップトップ・コンピュータ)を含む。一部の好適例では、この電気または電子装置が、患者の体内に埋め込むように構成された医療装置(例えば人工臓器、または薬剤を送り届けるように構成されたインプラント)を含む。

#### 【0036】

一部の好適例では、第1及び第2共振構造の少なくとも一方が：誘電体円板、誘電物体、金属物体、金属誘電物質、プラズモン物質、容量負荷付き導線コイル、自己共振導線コイルの少なくとも1つを含む。

#### 【0037】

一部の好適例では、上記共鳴場が電磁場である。一部の好適例では、上記共鳴場が音場である。一部の好適例では、上記共鳴場の1つ以上が、上記共振構造の一方のウィスパーリング・ギャラリモードを含む。

10

#### 【0038】

一部の好適例では、上記共鳴場が、共振物体外の領域内で主として磁界である。一部の好適例では、最寄りの共振物体からの距離  $p$  における、平均電界エネルギーの平均磁界エネルギーに対する比率が  $0.01$  未満、または  $0.1$  未満である。一部の好適例では、 $L_c$  を最寄の共振物体の特徴的サイズとすれば、 $p/L_c$  が  $1.5$ 、 $3$ 、 $5$ 、 $7$ 、または  $10$  未満である。

#### 【0039】

一部の好適例では、上記共振構造が、約  $5000$  より大きい  $Q$  値、または約  $10000$  より大きい  $Q$  値を有する。

20

#### 【0040】

一部の好適例では、上記共振構造の少なくとも一方が約  $10000$  より大きい  $Q$  値を有する。

#### 【0041】

一部の好適例では、上記装置が第3共振構造も含み、この第3共振構造は、第1及び第2共振構造のうち1つ以上との間で、無放射でエネルギーを伝達するように構成され、第3共振構造と、第1及び第2共振構造のうち1つ以上との間の無放射のエネルギー伝達には、第1及び第2共振構造のうち1つ以上の共鳴場エバネセント・テールと第3共振構造の共鳴場エバネセント・テールとの結合が介在する。

30

#### 【0042】

一部の好適例では、第3共振構造が、第1及び第2共振構造のうち1つ以上にエネルギーを伝達するように構成されている。

#### 【0043】

一部の好適例では、第3共振構造が、第1及び第2共振構造のうち1つ以上からエネルギーを受けるように構成されている。

#### 【0044】

一部の好適例では、第3共振構造が、第1及び第2共振構造の一方からエネルギーを受け、第1及び第2共振構造の他方にエネルギーを伝達するように構成されている。

#### 【0045】

他の態様では、無線エネルギー伝達の方法を開示し、この方法は、第1共振構造を用意するステップと、第2共振構造との間でエネルギーを無放射で、第1共振構造の特徴的サイズ  $L_1$  より大きく、かつ第2共振構造の特徴的サイズ  $L_2$  より大きい距離  $D$  越しに伝達するステップとを含む。この無放射のエネルギー伝達には、第1共振構造の共鳴場エバネセント・テールと第2共振構造の共鳴場エバネセント・テールとの結合が介在する。

40

#### 【0046】

一部の好適例では、第1共振構造が共振周波数  $\omega_1$ 、 $Q$  値  $Q_1$ 、及び共振幅  $\Gamma_1$  を有し、第2共振構造が共振周波数  $\omega_2$ 、 $Q$  値  $Q_2$ 、及び共振幅  $\Gamma_2$  を有し、上記無放射伝達が伝達速度  $\kappa$  を有する。一部の好適例では、周波数  $\omega_1$  及び  $\omega_2$  がおよそ、共振幅  $\Gamma_1$  及び  $\Gamma_2$  のうち狭い方の中にある。一部の好適例では、結合対損失比が

50

【数 2 6】

$$\frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} > 1$$

である。

【0 0 4 7】

他の態様では、第 1 共振構造を含む装置を開示し、この第 1 共振構造は、第 2 共振構造との間でエネルギーを無放射で、第 1 共振構造の特徴的な幅  $W_1$  より大きく、かつ第 2 共振構造の特徴的なサイズ  $L_2$  より大きい距離  $D$  越しに伝達するように構成されている。この無放射のエネルギー伝達には、第 1 共振構造の共鳴場エバネセント・テールと第 2 共振構造の共鳴場エバネセント・テールとの結合が介在する。一部の好適例では、第 1 共振構造が第 2 共振構造にエネルギーを伝達するように構成されている。一部の好適例では、この装置が第 2 共振構造を含む。一部の好適例では、第 1 共振構造が共振周波数  $\omega_1$ 、Q 値  $Q_1$ 、及び共振幅  $\Gamma_1$  を有し、第 2 共振構造が共振周波数  $\omega_2$ 、Q 値  $Q_2$ 、及び共振幅  $\Gamma_2$  を有し、上記無放射伝達が伝達速度  $\kappa$  を有する。一部の好適例では、周波数  $\omega_1$  及び  $\omega_2$  がおよそ、共振幅  $\Gamma_1$  及び  $\Gamma_2$  のうち狭い方の中にある。一部の好適例では、結合対損失比が

10

【数 2 7】

$$\frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} > 1$$

20

である。

【0 0 4 8】

他の態様では無線情報伝達用の装置を開示し、この装置は第 1 共振構造を含み、この第 1 共振構造は、第 2 共振構造との間でエネルギーを無放射で、第 1 共振構造の特徴的なサイズ  $L_1$  より大きく、かつ第 2 共振構造の特徴的なサイズ  $L_2$  より大きい距離  $D$  越しに伝達するように構成されている。この無放射のエネルギー伝達には、第 1 共振構造の共鳴場エバネセント・テールと第 2 共振構造の共鳴場エバネセント・テールとの結合が介在する。

30

【0 0 4 9】

一部の好適例では、第 1 共振構造が第 2 共振構造にエネルギーを伝達するように構成されている。一部の好適例では、第 1 共振構造が第 2 共振構造からエネルギーを受けるように構成されている。一部の好適例では、この装置が第 2 共振構造を含む。一部の好適例では、第 1 共振構造が共振周波数  $\omega_1$ 、Q 値  $Q_1$ 、及び共振幅  $\Gamma_1$  を有し、第 2 共振構造が共振周波数  $\omega_2$ 、Q 値  $Q_2$ 、及び共振幅  $\Gamma_2$  を有し、上記無放射伝達が伝達速度  $\kappa$  を有する。一部の好適例では、周波数  $\omega_1$  及び  $\omega_2$  がおよそ、共振幅  $\Gamma_1$  及び  $\Gamma_2$  のうち狭い方の中にある。一部の好適例では、結合対損失比が

【数 2 8】

$$\frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} > 1$$

40

である。

【0 0 5 0】

他の態様では無線情報伝達用の装置を開示し、この装置は第 1 共振構造を含み、この第 1 共振構造は、第 2 共振構造との間でエネルギーを無放射で、第 1 共振構造の特徴的な厚さ  $T_1$  より大きく、かつ第 2 共振構造の特徴的なサイズ  $L_2$  より大きい距離  $D$  越しに伝達するように構成されている。この無放射のエネルギー伝達には、第 1 共振構造の共鳴場エバネセント・テールと第 2 共振構造の共鳴場エバネセント・テールとの結合が介在する。一部の

50

好適例では、第1共振構造が第2共振構造からエネルギーを受けるように構成されている。一部の好適例では、この装置が第2共振構造を含む。一部の好適例では、第1共振構造が共振周波数 $\omega_1$ 、Q値 $Q_1$ 、及び共振幅 $\Gamma_1$ を有し、第2共振構造が共振周波数 $\omega_2$ 、Q値 $Q_2$ 、及び共振幅 $\Gamma_2$ を有し、上記無放射伝達が伝達速度 $\kappa$ を有する。一部の好適例では、周波数 $\omega_1$ 及び $\omega_2$ がおおよそ、共振幅 $\Gamma_1$ 及び $\Gamma_2$ のうち狭い方の中にある。一部の好適例では、結合対損失比が

【数29】

$$\frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} > 1$$

10

である。

【0051】

一部の好適例は、動作中に上記共振構造の1つ以上の共振周波数を維持するメカニズムを含む。一部の好適例では、このフォードバック・メカニズムが、固定周波数を有する発振器（オシレータ）を具え、上記共振構造の1つ以上の共振周波数を、この固定周波数におおよそ等しい値に調整するように構成されている。一部の好適例では、このフィードバック・メカニズムが、エネルギー伝達の効率を監視し、この効率を最大化すべく上記共振構造の1つ以上の共振周波数を調整するように構成されている。

【0052】

20

なお、ある物体の特徴的サイズは、この物体全体をちょうど合う大きさで取り囲む球の半径に等しい。ある物体の特徴的な幅は、この物体が直線的に進みながら当該円内を通過することのできる最小限可能な円の半径である。例えば、円柱形の物体の特徴的な幅は、この円柱の半径である。ある物体の特徴的厚さは、平面上に任意の（あらゆる）置き方で配置した際に、この物体の最高点がこの平面を上回る最小限可能な高さである。

【0053】

2つの共振物体間で距離D越しにエネルギー伝達が生じる距離Dは、各物体の全体をちょうど合う大きさで取り囲む最小球のそれぞれの中心間の距離である。しかし、人間と共振物体との間の距離を考える際は、この距離は人間の外面からこの球の外面までを測ることになる。

30

【0054】

以下で詳細に説明するように、無放射のエネルギー伝達とは、第1には局在的近接場を通して行われ、そして高々、第2には、この近接場の放射部分を通して行われるエネルギー伝達を称する。

【0055】

なお、共振物体のエバネセント・テールは、この物体の所に局在する共鳴場の徐々に減衰する無放射部分である。この減衰は、例えば指数関数的減衰またはべき乗則（指数法則）の減衰を含む任意の関数形をとる。

【0056】

無線エネルギー伝達システムの最適効率の周波数は、他のすべての要素を一定に保持した上で、性能指数（示性数、フィギュア・オブ・メリット）

40

$$\frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}}$$

が最大になる周波数である。

【0057】

共振幅（ $\Gamma$ ）とは、ある物体の固有損失（例えば吸収、放射、等に至る損失）によるこの物体の共振の幅を称する。

【0058】

50

なお、Q 値は、振動系の振幅の減衰時定数を、その振動周期と比較した係数である。周波数  $\omega$  及び共振幅  $\Gamma$  を有する所定の共振器については、Q 値  $Q = \omega / 2 \Gamma$  である。

【0059】

なお、 $Q_k = \omega / 2 \kappa$  である。

【0060】

無放射のエネルギー伝達速度  $\kappa$  は、1つの共振器から他の共振器へのエネルギー伝達の速度を称する。以下に記載する結合モードの説明では、 $\kappa$  は共振器間の結合定数である。

【0061】

特に断りのない限り、本明細書で用いるすべての技術用語及び科学用語は本発明が属する技術分野の当業者が通常理解するのと同じ意味を有する。参考文献として本明細書に含めると称した刊行物、特許出願、特許、及び他の参考文献と意味が対立する場合は、定義を含めた本明細書の記載が（意味を）支配する。

10

【0062】

種々の好適例は上記特徴のいずれかを単独で、あるいは組み合わせて含むことができる。

【0063】

本発明の他の特徴、目的、及び利点は、以下の詳細な説明より明らかになる。

【図面の簡単な説明】

【0064】

【図1】無線エネルギー伝達方式の概略図である。

20

【図2】自己共振導線コイルの例を示す図である。

【図3】2つの自己共振導線コイルを特徴とする無線エネルギー伝達方式を示す図である。

【図4】容量負荷付き導線コイルの例を示し、その周辺磁界を例示する図である。

【図5】2つの容量負荷付き導線コイルを特徴とする無線エネルギー伝達方式を示し、その周辺磁界を例示する図である。

【図6】共振誘電体円板の例を示し、その周辺磁界を例示する図である。

【図7】2つの共振誘電体円板を特徴とする無線エネルギー伝達方式を示し、その周辺磁界を例示する図である。

【図8a】周波数制御メカニズムの概略図である。

30

【図8b】周波数制御メカニズムの概略図である。

【図9a】種々の無関係な物体が存在する無線エネルギー伝達方式を例示する図である。

【図9b】種々の無関係な物体が存在する無線エネルギー伝達方式を例示する図である。

【図9c】種々の無関係な物体が存在する無線エネルギー伝達方式を例示する図である。

【図10】無線エネルギー伝達に対する回路モデルを例示する図である。

【図11】無線エネルギー伝達方式の効率を例示する図である。

【図12】無線エネルギー伝達方式のパラメータ依存性を例示する図である。

【図13】無線エネルギー伝達方式のパラメータ依存性をプロットした図である。

【図14】無線エネルギー伝達を実証する実験システムの概略図である。

【図15】図14に概略的に示すシステムについての実験結果をプロットした図である。

40

【図16】図14に概略的に示すシステムについての実験結果をプロットした図である。

【図17】図14に概略的に示すシステムについての実験結果をプロットした図である。

【発明を実施するための形態】

【0065】

図1に、本発明の一実施例を概略的に記載した概略図を示し、この実施例では、2つの共振物体間でエネルギーが無線で伝達される。

【0066】

図1を参照すれば、特徴的サイズ  $L_1$  を有する共振性の電源側（ソース）物体と、特徴的サイズ  $L_2$  の共振性の装置側物体との間でエネルギーが伝達される。両物体は共に共振物体である。電源側物体は電源（図示せず）に接続され、装置側物体は電力消費装置（例

50

えば負荷抵抗、図示せず）に接続されている。エネルギーは電源から電源側物体に供給され、電源側物体から装置側物体に無線で、無放射で伝達される。無線での無放射のエネルギー伝達は、2つの共振物体の系の場（電磁場または音場）を用いて実行される。簡単のため、以下では、この場が電磁場であるものと仮定する。

【0067】

なお、図1の実施例、及び以下の例の多くは2つの共振物体を示しているが、他の実施例は3つ以上の共振物体を特徴とすることができる。例えば、一部の実施例では、単一の電源側物体が複数の装置側物体にエネルギーを伝達することができる。一部の実施例では、エネルギーを第1装置から第2装置に伝達し、そして第2装置から第3装置に伝達し、等とすることができる。

10

【0068】

最初に、無照射の無線エネルギー伝達を理解するための理論的枠組みを提示する。しかし、本発明の範囲は理論によって束縛されない。

【0069】

（結合モード理論）

2つの共振物体1と2の間の共振エネルギー交換をモデル化するための適切な解析的枠組みは、「結合モード理論」（CMT: coupled-mode theory）の枠組みである。（例えば非特許文献1（Haus, H. A., “Waves and Fields in Optoelectronics”, Prentice-Hall, New Jersey, 1984）参照。）2つの共振物体1と2の系の場は

【数30】

20

$$\mathbf{F}(\mathbf{r}, t) \approx a_1(t)\mathbf{F}_1(\mathbf{r}) + a_2(t)\mathbf{F}_2(\mathbf{r}),$$

によって近似され、ここに

$$\mathbf{F}_{1,2}(\mathbf{r})$$

は物体1及び2単独の固有モードを単位エネルギーに正規化した値であり、場の振幅  $a_{1,2}(t)$  は、 $|a_{1,2}(t)|^2$  が、物体1及び2のそれぞれの内部に蓄積されたエネルギーに等しくなるように定義される。従って、場の振幅は、最低次については次式を満足するように示され：

30

【数31】

$$\begin{aligned} \frac{da_1}{dt} &= -i(\omega_1 - i\Gamma_1)a_1 + i\kappa a_2 \\ \frac{da_2}{dt} &= -i(\omega_2 - i\Gamma_2)a_2 + i\kappa a_1 \end{aligned} \quad (1)$$

ここに、 $\omega_{1,2}$  は、固有モードの個々の固有周波数であり、 $\Gamma_{1,2}$  は、物体の固有（吸収、放射、等の）損失による共振幅であり、 $\kappa$  は結合係数である。式(1)は、正確な共振（ $\omega_1 = \omega_2$  かつ  $\Gamma_1 = \Gamma_2$ ）では、結合系の固有モードが  $2\kappa$  分の1に分割され、2つの物体間のエネルギー交換は時間  $\pi/\kappa$  で行われ、損失は別としてほぼ完全であり、この損失は、結合速度がすべての損失速度よりずっと速い（ $\kappa \gg \Gamma_{1,2}$ ）際に最小である。結合対損失比が

40

$$\kappa/\sqrt{\Gamma_1\Gamma_2}$$

は、この比を達成することのできる距離と共に、無線エネルギー伝達用に用いる評価システムにおける性能指数として機能する。レジーム（変化の型）

$$\kappa / \sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2} \gg 1$$

を、「強結合」レジームと称する。

【0070】

一部の好適例では、エネルギー伝達の応用が、遅い固有損失速度  $\Gamma$  に対応する高い  $Q$  値  $Q = \omega / 2 \Gamma$  の共振モードを用いることが好ましい。この条件は、有損失の放射的遠距離（非近接）場ではなくエバネセント（無損失）の定常近接場を用いて結合を実現すれば満足される。

10

【0071】

エネルギー伝達方式を実現するために、通常は有限の物体、即ち周り中を空気で包囲されたトポロジー（接続関係）の物体がより適切である。不都合なことに、有限の大きさの物体は、空気中の全方向に指数関数的に減衰する電磁的状態をサポートすることができない、というのは、自由空間内のマクスウェルの方程式より：

【数32】

$$\bar{k}^2 = \omega^2 / c^2$$

20

であるからであり、ここに

$$\bar{k}$$

は波動ベクトルであり、 $\omega$  は周波数であり、 $c$  は光の速度である。このことにより、無限大の  $Q$  値の状態をサポートすることができないことを示すことができる。しかし、非常に長寿命（いわゆる「高い  $Q$ 」）の状態は見出すことができ、そのテールは、振動的（放射的）になる前に、共振物体から十分な距離だけ離れた所で必要な指数関数的または指数関数状の減衰を表す。こうした場の変化の挙動が発生する限界面を「放射コースティック」と称し、無線エネルギー伝達方式が遠距離場／放射場ではなく近接場に基づくためには、結合物体間の距離は、一方（の物体）が他方（の物体）の放射コースティック内にあるようにしなければならない。

30

【0072】

さらに、一部の実施例では、これらの物体の特徴的サイズより大きい（物体間の）距離では、強い（即ち速い）結合速度  $\kappa$  に対応する小さい  $Q$  値  $Q_\kappa = \omega / 2 \kappa$  が好ましい。従って、有限サイズの共振物体を包囲する領域内への近接場の大きさは一般に、波長によって設定され、一部の実施例では、こうした中距離範囲の無放射結合は、サブ波長（波長以下の）サイズの共振物体を用いて達成することができ、従って、エバネセント場のテールよりずっと長い。後の例に見られるように、こうしたサブ波長の共振は高い  $Q$  値を伴うことが多く、従って、このことは、携帯型（モバイル）であり得る共振する装置側物体にとって適切な選択である。しかし、一部の実施例では、共振する電源側物体は不動であり、従ってその許容された幾何学的形状及びサイズにより限定されにくく、従って、この幾何学的形状及びサイズは、近接場の大きさが波長によって制限されないくらい十分大きく選定することができる。誘電体導波管のようなほぼ無限の大きさの物体は、そのエバネセント・テールが物体から離れる向きに指数関数的に、カットオフ近くに調整された場合は徐々に減衰するガイドモードをサポートすることができ、そしてほぼ無限大の  $Q$  値を有することができる。

40

【0073】

以下では、上述した種類のエネルギー伝達に適したシステムのいくつかの例を説明する。上述した C M T パラメータ  $\omega_{1,2}$ 、 $Q_{1,2}$  及び  $Q_\kappa$  を計算する方法、及びこれらのパラメ

50

ータを特定実施例用に選択して所望の性能指数

【数 3 3】

$$\kappa / \sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2} = \sqrt{Q_1 Q_2} / Q_\kappa$$

を生成する方法を例示する。これに加えて、以下に説明するように、 $Q_{1,2}$ は時として、固有損失メカニズムではなく外部の摂動により制限される。これらの場合は、所望の性能指数を生成することが $Q_\kappa$ を低減すること（即ち、結合を増加させること）に変わる。従って、特定実施例について $Q_\kappa$ を低減する方法を例示する。

10

【0 0 7 4】

（自己共振導線コイル）

一部の実施例では、共振物体の1つ以上が自己共振導線ループである。図2を参照すれば、長さ $l$ 、断面半径 $a$ の導線が、空気に囲まれた半径 $r$ 及び高さ $h$ の（即ち、巻数

【数 3 4】

$$N = \sqrt{l^2 - h^2} / 2\pi r$$

を有する）螺旋コイルの形に巻かれている。以下に説明するように、この導線は分布インダクタンス及び分布容量（キャパシタンス）を有し、従って、周波数 $\omega$ の共振モードをサポートする。知る限りでは、有限螺旋の場合についての文字通りの厳密解は存在せず、無限長コイルの場合でも、この解は、実際のシステムにとって不適切な仮定に頼る。（非特許文献2（S. Sensiper, “Electromagnetic wave propagation on helical conductors”, PhD Thesis, Massachusetts Institute of Technology）参照。）

20

【0 0 7 5】

共振の性質は、コイルの容量全体にわたる電荷分布

$$\rho(\mathbf{x})$$

30

、自由空間内の磁界、及び導線中の電流分布

$$\mathbf{j}(\mathbf{x})$$

による、コイルの容量内の電界からのエネルギーの周期的交換にある。特に、電荷保存の方程式 $\nabla \cdot \mathbf{j} = i \omega \rho$ は、次のことを暗に意味する：(i) この周期的交換は、電流プロファイルと電荷密度プロファイルとの間に $\pi/2$ の位相シフトを伴い、即ち、コイルに含まれるエネルギー $U$ は、特定時点では完全に電流により、他の時点では完全に電荷による；(ii)  $I(x)$ が導線中の直線電流密度であり、 $x$ が導線に沿って変化する値であれば、 $I_0 = \max\{|I(x)|\}$ が直線電流分布の正の最大値であり、

40

【数 3 5】

$$q_0 = \frac{1}{2} \int d\mathbf{x} |\rho(\mathbf{x})|$$

が、コイルの一方の側に蓄積した正電荷の最大量であり（他方の側にも、等量の負電荷が常に蓄積して、系を中性にする）、従って $I_0 = \omega q_0$ である。従って、コイルの実効総インダクタンス $L$ 及び実効総容量 $C$ は、その共振モード中の次式のエネルギーの量 $U$ ：

【数 3 6】

$$U = \frac{1}{2} I_o^2 L \Rightarrow L = \frac{\mu_o}{4\pi I_o^2} \iint d\mathbf{x} d\mathbf{x}' \frac{\mathbf{j}(\mathbf{x}) \cdot \mathbf{j}(\mathbf{x}')}{|\mathbf{x} - \mathbf{x}'|}, \quad (2)$$

$$U = \frac{1}{2} q_o^2 \frac{1}{C} \Rightarrow \frac{1}{C} = \frac{1}{4\pi\epsilon_o q_o^2} \iint d\mathbf{x} d\mathbf{x}' \frac{\rho(\mathbf{x}) \cdot \rho(\mathbf{x}')}{|\mathbf{x} - \mathbf{x}'|}, \quad (3)$$

によって定義することができ、ここに  $\mu_o$  及び  $\epsilon_o$  はそれぞれ、自由空間の透磁率及び誘電率である。これらの定義により、共振周波数及び実効インピーダンスはそれぞれ、次の一般式：

10

【数 3 7】

$$\omega = 1/\sqrt{LC}$$

及び

【数 3 8】

$$Z = \sqrt{L/C}$$

20

によって与えられる。

【0 0 7 6】

この共振系内の損失は、導線内部の抵抗（材料吸収）損、及び自由空間内への放射損失である。ここでも、総吸収抵抗  $R_{abs}$  及び総放射抵抗  $R_{rad}$  を、それぞれ吸収または放射される電力の量から、次式のように定義することができ：

【数 3 9】

$$P_{abs} = \frac{1}{2} I_o^2 R_{abs} \Rightarrow R_{abs} = \zeta_c \frac{l}{2\pi a} \cdot \frac{I_{rms}^2}{I_o^2} \quad (4)$$

30

$$P_{rad} = \frac{1}{2} I_o^2 R_{rad} \Rightarrow R_{rad} = \zeta_o \frac{\pi}{6} \left( \frac{\omega r}{c} \right)^4 N^2 \cdot \frac{I_{rms}^2}{I_o^2}, \quad (5)$$

ここに、

【数 4 0】

$$c = 1/\sqrt{\mu_o \epsilon_o}$$

かつ

【数 4 1】

$$\zeta_o = \sqrt{\mu_o / \epsilon_o}$$

40

はそれぞれ、自由空間内の光速及び光インピーダンスであり、インピーダンス  $\zeta_c$  は

【数 4 2】

$$\zeta_c = 1/\sigma\delta = \sqrt{\mu_o \omega / 2\sigma}$$

であり、ここに  $\sigma$  は導線の導電率であり、 $\delta$  は周波数  $\omega$  における表皮厚さであり、そして

50

【数 4 3】

$$I_{rms}^2 = \frac{1}{l} \int dx |I(x)|^2.$$

である。放射抵抗の式(5)については、準静的のレジーム ( $r \ll \lambda = 2\pi c / \omega$ ) における演算の仮定を用い、この仮定は、サブ波長共振の望ましいレジームであり、その結果は整数  $N$  のみに当てはまる。これらの定義により、共振の吸収及び放射の  $Q$  値はそれぞれ、 $Q^{abs} = \omega L / R_{abs}$  及び  $Q^{rad} = \omega L / R_{rad}$  によって与えられる。

【0077】

式(2)～(5)より、共振パラメータを決定するためには、単に共振コイル内の電流分布

10

j

を知るだけでよい、ということになる。マクスウェルの方程式を解いて、導線コイルの共振の電磁的固有モードの電流分布を厳密に見出すことは、例えば標準的な LC 回路よりも複雑であり、有限長のコイルについては文字通りの厳密解を見つけることはできず、厳密解を困難にする。原則的に、精巧な伝送線状のモデルを書き下して、力ずくで解くことはできる。その代わりに、(以下に説明するように) 実験と良好に一致する ( $\sim 5\%$ ) モデルを提示する。各コイルを形成する導線の有限の長さが、導線から出る電流がないのでコイルの端では電流が 0 でなければならないという境界条件を課すことを考え、各コイルの共振モードは、導線の長さ方向に沿った正弦波電流プロファイルによって良好に近似されるものと仮定する。最低のモードに関心を持つべきであり、従って、導線に沿った座標軸を  $x$  で表し、 $x$  が  $-1/2$  から  $+1/2$  まで変化するものとすれば、電流振幅プロファイルは  $I(x) = I_0 \cos(\pi x / l)$  の形を有し、ここで特定の  $x$  については、電流は導線の円周に沿って大幅に変化しないものと仮定しており、 $a \ll r$  とすれば、この仮定は有効である。電荷についての連続方程式から直ちに、線形の電荷密度プロファイルは  $\rho(x) = \rho_0 \sin(\pi x / l)$  の形を有することになり、従って、

20

【数 4 4】

$$q_0 = \int_0^{l/2} dx \rho_0 |\sin(\pi x / l)| = \rho_0 l / \pi.$$

30

である。これらの正弦波プロファイルを用いて、式(2)及び(3)の積分を数値的に計算することによって、コイルのいわゆる「自己インダクタンス」 $L_s$  及び「自己容量」 $C_s$  を見出し、関連する周波数及び実効インピーダンスはそれぞれ  $\omega_s$  及び  $Z_s$  である。「自己抵抗」 $R_s$  は式(4)及び(5)によって、及び

【数 4 5】

$$I_{rms}^2 = \frac{1}{l} \int_{-l/2}^{l/2} dx |I_0 \cos(\pi x / l)|^2 = \frac{1}{2} I_0^2,$$

40

を用いて解析的に与えられ、従って、関連する  $Q$  値  $Q_s$  を計算することができる。

【0078】

$\lambda_s / r \geq 70$  のサブ波長モデル (即ち、近接場の計算に非常に適し、十分、準静的な限界内にあるモデル) を有する共振コイルの 2 つの特定具体例を表 1 に示す。波長及び吸収、放射及び全損失速度についての数値計算結果を、サブ波長コイル共振モードの 2 つの異なる場合について示す。なお、導線の材料には銅 ( $\sigma = 5.998 \times 10^7 \text{ S/m}$ ) を用いた。マイクロ波周波数において想定される  $Q$  値は、

【数 4 6】

$$Q_s^{abs} \geq 1000$$

及び

【数 4 7】

$$Q_s^{rad} \geq 5000$$

であることがわかる。

10

【0 0 7 9】

【表 1】

| 単一コイル                                             | $\lambda_s / r$ | $Q_s^{rad}$ | $Q_s^{abs}$ | $Q_s = \omega_s / 2 \Gamma$ |
|---------------------------------------------------|-----------------|-------------|-------------|-----------------------------|
| $r=30\text{cm}, h=20\text{cm}, a=1\text{cm}, N=4$ | 74.7            | 5819        | 8170        | 3399                        |
| $r=10\text{cm}, h=3\text{cm}, a=2\text{mm}, N=6$  | 140             | 49470       | 3968        | 3673                        |

【0 0 8 0】

図 3 を参照すれば、一部の実施例では、2つの自己共振導線コイル間でエネルギーを伝達する。磁界を用いて異なる共振導線コイルを、これらの中心間の距離  $D$  で結合する。通常は、磁気結合のための電気結合の制限は、考慮中の系では  $h < r$  なるコイルについて達成することができる。そして、2つのコイル 1、2 の電流分布、ピーク電流、及びインダクタンスを、それぞれ

20

$$j_{1,2}(\mathbf{x}),$$

、 $I_{1,2}$  及び  $L_{1,2}$  と定義すれば、これらは単一コイルの場合についての

$$j(\mathbf{x}),$$

30

、 $I_0$  及び  $L$  と同様であり、従って明確に定義され、コイル 1、2 の相互インダクタンスは、総エネルギー ( $U$ ) によって次式のように定義することができる：

【数 4 8】

$$U = \frac{1}{2} I_1^2 L_1 + \frac{1}{2} I_2^2 L_2 + \frac{1}{2} M (I_1^* I_2 + I_2^* I_1) \Rightarrow M = \frac{\mu_0}{4\pi I_1 I_2} \iint d\mathbf{x} d\mathbf{x}' \frac{j_1(\mathbf{x}) \cdot j_2(\mathbf{x}')}{|\mathbf{x} - \mathbf{x}'|}, \quad (6)$$

ここで、各コイルが他方の近接場内にある、関心事である準静的レジーム  $D \ll \lambda$  では、積分中の遅延係数  $\sim \exp(i\omega D/c)$  は無視した。この定義により、そして電気結合が存在しないものとすれば、結合係数は次式によって与えられる：

40

【数 4 9】

$$\kappa = \omega M / 2\sqrt{L_1 L_2} \Leftrightarrow Q_\kappa = \sqrt{L_1 L_2} / M$$

【0 0 8 1】

従って、2つの自己共振コイル間の結合速度を計算するためには、ここでも電流プロファイルが必要とし、ここでも仮定した正弦波電流プロファイルを用いることによって、(6) 式から、2つの自己共振コイル間の相互インダクタンス  $M_s$  を、これらの中心間の距離  $D$  において数値的に計算し、こうして  $Q_{\kappa,s}$  も決定される。

【0 0 8 2】

50

【表 2】

| コイルの対                                                                                                          | D / r | $Q = \omega / 2 \Gamma$ | $Q_{\kappa} = \omega / 2 \kappa$ | $\kappa / \Gamma$ |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------------|----------------------------------|-------------------|
| r=30cm, h=20cm,<br>a=1cm, N=4<br>$\lambda / r \doteq 75$<br>$Q_s^{abs} \doteq 8170$ , $Q_s^{rad} \doteq 5819$  | 3     | 3399                    | 49.2                             | 69.1              |
|                                                                                                                | 5     | 3399                    | 188.1                            | 18.1              |
|                                                                                                                | 7     | 3399                    | 470.5                            | 7.2               |
|                                                                                                                | 10    | 3399                    | 1225.6                           | 2.8               |
| r=10cm, h=3cm,<br>a=2mm, N=6<br>$\lambda / r \doteq 140$<br>$Q_s^{abs} \doteq 3968$ , $Q_s^{rad} \doteq 49470$ | 3     | 3673                    | 65.1                             | 56.4              |
|                                                                                                                | 5     | 3673                    | 253.4                            | 14.5              |
|                                                                                                                | 7     | 3673                    | 656.2                            | 5.6               |
|                                                                                                                | 10    | 3673                    | 1837                             | 2.0               |

## 【0083】

表 2 に、同一の自己共振コイルの対を特徴とする好適な実施例についての関係パラメータを示す。2つの通常モードの平均波長及び損失速度（個別の値は示さず）について数値結果を提示し、そして、表 1 に提示するモードの 2つの場合について、結合速度及び性能指数も、結合距離 D の関数として示す。中程度の距離  $D / r = 10 \sim 3$  について想定される結合対損失比は  $\kappa / \Gamma \doteq 2 \sim 70$  であることがわかる。

## 【0084】

一部の実施例では、共振物体の 1つ以上が容量負荷付きの導線コイルである。図 4 を参照すれば、上述した N ターンの導線を有する螺旋コイルが、面積 A の一対の平行導体板に接続され、これらの導体板は、相対誘電率  $\epsilon$  の誘電体によって距離 d だけ離間され、すべてのものが空気によって包囲されている（図に示すように  $N = 1$  かつ  $h = 0$  である）。これらの平板は容量  $C_p = \epsilon_0 \epsilon A / d$  を有し、この容量がコイルの分布容量に加わり、従ってその共振を変化させる。しかし、負荷容量の存在が、導線内部の電流分布を大幅に変化させ、従って、コイルの総実効インダクタンス L 及び総実効容量 C はそれぞれ、 $L_s$  及び  $C_s$  とは異なり、これらの値は同じ幾何学的形状の自己共振コイルについては、正弦波電流プロファイルを用いて計算される。いくらかの電荷が、外部負荷コンデンサのプレート（極板）に蓄積されるので、導線内部の電荷分布  $\rho$  が低減され、従って  $C < C_s$  となり、従って、電荷保存方程式より電流分布  $j$  が平坦化され、従って  $L > L_s$  となる。この系についての共振周波数は

【数 50】

$$\omega = 1 / \sqrt{L(C + C_p)} < \omega_s = 1 / \sqrt{L_s C_s},$$

であり、 $C_p \rightarrow 0$  になると共に、

【数 51】

$$I(x) \rightarrow I_0 \cos(\pi x / l) \Rightarrow C \rightarrow C_s \Rightarrow \omega \rightarrow \omega_s, \text{ as } C_p \rightarrow 0$$

となる。

## 【0085】

一般に、この系については望ましい CMT パラメータを見つけることができるが、ここでも、マクスウェルの方程式の非常に複雑な解を必要とする。その代わりに、電流分布についての適度な推量を行うことのできる特別な場合のみを解析する。 $C_p \gg C_s > C$  である

10

20

30

40

50

際は、

【数 5 2】

$$\omega \approx 1/\sqrt{LC_p} \ll \omega_s$$

かつ

【数 5 3】

$$Z \approx \sqrt{L/C_p} \ll Z_s,$$

10

であり、すべての電荷が負荷コンデンサのプレート上にあり、従って電流分布は導線に沿って一定である。このことは、ここで  $L$  を式(2)より数値的に計算することを可能にする。 $h = 0$  であり  $N$  が整数である場合は、式(2)中の積分は実際に解析的に計算することができ、式  $L = \mu_0 r [\ln(8r/a) - 2] N^2$  を与える。ここでも、 $I_{rms} = I_0$  であるので、 $R$  については式(4)及び(5)より明示的解析式が利用可能であり、従って  $Q$  も決定することができる。この計算の終わりに、定電流プロファイルの仮定の有効性を、条件：

【数 5 4】

$$C_p \gg C_s \Leftrightarrow \omega \ll \omega_s$$

20

を実際に満足していることをチェックすることによって確認する。しかし、この条件を満足するために、大きな外部容量を用いることができ、このことは通常、動作周波数を、簡単に決定される最適周波数より下にシフトさせ、その代わりに、一般的な実施例では、考慮中の種類のコイルについては、非常に小さい自己容量  $C_s$  から始めることを選ぶことが多く、このため、 $N = 1$  である際は、自己容量は単一ターン上の電荷分布から生じ、この自己容量はほとんど常に非常に小さく、あるいは  $N > 1$  かつ  $h \gg 2Na$  である際は、支配的な自己容量は隣接するターン上の電荷分布から生じ、この自己容量は、隣接するターン間の間隔が大きければ小さい。

【0086】

30

外部負荷容量  $C_p$  は、(例えば  $A$  または  $d$  を調整することによって) 共振周波数を調整する自由度を与える。従って、特別で単純な場合  $h = 0$  については、解析式があり、総  $Q$  値  $Q = \omega L / (R_{abs} + R_{rad})$  は次式の最適周波数で最大になり：

【数 5 5】

$$\omega^* = \left[ \frac{c^4}{\pi} \sqrt{\frac{\epsilon_0}{2\sigma}} \cdot \frac{1}{aNr^3} \right]^{\frac{2}{7}}, \quad (7)$$

次式の値に達する：

【数 5 6】

40

$$Q^* = \frac{6}{7\pi} \left( 2\pi^2 \eta_0 \frac{\sigma a^2 N^2}{r} \right)^{\frac{3}{7}} \cdot \left[ \ln \left( \frac{8r}{a} \right) - 2 \right]. \quad (8)$$

【0087】

より低い周波数では、この値は抵抗損失によって支配され、最高周波数では放射によって支配される。しかし、これらの式は  $\omega^* \ll \omega_s$  である限り正確であり、そして以上で説明したように、このことは  $N = 1$  である際はほとんど常に成り立ち、 $N > 1$  である際はより不正確になる、というのは、 $h = 0$  は通常、大きな自己容量を暗に意味するからである。

50

自己容量を外部容量に比べて低減する必要がある場合は、大きな  $h$  を有するコイルを用いることができるが、ここでも  $L$  及び  $\omega^*$ 、 $Q^*$  についての式がより不正確になる。同様の定性的挙動が想定されるが、この場合に定量的予測を行うためには、より複雑な理論モデルを必要とする。

【0088】

$N = 1$  かつ  $h = 0$  なるコイルの、式(7)の最適周波数における、 $\lambda / r \geq 7.0$  なるサブ波長モード（即ち、近接場結合に非常に適し、かつ十分、準静的の限界内である）の2つの具体例についての上記解析の結果を表3に提示する。定電流の仮定、及び結果的な解析式の有効性を確認するために、他の完全に独立した方法を用いたモード解法計算も実行し、：即ちコンピュータ計算による3D有限要素周波数領域（F E E D：finite-element frequency-domain）シミュレーション（空間離散化とは切り離して、周波数領域でマクスウェルの方程式を厳密に解く、例えば非特許文献3（Balanis, C. A., “Antenna Theory : Analysis and Design”（Wiley, New Jersey, 2005）を参照）を行い、このシミュレーションでは、導線の境界を、複素インピーダンス

【数57】

$$\zeta_c = \sqrt{\mu_0 \omega / 2\sigma}$$

の境界条件を用いてモデル化し、この条件は、 $\zeta_c / \zeta_0 \ll 1$  である限り（銅については、マイクロ波において  $< 10^{-5}$ ）有効である（非特許文献4（Jackson, J. D., “Classical Electrodynamics”（Wiley, New York, 1999）参照）。表3は、数値的（括弧内は解析的）F E E Dの結果を、各波長及び吸収、放射、及び総損失速度について、及びサブ波長共振モード2つの異なる場合について示す。なお、導電材料には銅（ $\sigma = 5.998 \times 10^7 \text{ S/m}$ ）を用いた。（表中では、図4のプロットの特定パラメータを太字で強調している。）これら2つの方法（解析的及び計算）は非常に良好に一致し、マイクロ波において想定される  $Q$  値が  $Q_{\text{abs}} \geq 1000$  及び  $Q_{\text{rad}} \geq 10000$  であることを示す。

【0089】

【表3】

| 単一コイル                                                                                                                                          | $\lambda / r$           | $Q^{\text{rad}}$        | $Q^{\text{abs}}$      | $Q = \omega / 2 \Gamma$ |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|
| <b><math>r=30\text{cm}</math>, <math>a=2\text{cm}</math>,<br/><math>s=10</math>, <math>A=138\text{cm}^2</math>, <math>d=4\text{mm}</math></b>  | <b>111.4</b><br>(112.4) | <b>29546</b><br>(30512) | <b>4886</b><br>(5117) | <b>4193</b><br>(4381)   |
| <b><math>r=10\text{cm}</math>, <math>a=2\text{mm}</math>,<br/><math>s=10</math>, <math>A=3.14\text{cm}^2</math>, <math>d=1\text{mm}</math></b> | <b>69.7</b><br>(70.4)   | <b>10702</b><br>(10727) | <b>1545</b><br>(1604) | <b>1350</b><br>(1395)   |

【0090】

図5を参照すれば、一部の実施例では、2つの容量負荷付きコイル間でエネルギーを伝達する。2つの容量負荷付きコイル1、2間の、これらの中心間の距離  $D$  でのエネルギー伝達速度については、 $\omega \ll \omega_s$  の場合の一定の電流分布を用いることによって、式(6)から数値的に評価することができる。 $h = 0$  であり、 $N_1$ 、 $N_2$  が整数である場合は、ここでも解析式があり、この解析式は、準静的限界内  $r \ll D \ll \lambda$ 、かつ図4に示す相対配向については、 $M \equiv \pi / 2 \cdot \mu_0 (r_1 r_2)^2 N_1 N_2 / D^3$  となり、このことは、

【数58】

$$Q_k \propto (D / \sqrt{\eta r_2})^3$$

が周波数  $\omega$  及びターン数  $N_1$ 、 $N_2$  とは独立であることを意味する。従って、結果的な関心

10

20

30

40

50

事の結合の性能指数は次式のようになる：

【数 5 9】

$$\frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2}} = \frac{\sqrt{Q_1 Q_2}}{Q_\kappa} \approx \left( \frac{\sqrt{r_1 r_2}}{D} \right)^3 \cdot \frac{\pi^2 \eta_o \frac{\sqrt{r_1 r_2}}{\lambda} \cdot N_1 N_2}{\prod_{j=1,2} \left( \sqrt{\frac{\pi \eta_o}{\lambda \sigma}} \cdot \frac{r_j}{a_j} N_j + \frac{8}{3} \pi^3 \eta_o \left( \frac{r_j}{\lambda} \right)^4 N_j^2 \right)^{1/2}}, \quad (9)$$

ここでも  $N_1 = N_2 = 1$  については、より正確になる。

10

【0 0 9 1】

式(9)より、性能指標を最大にする最適周波数は、

$$\sqrt{Q_1 Q_2}$$

を最大にするものである、というのは、 $Q_\kappa$  は（少なくとも、準静的近似がまだ有効である関心事の距離  $D \ll \lambda$  については）周波数に依存しないからである。従って、最適周波数は、2つのコイル間の距離  $D$  とは独立であり、単一コイルの  $Q_1$  及び  $Q_2$  がピークになる2つの周波数間にある。同じコイルについては、最適周波数は(7)式によって与えられ、従って、性能指数の式(9)は次式のようになる：

20

【数 6 0】

$$\left( \frac{\kappa}{\Gamma} \right)^* = \frac{Q^*}{Q_\kappa} \approx \left( \frac{r}{D} \right)^3 \cdot \frac{3}{7} \left( 2\pi^2 \eta_o \frac{\sigma a^2 N^2}{r} \right)^{3/7}. \quad (10)$$

【0 0 9 2】

表 4 に、以上に基づく数値的 F E E D、及び括弧内は解析的 F E E D の結果を、各々が表 3 に記載の整合した一対の負荷付きコイルから成る 2 つの系について示す。平均波長及び損失速度を、結合速度、及び結合対損失比の性能指数  $\kappa / \Gamma$  と共に、結合距離  $D$  の関数として、これら 2 つの場合について示す。なお、表に示す平均の数値的  $\Gamma_{rad}$  はここでも、表 3 の単一ループとは少し異なり、 $\Gamma_{rad}$  の解析的結果は表に示していないが、単一ループの値を用いている。（表中では、図 5 のプロットに対応する特定パラメータを太字で強調している。）ここでも、定電流の仮定を有効なものとするために  $N = 1$  を選定し、 $M$  は式(6)より数値的に計算した。実際に、正確さは、コンピュータ計算による F E E D モード解法シミュレーションとの一致によって確認することができ、このシミュレーションは、結合系の 2 つの通常モードの周波数分離（ $= 2 \kappa$ ）によって  $\kappa$  を与える。その結果は、中程度の距離  $D / r = 10 \sim 3$  については、想定される結合対損失比が  $\kappa / \Gamma \approx 0.5 \sim 50$  の範囲内にあることを示す。

30

【0 0 9 3】

40

【表 4】

| コイルの対                                                                                                                                        | $D/r$ | $Q^{rad}$ | $Q = \omega/2\Gamma$ | $Q_{\kappa} = \omega/2\kappa$ | $\kappa/\Gamma$ |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------|----------------------|-------------------------------|-----------------|
| $r=30\text{cm}$ , $a=2\text{cm}$<br>$\epsilon=10$ , $A=138\text{cm}^2$ , $d=4\text{mm}$<br>$\lambda/r \doteq 112$<br>$Q^{abs} \doteq 4886$   | 3     | 30729     | 4216                 | 62.6<br>(63.7)                | 67.4<br>(68.7)  |
|                                                                                                                                              | 5     | 29577     | 4194                 | 235<br>(248)                  | 17.8<br>(17.6)  |
|                                                                                                                                              | 7     | 29128     | 4185                 | 589<br>(646)                  | 7.1<br>(6.8)    |
|                                                                                                                                              | 10    | 28833     | 4177                 | 1539<br>(1828)                | 2.7<br>(2.4)    |
| $r=10\text{cm}$ , $a=2\text{mm}$ ,<br>$\epsilon=10$ , $A=3.14\text{cm}^2$ , $d=1\text{mm}$<br>$\lambda/r \doteq 70$<br>$Q^{abs} \doteq 1546$ | 3     | 10955     | 1355                 | 85.4<br>(91.3)                | 15.9<br>(15.3)  |
|                                                                                                                                              | 5     | 10740     | 1351                 | 313<br>(356)                  | 4.32<br>(3.92)  |
|                                                                                                                                              | 7     | 10759     | 1351                 | 754<br>(925)                  | 1.79<br>(1.51)  |
|                                                                                                                                              | 10    | 10756     | 1351                 | 1895<br>(2617)                | 0.71<br>(0.53)  |

10

20

## 【0094】

30

一部の実施例では、以上の結果を用いて、容量負荷付きコイルを用いた無線エネルギー伝達システムの性能を向上または最適化することができる。例えば、異なるシステムパラメータで式(10)をスケールリングすれば、システムの性能指標  $\kappa/\Gamma$  を最大にするために、例えば次のことができることがわかる：

- ・導電材料の抵抗率を低減することができる。このことは例えば、（銅または銀のような）良導体を用いることによって、及び／または温度を下げることによって達成することができる。極低温では、超伝導材料を用いて極めて良好な性能を達成することもできる。

- ・導線の半径  $a$  を増加させることができる。一般的な実施例では、この行動は物理的サイズを考慮して制限される。

- ・固定された所望のエネルギー伝達距離  $D$  に対して、ループの半径  $r$  を増加させることができる。一般的な実施例では、この行動は物理的サイズを考慮して制限される。

40

- ・固定された所望の距離対ループサイズの比  $D/r$  に対して、ループの半径  $r$  を減少させることができる。一般的な実施例では、この行動は物理的サイズを考慮して制限される。

- ・ターン数  $N$  を増加させることができる。（ $N > 1$  に対して式(10)がより不正確であると想定されても、定性的に、この式は、 $N$  を増加させると共に結合対損失比の改善が期待されることの良好な指標を与える。）一般的な実施例では、この行動は物理的サイズ及び可能な電圧を考慮して制限され、これについては以下の節で説明する。

- ・2つのコイル間の位置合わせ（アライメント）及び配向を調整することができる。両方の円筒コイルが正確に同一の（円柱の）対称軸を有すると（即ち、これらのコイルが互

50

いに「対面」すると)、性能指標が最適になる。一部の実施例では、0の相互インダクタンスをもたらす特定のコイル角及び配向(例えば2つのコイル軸が直交する配向)は回避すべきである。

なお、最後に、一般的な実施例では、コイルの高さ $h$ が結合対損失比に悪影響しないべきである、というのは、コイルの高さ $h$ は主にコイルのインダクタンスに悪影響し、 $Q$ と $Q_k$ との間で相殺し合うからである。しかし、コイルの高さ $h$ は、外部負荷容量を支持してコイルの自己容量を低減するために用いることができる。

#### 【0095】

上記解析技法を用いて、所望のパラメータを有するシステムを設計することができる。例えば、以下に挙げるように、上述した技法を用いて、2つのコイル間の所定の $D/r$ における $\kappa/\Gamma$ の意味での特定性能を達成するために、所定半径を有する2つの同じ単一ターンのコイルをシステムとして設計する際に使用すべき導線の断面半径 $a$ を決定することができる。材料が銅である( $\sigma = 5.998 \times 10^7 \text{ S/m}$ )際は、次式のようになる：

10

$$D/r = 5, \kappa/\Gamma \geq 10, r = 30\text{cm} \Rightarrow a \geq 9\text{mm}$$

$$D/r = 5, \kappa/\Gamma \geq 10, r = 5\text{cm} \Rightarrow a \geq 3.7\text{mm}$$

$$D/r = 5, \kappa/\Gamma \geq 20, r = 30\text{cm} \Rightarrow a \geq 20\text{mm}$$

$$D/r = 5, \kappa/\Gamma \geq 20, r = 5\text{cm} \Rightarrow a \geq 8.3\text{mm}$$

20

$$D/r = 10, \kappa/\Gamma \geq 1, r = 30\text{cm} \Rightarrow a \geq 7\text{mm}$$

$$D/r = 10, \kappa/\Gamma \geq 1, r = 5\text{cm} \Rightarrow a \geq 2.8\text{mm}$$

$$D/r = 10, \kappa/\Gamma \geq 3, r = 30\text{cm} \Rightarrow a \geq 25\text{mm}$$

$$D/r = 10, \kappa/\Gamma \geq 3, r = 5\text{cm} \Rightarrow a \geq 10\text{mm}$$

#### 【0096】

同様の解析を、2つの異なるループの場合について行うことができる。例えば、一部の実施例では、考慮中の装置が非常に特別であり(例えばラップトップ・コンピュータまたは携帯電話)、従って装置側物体の寸法( $r_d$ 、 $h_d$ 、 $a_d$ 、 $N_d$ )が非常に限定される。しかし、一部のこうした実施例では、電源側物体に対する制約( $r_s$ 、 $h_s$ 、 $a_s$ 、 $N_s$ )の方がずっと小さい、というのは、電源側物体は例えば、床下または天井に配置することができるからである。こうした場合は、所望距離が用途に基づいて明確に定められていることが多い(例えば、机上のラップトップ・コンピュータを床から無線で充電するためには $D$ は $\sim 1\text{m}$ である。)以下に、材料を再び銅( $\sigma = 5.998 \times 10^7 \text{ S/m}$ )とした際に、

30

$$\kappa/\sqrt{\Gamma_s \Gamma_d},$$

の意味での所望性能を達成するために電源側物体の寸法を変化させることのできる方法の例を挙げる( $N_s = N_d = 1$ かつ $h_s = h_d = 0$ の場合に簡略化する)：

40

【数 6 2】

$$\begin{aligned}
D = 1.5m, \kappa / \sqrt{\Gamma_s \Gamma_d} &\geq 15, r_d = 30cm, a_d = 6mm \Rightarrow r_s = 1.158m, a_s \geq 5mm \\
D = 1.5m, \kappa / \sqrt{\Gamma_s \Gamma_d} &\geq 30, r_d = 30cm, a_d = 6mm \Rightarrow r_s = 1.15m, a_s \geq 33mm \\
D = 1.5m, \kappa / \sqrt{\Gamma_s \Gamma_d} &\geq 1, r_d = 5cm, a_d = 4mm \Rightarrow r_s = 1.119m, a_s \geq 7mm \\
D = 1.5m, \kappa / \sqrt{\Gamma_s \Gamma_d} &\geq 2, r_d = 5cm, a_d = 4mm \Rightarrow r_s = 1.119m, a_s \geq 52mm \\
D = 2m, \kappa / \sqrt{\Gamma_s \Gamma_d} &\geq 10, r_d = 30cm, a_d = 6mm \Rightarrow r_s = 1.518m, a_s \geq 7mm \\
D = 2m, \kappa / \sqrt{\Gamma_s \Gamma_d} &\geq 20, r_d = 30cm, a_d = 6mm \Rightarrow r_s = 1.514m, a_s \geq 50mm \\
D = 2m, \kappa / \sqrt{\Gamma_s \Gamma_d} &\geq 0.5, r_d = 5cm, a_d = 4mm \Rightarrow r_s = 1.491m, a_s \geq 5mm \\
D = 2m, \kappa / \sqrt{\Gamma_s \Gamma_d} &\geq 1, r_d = 5cm, a_d = 4mm \Rightarrow r_s = 1.491m, a_s \geq 36mm
\end{aligned}$$

10

【0 0 9 7】

以下に説明するように、一部の実施例では、共振物体のQ値は外部摂動により制限され、従ってコイルのパラメータを変化させることがQ値の改善に至り得ない。こうした場合は、 $Q_k$ を減少させる（即ち、結合を増加させる）ことによって、結合対損失比の性能指標を増加させることを選ぶことができる。結合は周波数及びターン数に依存せず、コイルの高さには非常に弱く依存する。従って、残された自由度は次の通りである：

20

- ・導線の半径  $a_1$  及び  $a_2$  を増加させる。一般的な実施例では、この行動は物理的サイズを考慮して制限される。
- ・固定された所望のエネルギー伝達距離  $D$  に対して、コイルの半径  $r_1$  及び  $r_2$  を増加させる。一般的な実施例では、この行動は物理的サイズを考慮して制限される。
- ・固定された所望の距離対コイルサイズ比

$$D / \sqrt{r_1 r_2},$$

に対して、インダクタンスの弱い（対数）依存性のみが元のままであり、このことは、コイルの半径  $r_1$  及び  $r_2$  を減少させるべきであることを示唆する。一般的な実施例では、この行動は物理的サイズを考慮して制限される。

30

・2つのコイル間の位置合わせ（アライメント）及び配向を調整する。一般的な実施例では、結合は、両方の円筒コイルが正確に同一の（円柱の）対称軸を有する（即ち、互いに対面する）際に最適化される。0の相互インダクタンスをもたらす特定の相互コイル角及び配向（例えば2つのコイルの軸が直交する配向）は回避すべきである。

さらに、効率とは別の他の実際的考慮、例えば物理的サイズ制限は、以下に詳細に説明する。

【0 0 9 8】

なお、以上では、共振磁気結合をエネルギー伝達に用いるシステムの例として、特定実施例、即ち自己共振導線コイル及び容量負荷付き共振導線コイルの例を提示し解析しているが、その磁気エネルギーをその電気エネルギーよりずっと遠くに拡張する電磁的モードをサポートするあらゆるシステムを、磁気結合によってエネルギーを伝達するために用いることができる。例えば、所望する種類の磁気共振をサポートする分布容量及び分布インダクタンスを有する多数の抽象的な幾何学的形状が存在し得る。これらの幾何学的形状のいずれにおいても、特定パラメータを選定して

40

$$\sqrt{Q_1 Q_2} / Q_k$$

を増加または最適化することができ、あるいは、Q値が外部要素によって制限される場合

50

は、 $Q_k$  を増加及び／または最適化することができる。

#### 【0099】

エネルギー伝達のための、上述した共振結合の誘導的方式と、周知の非共振の誘導的方式との相違を理解することも重要である。幾何学的形状及び電源側に蓄積されたエネルギーを一定に保てば、この誘導性の共振メカニズムが、従来の非共振メカニズムの $\sim Q^2$  ( $\sim 10^6$ ) 倍の電力を、装置における動作に配送することを、CMTを用いて容易に示すことができる。このことは、後者によれば、近距離、非接触で中程度の電力 ( $\sim W$ ) 伝達しかできないのに対し、共振によれば、近距離であるが大電力 ( $\sim kW$ ) の伝達が可能になるか、あるいは現在提案されているように、強結合レジームにおける動作も保証すれば、中距離で中程度の電力伝送も可能であること理由である。容量負荷付きの導線ループが現在、(例えば携帯電話における) 共振アンテナとして用いられているが、これらのループは  $D/r \gg 1$ 、 $r/\lambda \sim 1$  なる遠距離場において動作し、放射のQ値は、アンテナを高効率にすべく意図的に小さく設計され、従ってこれらのループはエネルギー伝達には適していない。

#### 【0100】

一部の実施例では、電界及び磁界を無線エネルギー伝達に用いることができる。図6に示す半径  $r$  及び相対誘電率  $\epsilon$  の二次元誘電体円板物体を考え、この物体は空気によって包囲され、高いQ値の「ウィスパリング・ギャラリ」共振モードをサポートする。こうした共振系内に蓄積されたエネルギーの損失メカニズムは、自由空間内への放射及び円板材料内への吸収である。高いQ値  $Q_{rad}$  及びテールの長いサブ波長共振は、誘電率  $\epsilon$  が大きく、方位的な場の変化が遅い(即ち、小さい主量子数  $m$  である) 際に達成することができる。材料吸収は、材料損失(角の)タンジェント:  $Q_{abs} \equiv \text{Re}\{\epsilon\} / \text{Im}\{\epsilon\}$  に関係する。この種の円板共振についてのモード解法計算を、次の2つの独立した方法を用いて実行し、即ち: 数値的な2D(二次元)有限差分周波数領域(FDD: finite-difference frequency-domain)シミュレーション(空間離散化とは切り離して、周波数領域でマクスウェルの方程式を厳密に解く)を30ポイント(点)/ $r$ の分解能で行い、そして極座標における標準的な変数分離(SV: separation of variable)を用いて解析的に解いた。

#### 【0101】

【表5】

| 単一円板                                 | $\lambda/r$      | $Q_{abs}$        | $Q_{rad}$      | Q              |
|--------------------------------------|------------------|------------------|----------------|----------------|
| $\text{Re}\{\epsilon\} = 147.7, m=2$ | 20.01<br>(20.00) | 10103<br>(10075) | 1988<br>(1992) | 1661<br>(1663) |
| $\text{Re}\{\epsilon\} = 65.6, m=3$  | 9.952<br>(9.950) | 10098<br>(10087) | 9078<br>(9168) | 4780<br>(4802) |

#### 【0102】

2つのTE分極誘電体円板についての、 $\lambda/r \geq 10$ のサブ波長モードの結果を表5に示す。表5は、サブ波長及び吸収、放射、及び総損失速度についての、数値的FDD(括弧内は解析的SV)の結果を、サブ波長円板共振モードの2つの異なる場合について示す。なお、円板材料の損失タンジェント  $\text{Im}\{\epsilon\} / \text{Re}\{\epsilon\} = 10^{-4}$ を用いた。(表中では、図6のプロットに対応する特定パラメータを強調している。) これら2つの方法は優れた妥協点を有し、ことを暗に意味する。適切に設計した共振性の低損失物体については、 $Q_{rad} \geq 2000$  及び  $Q_{abs} \sim 10000$  が達成されることを暗に意味する。なお、3Dの場合については、演算の複雑性が非常に増加するが、物理的なことは、さほど難しくない。例えば、 $\epsilon = 147.7$ の球形物体は、 $m=2$ 、 $Q_{rad} = 13962$ 、及び  $\lambda/r = 17$ なるウィスパリング・ギャラリモードを有する。

#### 【0103】

表 5 に示す、要求される  $\varepsilon$  の値は、最初は非現実的に大きく見えるかもしれない。しかし、（およそメートルレンジ（範囲）の結合用途に適した）マイクロ波レジームでは、適度に十分高い誘電定数及び低損失を有する材料（例えばチタニア、テトラチタン酸バリウム、タンタライトリチウム、等）が存在するだけでなく、金属状（負の  $\varepsilon$  の）材料または金属誘電体光（フォトリソニック）結晶の表面上の表面プラズモンモードのような他の既知のサブ波長表面波系の実効屈折率の代わりに、 $\varepsilon$  も重要であり得る。

#### 【0104】

ここで、2つの円板 1 と 2 の間で達成可能なエネルギー伝達速度を計算するために、図 7 に示すように、これらの円板をその中心間に距離  $D$  をとって配置する。数値的には、FDFD モード解法シミュレーションが、結合系の通常モードの周波数分割（ $= 2\kappa$ ）によって  $\kappa$  を与え、これらのモードは、初期の単円板モードの偶数個または奇数個の重ね合わせであり、解析的には、変数分離法の固有場

10

#### $E_{1,2}(\mathbf{r})$

の表現を用いて、CMT は  $\kappa$  を次式によって与え：

#### 【数 6 3】

$$\kappa = \omega_1 / 2 \cdot \int d^3r \varepsilon_2(\mathbf{r}) E_2^*(\mathbf{r}) E_1(\mathbf{r}) / \int d^3r \varepsilon(\mathbf{r}) |E_1(\mathbf{r})|^2$$

ここに、 $\varepsilon_j(\mathbf{r})$  及び  $\varepsilon(\mathbf{r})$  はそれぞれ、円板  $j$  のみ、及び全空間を記述する誘電関数である。そして、媒体距離  $D/r = 1.0 \sim 3$ 、及び無放射結合については、 $D < 2r_c$  となり、ここに  $r_c = m\lambda / 2\pi$  は、放射コースティックの半径であり、2つの方法は非常に良く一致し、最終的に、表 6 に示すように、 $\kappa / \Gamma \approx 1 \sim 50$  の範囲内の結合対損失比を見出す。従って、解析した具体例では、以下に説明するように、達成された性能指数値は、一般的な応用にとって有用であるために十分大きい。

20

#### 【0105】

【表 6】

| 2つの円板                                                                             | $D/r$ | $Q^{rad}$ | $\omega/2\Gamma$ | $\omega/2\kappa$ | $\kappa/\Gamma$ |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------|------------------|------------------|-----------------|
| $Re\{\varepsilon\}=147.7, m=2$<br>$\lambda/r \doteq 20$<br>$Q^{abs} \doteq 10093$ | 3     | 2478      | 1989             | 46.9<br>(47.5)   | 42.4<br>(35.0)  |
|                                                                                   | 5     | 2411      | 1946             | 298.0<br>(298.0) | 6.5<br>(5.6)    |
|                                                                                   | 7     | 2196      | 1804             | 769.7<br>(770.2) | 2.3<br>(2.2)    |
|                                                                                   | 10    | 2017      | 1681             | 1714<br>(1601)   | 0.98<br>(1.04)  |
| $Re\{\varepsilon\}=65.6, m=3$<br>$\lambda/r \doteq 10$<br>$Q^{abs} \doteq 10096$  | 3     | 7972      | 4455             | 144<br>(140)     | 30.9<br>(34.3)  |
|                                                                                   | 5     | 9240      | 4824             | 2242<br>(2083)   | 2.2<br>(2.3)    |
|                                                                                   | 7     | 9187      | 4810             | 7485<br>(7417)   | 0.64<br>(0.65)  |

10

20

## 【0106】

(外部物体に対するシステム感度)

一般に、共振ベースの無線エネルギー伝達方式の特定実施例の全体性能は、共振物体の共振のロバストネス（頑健性）に強く依存する。従って、共振物体の、ランダムな非共振の外部物体が近くに存在することに対する感度を解析することが望ましい。1つの適切な解析モデルは、「摂動理論」（PT: perturbation theory）の解析モデルであり、外部物体  $e$  の存在下では、共振物体 1 の内部の場の振幅  $a_1(t)$  が、一次については、次式を満足することを示唆する：

30

## 【数 6 4】

$$\frac{da_1}{dt} = -i(\omega_1 - i\Gamma_1)a_1 + i(\kappa_{11-e} + i\Gamma_{1-e})a_1 \quad (11)$$

ここでも、 $\omega_1$  は周波数であり、 $\Gamma_1$  は固有（吸収、放射、等）損失速度であり、 $\kappa_{11-e}$  は、 $e$  の存在により（物体）1 に生じる周波数シフトであり、 $\Gamma_{1-e}$  は、外部の  $e$ （ $e$  内部の吸収、 $e$  からの散乱、等）による損失速度である。一次 PT モデルは、小さい摂動のみに対して有効である。それにもかかわらず、 $a_1$  を正確な摂動モードの振幅であるものとすれば、パラメータ  $\kappa_{11-e}$ 、 $\Gamma_{1-e}$  は上記レジーム外でも明確に定義される。また、初期の共振モードの放射場と外部物体から散乱する場との間の干渉効果は、強い散乱（例えば非金属物体）については、初期放射  $\Gamma_1$  より小さい全放射  $\Gamma_{1-e}$  を生じさせる（即ち、 $\Gamma_{1-e}$  は負である）。

40

## 【0107】

周波数シフトは、1つ以上の共振物体に、その周波数を補正するフィードバックメカニズムを適用することによって「固定」することのできる問題である。例えば、図 8 a を参照すれば、一部の実施例では、各共振物体に固定周波数の発振器、及びこの物体の周波数

50

を測定する監視装置を設ける。発振器及び監視装置は共に周波数調整器に結合され、周波数調整器は、例えば物体の特性（例えば自己共振コイルの高さ、容量負荷付きコイルのコンデンサプレートの間隔、誘電体円板の形状、等）を調整するか、あるいは共振物体の付近にある非共振物体の位置を変更することによって、共振物体の周波数を調整する。周波数調整器は、上記固定周波数と物体周波数との差を測定し、物体周波数を固定周波数との一致にもっていくように機能する。この技法は、外部物体の存在下でも、すべての共振物体が同じ固定周波数で動作することを保証する。

#### 【0108】

他の例として、図8bを参照すれば、一部の実施例では、電源側物体から装置側物体へのエネルギー伝達中に、装置側物体はエネルギーを負荷に供給し、効率監視装置がこの伝達の効率を測定する。負荷に結合された周波数調整器及び効率監視装置は、伝達効率を最大化するように物体の周波数を調整すべく機能する。

10

#### 【0109】

種々の実施例では、共振物体間の情報交換に頼る他の周波数調整方式を用いることができる。例えば、電源側物体の周波数を監視して装置側物体に伝送することができ、装置側物体は、上述した周波数調整器を用いてこの周波数に同期する。他の実施例では、単一クロックの周波数を複数の装置に伝送し、各装置がこの周波数に同期することができる。

#### 【0110】

周波数シフトとは異なり、外部損失は改善することが困難であるので、エネルギー伝達方式にとって有害であり得る。従って、全損失速度  $\Gamma_{[e]} = \Gamma_{\uparrow} + \Gamma_{\downarrow e}$ （及び対応する性能指数

20

$$\kappa_{[e]} / \sqrt{\Gamma_{\uparrow[e]} \Gamma_{\downarrow[e]}}$$

、ここに  $\kappa_{[e]}$  は摂動のある結合速度）を定量化すべきである。実施例では、主に磁気共振を用いて、共振に対する外部物体の影響がほとんど存在しない。その理由は、考慮している動作の準静的レジーム（ $r \ll \lambda$ ）では、コイルを包囲する空気領域内の近接場は磁界が支配的である（これに対し電界の大部分はコイルの自己容量または外部負荷のコンデンサ中に局在する）ということであり、従って、この磁界と相互作用し、共振に対する摂動として作用し得る非金属の外部物体  $e$  は、大きな磁気特性（透磁率  $\text{Re}\{\mu\} > 1$  または磁気損失  $\text{Im}\{\mu\} > 0$ ）を有する物体である。ほとんどすべての日常的材料が非磁性であるので自由面と同様に磁界に応答し、従って導線ループの共振を乱さない。

30

#### 【0111】

上述したように、このことの重要な意味は、人間に対する考慮を満足することに関係する。人間も非磁性であり、危険を被ることなしに強磁界に耐えることができる。磁界  $B \sim 1\text{T}$  を人間に対して安全に用いる代表例は、医療検査用の（核）磁気共鳴画像法（MRI：magnetic resonance imaging）技術である。これとは対照的に、一般的な実施例において2、3ワットの電力を供給するために必要な近接場磁界は、 $B \sim 10^{-4}\text{T}$  に過ぎず、この磁界は実際に、地球の磁界の大きさと同程度である。以上で説明したように、強い近接場電界も存在せず、この無放射方式により生成される放射は最小であるので、本発明で提案するエネルギー伝達方法は生体にとって安全なはずであること考えることは理にかなっている。

40

#### 【0112】

例えば、容量負荷付き導線コイルの共振系が、大部分の磁気エネルギーを、この共振系を包囲する空間内に蓄積している度合いを推定することができる。コンデンサからのフリンジ電界を無視すれば、コイルを包囲する空間内の電気及び磁気エネルギーの密度は、導線中の電流によって生成される電界及び磁界のみから生じる。なお、遠距離場では、これら2つのエネルギー密度は等しくなければならず、放射的な場については常にそうである。 $h = 0$  なるサブ波長（ $r \ll \lambda$ ）電流ループ（磁気双極子）によって生成される場についての結果を用いることによって、電気エネルギー密度対磁気エネルギー密度の比率を、ル

50

ープの中心からの距離  $p$  ( $r \ll p$  なる制限下で) 及びループ軸に対する角度  $\theta$  の関数として、次式のように計算することができる:

【数 6 5】

$$\frac{u_e(x)}{u_m(x)} = \frac{\varepsilon_0 |E(x)|^2}{\mu_0 |H(x)|^2} = \frac{\left(1 + \frac{1}{x^2}\right) \sin^2 \theta}{\left(\frac{1}{x^2} + \frac{1}{x^4}\right) 4 \cos^2 \theta + \left(1 - \frac{1}{x^2} + \frac{1}{x^4}\right) \sin^2 \theta}; x = 2\pi \frac{p}{\lambda}$$

$$\Rightarrow \frac{\oint_{S_p} u_e(x) dS}{\oint_{S_p} u_m(x) dS} = \frac{1 + \frac{1}{x^2}}{1 + \frac{1}{x^2} + \frac{3}{x^4}}; x = 2\pi \frac{p}{\lambda}$$
(12)

10

ここで、2 行目は、電気及び磁気エネルギー密度を半径  $p$  の球の表面全体にわたって積分することによる、すべての角度にわたる平均値の比率である。式(12)より、実際に、近接場 ( $x \ll 1$ ) 内では、すべての角度について磁気エネルギー密度が支配的であるのに対し、遠距離場 ( $x \gg 1$ ) では、これらは等しく、またそうあるべきである。また、ループの好適な配置は、ループの共振を妨害し得る物体がループの軸の近くに存在する ( $\theta = 0$ ) ようにし、ここで電界は存在しない。例えば、表 4 に記載したシステムを用いれば、式(12)より、距離  $p = 10 r = 3 \text{ m}$  にある  $r = 30 \text{ cm}$  のループについては、平均電気エネルギー密度対平均磁気エネルギー密度の比率は  $\sim 12\%$  であり、 $p = 3 r = 90 \text{ cm}$  では、この比率は  $\sim 1\%$  であり、 $p = 10 r = 1 \text{ m}$  にある  $r = 10 \text{ cm}$  のループについては、この比率は  $\sim 33\%$  であり、 $p = 3 r = 30 \text{ cm}$  では、この比率は  $\sim 2.5\%$  である。より近い距離では、この比率はさらに小さく、従って、近接場ではエネルギーは大部分が磁気であるのに対し、遠距離場では、これらは必然的に同じオーダーになり (比率  $\rightarrow 1$ )、両者は非常に小さい、というのは、容量負荷付きコイル系は放射が非常に小さいように設計されているので、場が大きく減衰するからである。従って、この比率は、この共振系のクラスを磁気共振系とするための基準である。

20

30

【0 1 1 3】

コンデンサのフリンジ電界を含む容量負荷付きループの共振に対する外部物体の影響の推定値を与えるために、前述した摂動理論の式:

【数 6 6】

$$\Gamma_{1-e}^{abs} = \omega_1 / 4 \cdot \int d^3 r \operatorname{Im} \{ \varepsilon_e(r) \} |E_1(r)|^2 / U$$

を、図 5 のプロット中に示すもののような例の場合についてのコンピュータ計算による F E F D の結果と共に、ループ間に存在し、ほぼ一方のコンデンサ上に立つ (コンデンサから  $\sim 3 \text{ cm}$  離れた) 寸法  $30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 1.5 \text{ m}$ 、(人間の筋肉に合わせた) 誘電率  $\varepsilon = 49 + 16i$  の物体に対して用いて、

40

$$Q_{e-h}^{abs}$$

$\sim 10^5$  を見出し、コンデンサから  $10 \text{ cm}$  離れた物体については、

$$Q_{e-h}^{abs}$$

$\sim 5 \times 10^5$  を見出す。従って、通常距離 ( $\sim 1 \text{ m}$ ) 及び配置 (コンデンサの直上ではない) については、あるいは、ずっと小さい損失タンジェントの大部分の通常の外部物体  $e$  については、

50

$$Q_{e-e}^{abs} \rightarrow \infty$$

と言うことが実際に正しいものと結論付ける。これらの共振に影響するものと想定される唯一の摂動は、大きな金属構造に近接した所である。

【0114】

自己共振コイルは容量負荷付きコイルよりずっと敏感である、というのは、前者は、電界が、空間（コイル全体）内の後者（コイルの内部だけ）よりずっと大きい領域に広がるからである。他方では、自己共振コイルは作製するのが単純であり、大部分の集中コンデン

10

【0115】

一般に、共振系の異なる具体例は外部摂動に対して異なる感度を有し、共振系の選定は目前の特定用途、及びこの用途にとっての感度または安全性の事柄の重要性に依存する。例えば、（無線給電の人工心臓のような）医療用埋め込み装置については、装置を包囲する組織を保護するために、電界の広がりとは最大限可能な度合いに最小化しなければならない。外部物体に対する感度または安全性が重要である場合には、周囲空間内の（用途に応じた）所望の点の大部分における電界エネルギー密度対磁気エネルギー密度の比率  $\mu_e / \mu_m$  を低減または最小化するように、共振系を設計すべきである。

【0116】

20

主に磁気共振ではない共振を用いる実施例では、外部物体の影響が関心事となり得る。例えば誘電体円板については、小型、低屈折率、低い材料損失、または遠方の漂遊物体が、小さい散乱及び吸収を生じさせる。こうした小さい摂動の場合は、これらの外部損失メカニズムはそれぞれ、次の解析的な一次摂動理論式を用いて定量化することができ：

【数67】

$$\Gamma_{1-e}^{rad} = \omega_1 \int d^3r \operatorname{Re}\{\epsilon_e(r)\} |\mathbf{E}_1(r)|^2 / U$$

及び

30

【数68】

$$\kappa \gg \Gamma_{1-e} \Gamma_{1-e}^{abs} = \omega_1 / 4 \cdot \int d^3r \operatorname{Im}\{\epsilon_e(r)\} |\mathbf{E}_1(r)|^2 / U$$

ここに、

【数69】

$$U = 1/2 \int d^3r \epsilon(r) |\mathbf{E}_1(r)|^2$$

40

は、非摂動モードの総共振電磁エネルギーである。上式からわかるように、これらの損失は共に、外部物体の所の共振電界テール

$\mathbf{E}_1$

の二乗に依存する。これとは対照的に、物体1から他の共振物体2への結合速度は、前述したように次式のようになり：

【数 7 0】

$$\kappa = \omega_1 / 2 \cdot \int d^3 r \epsilon_2(r) E_2^*(r) E_1(r) / \int d^3 r \epsilon(r) |E_1(r)|^2$$

物体 2 の内部における物体 1 の場のテール

**E<sub>1</sub>**

に線形依存する。こうしたスケージングの差は、例えば指数関数的に小さい場のテールについては、少なくとも小さい摂動については、他の共振物体への結合（速度）がすべての外部損失速度よりずっと速い（ $\kappa \gg \Gamma_{1-e}$ ）はずであり、従って、こうした共振誘電体円板のクラスについては、本発明のエネルギー伝達方式は頑健であるものと想定される、という確信を与える。しかし、外部物体が、上記一次摂動理論の方法を用いて解析するには強過ぎる摂動を生じさせるあり得る特定状況も調べたい。例えば、誘電体円板 c を、図 9 a に示すように（人間 h のような）大きな  $\text{Re}\{\epsilon\}$ 、 $\text{Im}\{\epsilon\}$  かつ同じサイズであるが異なる形状の他の共振外物体、及び図 9 b に示すように（壁面 w のような）大きく広がる粗くした表面であるが小さい  $\text{Re}\{\epsilon\}$ 、 $\text{Im}\{\epsilon\}$  の他の共振外物体の近くに配置する。円板の中心と「人間の」中心または「壁面」との間の距離  $D_{h/w}/r = 10^{-3}$  についての、図 9 a 及び 9 b に提示する数値的 F D F D シミュレーションの結果は、円板の共振が相当頑健であるように見えることを示唆する、というのは、円板の共振は、非常に近接した高損失の物体は例外として、外部物体の存在によって悪影響されないからである。エネルギー伝達システム全体に対する大きな摂動の影響を調べるために、「人間」及び「壁面」が共に近くに存在する状況下での 2 つの共振円板を考える。図 7 を図 9 c と比較すれば、数値的 F D F D シミュレーションは、システム性能が  $\kappa/\Gamma_c \approx 1 \sim 50$  から  $\kappa_{[hw]}/\Gamma_{c[hw]} \approx 0.5 \sim 10$  に、即ち許容可能な量だけ劣化することを示す。

【0 1 1 7】

（システム効率）

一般に、あらゆるエネルギー伝達方式にとって重要な他の要素は伝達効率である。再び、一組の外部物体 e の存在下で共振する電源側 s と装置側 d の系を考える。この共振ベースのエネルギー伝達方式の効率は、エネルギーが装置側から排出されて、速度  $\Gamma_{\text{work}}$  で作業動作に使用される際に測定することができる。装置側の場の振幅についての結合モード理論方程式は次式の通りであり：

【数 7 1】

$$\frac{da_d}{dt} = -i(\omega - i\Gamma_{d[e]})a_d + i\kappa_{[e]}a_s - \Gamma_{\text{work}}a_d, \quad (13)$$

ここに、

【数 7 2】

$$\Gamma_{d(e)} = \Gamma_{d(e)}^{\text{rad}} + \Gamma_{d(e)}^{\text{abs}} = \Gamma_{d(e)}^{\text{rad}} + (\Gamma_d^{\text{abs}} + \Gamma_{d-e}^{\text{abs}})$$

は、摂動のある装置の正味の損失速度であり、同様に、摂動のある電源に対して  $\Gamma_{s(e)}$  を定義する。異なる時間的スキーム（例えば、定常状態の連続波排出、周期的時刻における瞬時的排出、等）を用いて、装置側から電力を排出することができ、それらの効率は組み合わせたシステムパラメータへの異なる依存性を示す。簡単のため、電源側内部の場の振幅が一定に維持されるように定常状態を仮定し、即ち  $a_s(t) = A_s e^{-j\omega t}$  であり、従って、装置側内部の場の振幅は  $a_d(t) = A_d e^{-j\omega t}$  であり、ここに  $A_d/A_s = i\kappa_{[e]}/(\Gamma_{d[e]} + \Gamma_{\text{work}})$  である。従って、関係する種々の時間平均電力は次の通りである：

有用な期待電力は  $P_{\text{work}} = 2\Gamma_{\text{work}}|A_d|^2$  であり、放射される（散乱を含む）電力は

10

20

30

40

【数 7 3】

$$P_{rad} = 2\Gamma_{ste1}^{rad} |A_s|^2 + 2\Gamma_{dte1}^{rad} |A_d|^2,$$

であり、電源側／装置側において吸収される電力は

【数 7 4】

$$P_{s/d} = 2\Gamma_{s/d}^{abs} |A_{s/d}|^2,$$

10

であり、そして外部物体では、

【数 7 5】

$$P_e = 2\Gamma_{s-e}^{abs} |A_s|^2 + 2\Gamma_{d-e}^{abs} |A_d|^2$$

である。エネルギー保存則より、システムに入る総時間平均電力は

$$P_{total} = P_{work} + P_{rad} + P_s + P_d + P_e$$

である。なお、通常はシステム内に存在して蓄積されたエネルギーをシステム内で循環させる無効電力は、共振時には相殺され（このことは例えば電磁気学においてポインティング理論から証明することができる）、電力平衡の計算には影響しない。従って、動作効率

20

は次式の通りであり：

【数 7 6】

$$\eta_{work} \equiv \frac{P_{work}}{P_{total}} = \frac{1}{1 + \frac{\Gamma_{d[e]}}{\Gamma_{work}} \left[ 1 + \frac{1}{fom_{[e]}^2} \left( 1 + \frac{\Gamma_{work}}{\Gamma_{d[e]}} \right)^2 \right]}, \quad (14)$$

30

ここに、

【数 7 7】

$$fom_{[e]} = \kappa_{[e]} / \sqrt{\Gamma_{s[e]} \Gamma_{d[e]}}$$

は、摂動のある共振エネルギー交換システムの距離依存性の性能指数である。

【0 1 1 8】

図 10 を参照すれば、特定の共振物体、例えばからより直接的にアクセス可能なパラメータに関して、この式(14)を再導出して表現するために、次のシステムの回路モデルを考

40

【0 1 1 9】

そして、共振状態の（ $\omega L_s = 1 / \omega C_s$ ）電源側回路より、次式のようになり：

【数 7 8】

$$V_g = I_s R_s - j\omega M I_d \Rightarrow \frac{1}{2} V_g^* I_s = \frac{1}{2} |I_s|^2 R_s + \frac{1}{2} j\omega M I_d^* I_s,$$

共振状態の（ $\omega L_d = 1 / \omega C_d$ ）電源側回路より、次式のようになる：

【数 7 9】

$$0 = I_d (R_d + R_w) - j\omega M I_s \Rightarrow j\omega M I_s = I_d (R_d + R_w)$$

10

従って、2 番目の式を最初の式に代入することによって、次式のようになる：

【数 8 0】

$$\frac{1}{2} V_g^* I_s = \frac{1}{2} |I_s|^2 R_s + \frac{1}{2} |I_d|^2 (R_d + R_w).$$

ここで、実数部（時間平均電力）をとって効率を見出す：

【数 8 1】

$$P_g \equiv \operatorname{Re} \left\{ \frac{1}{2} V_g^* I_s \right\} = P_s + P_d + P_w \Rightarrow \eta_{\text{work}} \equiv \frac{P_w}{P_{\text{tot}}} = \frac{R_w}{\left| \frac{I_s}{I_d} \right|^2 \cdot R_s + R_d + R_w}.$$

20

即ち、次式のようになり：

【数 8 2】

$$\eta_{\text{work}} = \frac{R_w}{\frac{(R_d + R_w)^2}{(\omega M)^2} \cdot R_s + R_d + R_w},$$

30

この式は、 $\Gamma_{\text{work}} = R_w / 2 L_d$ 、 $\Gamma_d = R_d / 2 L_d$ 、 $\Gamma_s = R_s / 2 L_s$ 、かつ

【数 8 3】

$$\kappa = \omega M / 2 \sqrt{L_s L_d},$$

では、一般的な式(14)となる。

【0 1 2 0】

式(14)より、動作一排出の比率を次式のように選定すると：

40

【数 8 4】

$$\Gamma_{\text{work}} / \Gamma_{d[e]} = \sqrt{1 + f_{\text{om}[e]}^2} > 1$$

選定した動作一排出の比率の意味での効率が最適化されていることを見出すことができる。そして、 $\eta_{\text{work}}$  は、図 1 1 に実線で示すように、 $f_{\text{om}[e]}$  パラメータのみの関数である。 $f_{\text{om}[e]} > 1$  については、システムの効率は  $\eta_{\text{work}} > 17\%$  であり、実際の応用にとって十分な大きさである。従って、上述したように  $f_{\text{om}[e]}$  を最適化することによって、効率を 100% に向けてさらに増加させることができる。放射損失に変換される比率は他のシステムパラメータにも依存し、前に定めた範囲内のパラメータの値を有する導線ループについ

50

ては、図 5 にプロットしている。

【0121】

例えば、表 4 に記載した容量負荷付きコイルの実施例を考え、結合距離  $D/r = 7$  とし、「人間」である外部物体が電源側から距離  $D_h$  にあり、 $P_{work} = 10\text{ W}$  を負荷に供給しなければならないものとする。そして（図 11 に基づき）、 $D_h \sim 3\text{ cm}$  では、

【数 8 5】

$$Q_{s[h]}^{rad} = Q_{d[h]}^{rad} \sim 10^4, Q_s^{abs} = Q_d^{abs} \sim 10^3, Q_x \sim 500,$$

及び

【数 8 6】

$$Q_{d-h}^{abs} \rightarrow \infty, Q_{s-h}^{abs} \sim 10^5$$

とし、 $D_h \sim 10\text{ cm}$  では、

【数 8 7】

$$Q_{s-h}^{abs} \sim 5 \cdot 10^5$$

とする。従って、 $fom_{[h]} \sim 2$  であり、よって、 $\eta_{work} \doteq 38\%$ 、 $P_{rad} \doteq 1.5\text{ W}$ 、 $P_s \doteq 11\text{ W}$ 、 $P_d \doteq 4\text{ W}$ 、そして最も重要なこととして、 $D_h \sim 3\text{ cm}$  では  $\eta_h \doteq 0.4\%$ 、 $P_h = 0.1\text{ W}$ 、及び  $D_h \sim 10\text{ cm}$  では、 $\eta_h \doteq 0.1\%$ 、 $P_h = 0.02\text{ W}$  である。

【0122】

多くの場合には、共振物体の寸法は、目前の特定用途によって設定する。例えば、この用途がラップトップ・コンピュータまたは携帯電話に給電することである際は、装置側の共振物体は、それぞれラップトップ・コンピュータまたは携帯電話の寸法より大きい寸法を有することができない。特に、指定寸法の 2 ループのシステムについては、ループ半径  $r_{s,d}$  及び導線半径  $a_{s,d}$  の意味で、システム最適化用に調整すべく残された独立パラメータは、ターン数  $N_{s,d}$ 、周波数  $f$ 、及び動作－抽出の比率（負荷抵抗） $\Gamma_{work}$  である。

【0123】

一般に、種々の実施例では、増加または最適化したい主要な従属変数は全体効率  $\eta_{work}$  である。しかし、システム設計上では、他の重要な変数を考慮に入れる必要がある。例えば、容量負荷付きコイルを特徴とする実施例では、設計は例えば導線内部を流れる電流  $I_{s,d}$ 、及びコンデンサの端子間電圧  $V_{s,d}$  によって制約され得る。これらの制限は重要であり得る、というのは、 $\sim\text{W}$  の電力の応用については、これらのパラメータの値が、導線またはコンデンサのそれぞれが対処するには大き過ぎることがあるからである。さらに、装置側の総合負荷の  $Q_{tot} = \omega L_d / (R_d + R_w)$  は、なるべく小さくあるべき量である、というのは、電源側と装置側の共振周波数が非常に高い際に、これらの共振周波数をそれらの  $Q$  値以内に一致させることは、実験的には挑戦的であり得るし、小さな変動に対してより敏感であり得る。最後に、放射電力  $P_{rad,s,d}$  は、こうした電力が一般に既に小さい磁気

【0124】

以下では、各独立変数の従属変数に対する影響を調べる。 $fom_{[e]}$  のある特定値に対する動作－排出の比率を次式によって表現するために：

【数 8 8】

$$\Gamma_{work} / \Gamma_{d[e]} = \sqrt{1 + wp \cdot fom_{[e]}^2}$$

新たな変数  $wp$  を定義する。そして、一部の実施例では、この比率の選定に影響する値は次の通りである：

10

20

30

40

50

電源側に蓄積される必要なエネルギー（従って  $I_s$  及び  $V_s$ ）を最小化するためには、  
【数 8 9】

$$\Gamma_{work} / \Gamma_{d[e]} = 1 \Leftrightarrow wp = 0$$

（一般的なインピーダンスマッチング（整合）条件）。

効率を増加させるためには、前述したように、

【数 9 0】

$$\Gamma_{work} / \Gamma_{d[e]} = \sqrt{1 + \text{form}_{[e]}^2} > 1 \Leftrightarrow wp = 1$$

装置側に蓄積されるエネルギー（従って、 $I_d$  及び  $V_d$ ）を減少させるか、あるいは  $Q_{tot} = \omega L_d / (R_d + R_v) = \omega / [2(\Gamma_d + \Gamma_{work})]$  を減少または最小化するためには、

【数 9 1】

$$\Gamma_{work} / \Gamma_{d[e]} \gg 1 \Leftrightarrow wp \gg 1$$

【0 1 2 5】

$N_s$  及び  $N_d$  を増加させることは、ループのインピーダンスを増加させるので、

$$\kappa / \sqrt{\Gamma_s \Gamma_d}$$

を増加させ、従って、前述したように効率を大幅に増加させ、また電流  $I_s$  及び  $I_d$  を減少させ、従って、所定の出力電力  $P_{work}$  にとって必要なエネルギー

【数 9 2】

$$U_{s,d} = \frac{1}{2} L_{s,d} |I_{s,d}|^2$$

をより小さい電流で達成することができる。しかし、 $N_d$  を増加させることは  $Q_{tot}$ 、 $P_{rad,d,d}$  及び装置側の容量の端子間電圧  $V_d$  を増加させ、このことは不都合なことに、一般的な実施例では、最終的にシステムの最大の制限要素の 1 つになる。このことを説明するために留意すべきこととして、現実にコンデンサ材料の絶縁破壊を生じさせるのは電界であり（例えば空気に対しては 3 kV/mm）電圧ではなく、（最適に近い）所望の動作周波数に対して、増加したインダクタンス  $L_d$  は要求される容量  $C_d$  の低減を暗に意味し、このことは原則的に、容量負荷付きコイルについては、装置側のコンデンサのプレートの間隔  $d_d$  を増加させることによって、自己共振コイルについては、 $h_d$  を増加させて隣接するターンの間隔を増加させることによって達成することができ、 $N_d$  と共に実際に減少する電界（前者の場合は  $V_d / d_d$ ）を生じさせる；しかし、現実には  $d_d$  または  $h_d$  を過大に増加させることはできない、というのは、不所望な容量のフリンジ電界が非常に大きくなり、及び／または、コイルのサイズが過大になり得るからであり、いずれの場合でも、特定用途にとっては、高電圧は望ましくない。同様の増加挙動は、 $N_s$  の増加時に、電源側の  $P_{rad,s,s}$  及び  $V_s$  についても観測される。結論として、ターン数  $N_s$  及び  $N_d$  は、適度な電圧、フリンジ電界、及び物理的サイズを可能にするように（効率のために）できる限り大きく選定しなければならない。

【0 1 2 6】

周波数に関しても、効率のために最適な周波数が存在し、この最適周波数の近くでは、 $Q_{tot}$  は最大に近い。より低い周波数に対しては、電流はより悪く（大きく）なるが、電

10

20

30

40

50

圧及び放射電力はより良好に（小さく）なる。通常は、最適周波数またはそれより幾分低い周波数のいずれかを採る。

#### 【0127】

システムの動作レジームを決定する1つの方法は、図式解法に基づく。図12に、 $r_s = 2.5 \text{ cm}$ 、 $r_d = 1.5 \text{ cm}$ 、 $h_s = h_d = 0$ 、 $a_s = a_d = 3 \text{ mm}$ 、及びループ間の距離  $D = 2 \text{ m}$  の2つのループについて、上記従属変数のすべて（電流、電圧、及び出力電力の1 Wに正規化した放射電力）を、 $w_p$ 及び $N_s$ をいくつか選定して、周波数及び $N_d$ に対してプロットする。この図は、上述したすべての依存性を表す。従属変数の等高線図も、周波数及び $w_p$ の両者の関数として作成することができるが、 $N_s$ 及び $N_d$ は共に固定である。その結果を、同じループ寸法及び距離について図13に示す。例えば、上記寸法を有する2つのループのシステム用のパラメータの適度な選定は次の通りである： $N_s = 2$ 、 $N_d = 6$ 、 $f = 10 \text{ MHz}$ 、及び $w_p = 10$ ；これらの値は、 $\eta_{\text{work}} = 20.6\%$ 、 $Q_{\text{tot}} = 1264$ 、 $I_s = 7.2 \text{ A}$ 、 $I_d = 1.4 \text{ A}$ 、 $V_s = 2.55 \text{ kV}$ 、 $V_d = 2.30 \text{ kV}$ 、 $P_{\text{rad},s} = 0.15 \text{ W}$ 、 $P_{\text{rad},d} = 0.006 \text{ W}$ を与える。なお、図12及び13の結果、及びすぐ前に計算した性能特性は、以上で挙げた解析式を用いて出したものであり、従って、これらは $N_s$ 、 $N_d$ の大きな値に対してはより正確でないと想定されるが、それでもスケーリング及び大きさのオーダーの良好な推定値を与える。

#### 【0128】

最後に、これに加えて、電源側の寸法を最適化することができる、というのは、前に説明したように、通常は装置側の寸法のみが制限されるからである。即ち、 $r_s$ 及び $a_s$ を独立変数の集合に加えることができ、問題の従属変数のすべてについて、これらの独立変数に関しても最適化することができる（効率のみのためにこのことを行う方法は、前に説明した）。こうした最適化は改善された結果をもたらす。

#### 【0129】

##### （実験結果）

上述した無線エネルギー伝達方式の実施例の実験的実現は、上述した種類の2つの自己共振コイルから成り、図14に概略的に示すように、その1つ（電源側コイル）は発振回路に誘導結合され、第2のもの（装置側コイル）は抵抗負荷に誘導結合されている。図14を参照すれば、Aは半径2.5 cmの単一銅線ループであり、駆動回路の一部をなし、周波数9.9 MHzの正弦波を出力する。S及びDはそれぞれ、文字で称するところの電源側及び装置側コイルである。Bは、負荷（「電球（ライトバルブ）」）に取り付けた導線のループである。種々の $\kappa$ は物体間の直接結合を表す。コイルDとループAとの間の角度は、これらの直接的結合が0になると共に、コイルSとDが同軸に位置合わせされるように調整する。BとAの間、及びBとSの間の直接的結合は無視できる。

#### 【0130】

電力伝達方式の実験検証用に構成した2つの同一の螺旋コイルのパラメータは、 $h = 20 \text{ cm}$ 、 $a = 3 \text{ cm}$ 、 $r = 30 \text{ cm}$ 、 $n = 5.25$ である。両コイルとも銅製である。構成上の不完全性により、螺旋ループ間の間隔は均一ではなく、 $h$ に10%（2 cm）の不確実性があるものとすることによって、これらのループの均一性についての不確実性を要約した。これらの寸法を前提として予期される共振周波数は $f_0 = 10.56 \pm 0.3 \text{ MHz}$ であり、約9.90 MHz付近で測定された共振から約5%外れている。

#### 【0131】

これらのループについての理論的Q値は、（完全な銅の抵抗率 $\rho = 1.7 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$ を仮定すれば） $\sim 2500$ であるものと推定されるが、測定値は $950 \pm 50$ である。この相違の大部分は、銅線の表面上にある導電性の低い酸化銅の層の影響によるものと確信し、この周波数では、浅い表皮厚さ（ $\sim 20 \mu \text{ m}$ ）によって電流がこの層に限定される。従って、その後のすべての計算では、実験的に観測したQ値（及びこれから導出した $\Gamma_1 = \Gamma_2 = \Gamma = \omega / (2Q)$ ）を用いた。

#### 【0132】

結合係数 $\kappa$ は、（隔離した際に、 $h$ を少し調整することによって同じ共振周波数に微調

10

20

30

40

50

整した) 2つの自己共振コイルを距離Dだけ離して配置し、2つの共振モードの周波数への分割を測定することによって見出すことができる。結合モード理論によれば、この分割は

【数93】

$$\Delta\omega = 2\sqrt{\kappa^2 - \Gamma^2}$$

となるはずである。これら2つのコイルを同軸に位置合わせした際の、実験結果と理論的結果との比較を距離の関数として図15に示す。

【0133】

図16に、パラメータ $\kappa/\Gamma$ の実験値と理論値の比較を、2つのコイル間の間隔の関数として示す。理論値は、理論的に得られた $\kappa$ と実験的に測定した $\Gamma$ とを用いることによって得られる。陰影を付けた領域は、Qの~5%の不確定性による理論的な $\kappa/\Gamma$ の開きを表す。

【0134】

上述したように、理論的な最大効率 $\eta$ は、パラメータ

【数94】

$$\kappa/\sqrt{\Gamma_1\Gamma_2} = \kappa/\Gamma,$$

のみに依存し、図17に距離の関数としてプロットする。結合対損失比 $\kappa/\Gamma$ は、 $D = 2.4\text{ m}$  (コイルの半径の8倍)に対しても1より大きく、従ってシステムは、調べた距離の全範囲にわたって強結合レジームである。

【0135】

電源回路は、半径25 cmの単ループの導線によって電源側コイルに誘導結合した標準的なコルピッツ発振器である。負荷は、事前に較正した電球から成り、それ自体の絶縁配線のループに取り付け、このループは装置側コイルに近接して配置し、装置側コイルに誘導結合されている。従って、電球と装置側コイルとの間の距離を変化させることによって、パラメータ $\Gamma_w/\Gamma$ を、理論的に

$$\sqrt{1 + \kappa^2/(\Gamma_1\Gamma_2)}$$

で与えられるその最適値に一致するように調整した。その誘導性の性質により、電球に接続したループは小さいリアクタンス成分を $\Gamma_w$ に加え、このリアクタンス成分はコイルを少し再調整することによって補償した。抽出される動作電力は、負荷側の電球がその最大公称光度(輝度)になるまで、コルピッツ発振器内に入る電力を調整することによって測定した。

【0136】

特に電源側コイルと負荷との間で行われる伝達の効率を分離するために、各自己共振コイルの中心における電流を電流プローブ(コイルのQ値を著しく低下させないことが判明している)で測定した。これにより、以上で定義した電流パラメータ $I_1$ 及び $I_2$ の測定値が与えられた。そして、各コイルにおいて消散される電力を $P_{1,2} = \Gamma I_{1,2}^2$ から計算し、効率は $\eta = P_w/(P_1 + P_2 + P_w)$ から直接得た。実験の設定が2物体結合モード理論モデルによって適切に記述されることを保証するために、装置側コイルを、コルピッツ発振器に取り付けた銅線ループへのこの装置側コイルの直接的結合が0になるように配置した。実験結果を、式(14)によって与えられる理論的最大効率の予測値と共に図17に示す。

【0137】

この実施例を用いれば、この設定を用いて大量の電力を伝達することができ、例えば2 m以上離れた距離から60 Wの電球を十分に点灯させることができた。追加的試験として、

10

20

30

40

50

駆動回路に入る総電力も測定した。しかし、無線伝達自体の効率は、この方法では推定するのが困難である、というのは、コルピッツ発振器自体の効率が100%には程遠いと想定されても、この効率を正確に知ることができないからである。それにもかかわらず、このことは旧来のより低い効率の限界に上乘せを与える。例えば、2mの距離越しに60Wを負荷に伝達する際は、駆動回路に流入する電力は400Wであった。これにより、壁面から負荷への～15%の総合効率となり、この距離における無線電力伝達の効率を～40%と想定し、駆動回路の効率が低いものとすれば、この効率は妥当である。

#### 【0138】

以上の理論的取り扱いより、一般的な実施例では、電力伝達が実用的であるためには、コイルが共振していることが重要であることがわかる。一方のコイルが共振から離調（デチューン）されると共に、負荷に伝送される電力が急峻に低下することを実験的に見出した。負荷のQ値の逆数の2、3倍のわずかな離調 $\Delta f / f_0$ に対して、装置側コイル内の誘導電流はノイズ（雑音）と区別がつかない。

#### 【0139】

電力伝達は、人間、及び金属製及び木製家具のような種々の日常的物体、並びに大型及び小型の電子装置を2つのコイル間に配置しても、さらに、これらが電源側と装置側との間の見通しを大きく遮っても、電力伝達は目に見えて影響されないことが判明している。外部物体は、この物体がいずれかのコイルから10cmより近くにある際にしか影響しないことが判明している。（アルミニウム箔、発泡スチレン及び人間のような）一部の材料の大部分は共振周波数を少しシフトさせたが、このシフトは原則的に、上述した種類のフィードバック回路で容易に補正することができ、他のもの（段ボール、木材、及びPVC（ポリ塩化ビニル））は、コイルから2、3cmより近くに配置した際にQを低下させ、これにより伝達の効率を低下させた。

#### 【0140】

この電力伝達方法は人間にとって安全なはずであるものと確信する。60W（ラップトップ・コンピュータに給電するには十分過ぎる）を2m越しに伝達する際に、発生する磁界の大きさは、コイルの導線から約1cm未満を除いたすべての距離について、地球の磁界よりもずっと小さいものと推定した。これらのパラメータに対して、放射される電力は～5Wであり、この値はおよそ、携帯電話（の電力）より高い大きさのオーダーであるが、以下に説明するように大幅に低減することができる。

#### 【0141】

2つのコイルは現在、同一寸法であるが、装置側コイルは、効率を低下させることなく携帯装置内に収まるように十分小さくすることができる。例えば、電源側コイルと装置側コイルとの特徴的サイズの積を一定に維持することができる。

#### 【0142】

これらの実験は、中距離範囲越しの電力伝達用のシステムを実験的に実証し、独立して互いに矛盾しない複数回の試験において、実験結果が理論と良く一致することを見出した。

#### 【0143】

この方式の効率及びカバーした距離は、コイルを銀メッキすることによって（このことはコイルのQ値を増加させるはずである）、あるいは共振物体のより巧妙な幾何学的形状を用いることによって相当改善されるものと確信する。それにもかかわらず、本明細書に提示したシステムの性能特性は既に、実際の応用において有用であり得るレベルにある。

#### 【0144】

結論として、無放射の無線エネルギー伝達のための共振ベースの方式の、いくつかの実施例を説明した。以上の考察は静的な幾何学的形状（即ち、 $\kappa$ 及び $\Gamma$ は時間と独立である）について行ったが、すべての結果は移動物体の動的な幾何学的形状に直接適用することができる、というのは、エネルギー伝達時間 $\kappa^{-1}$ （マイクロ波の応用については $\approx 1 \mu s \sim 1 ms$ ）は、肉眼で見える物体の動きに関連するタイムスケール（時間尺度）よりずっと短いからである。非常に単純な実現の幾何学的形状の分析は有望な性能特性を与え、設計

10

20

30

40

50

の真剣な最適化により、さらなる改善が期待される。従って、提案するメカニズムは、現代の多くの応用にとって有望である。

【0145】

例えば、肉眼で見える世界では、この方式は潜在的に、電力を例えば工場内のロボット及び／またはコンピュータ、あるいは幹線道路上の電気バスに電力を供給するために用いることができる。一部の実施例では、電源側－物体を、幹線道路上に、または天井に沿って延びる細長い「管（パイプ）」とすることができる。

【0146】

無線伝達方式の一部の実施例は、無線または他の技術を用いて到達することが困難または不可能である装置に給電または装置を充電すべく、エネルギーを供給することができる。例えば、一部の実施例は、埋め込み医療装置（例えば人工心臓、ペースメーカー、薬剤供給ポンプ、等）または地中埋め込みセンサに電力を供給することができる。

10

【0147】

ミクロの世界では、ずっと小さい波長が使用されずっと小さい電力を必要とし、この無線伝達方式を用いて、電源側と装置側との相対的位置合わせについて過度に心配することなしに、CMOS電子部品の光学的相互接続を実現するか、あるいは、自立型ナノ物体（例えばMEMSまたはナノロボット）にエネルギーを伝達することができる。さらに、適用性の範囲を音響システムに広げることができ、ここでは電源側と装置側を一般的な凝縮物質の物体を介して接続する。

【0148】

一部の実施例では、上述した技術が、共振物体の局在的近接場を用いた情報の無放射の無線伝達を提供することができる。こうした方式は、情報が遠距離場に放射されないのので、向上した安全性を提供し、そして高度に機密の情報の中距離範囲の通信に非常に適している。

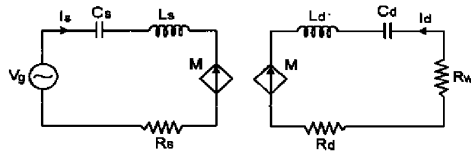
20

【0149】

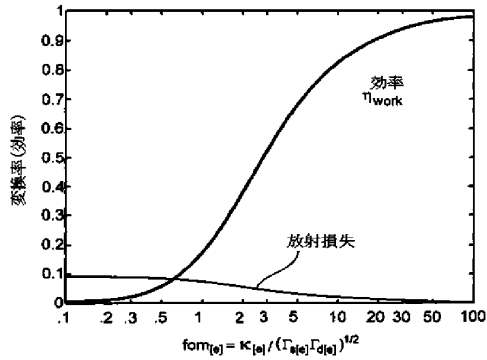
本発明の多数の実施例を説明してきた。それでも、本発明の範囲を逸脱することなしに種々の変更を加えることができることは明らかである。



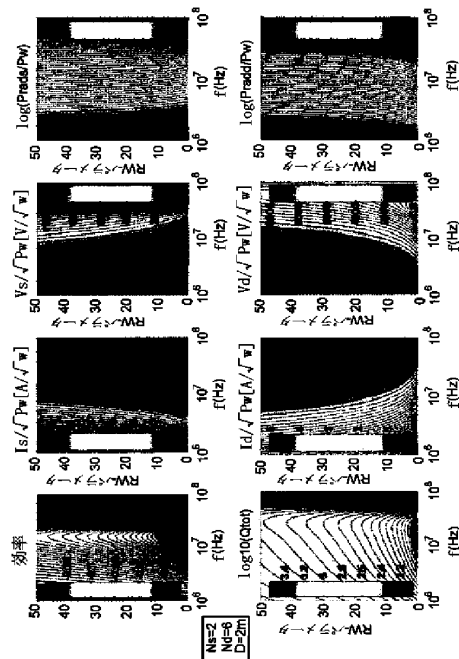
【 ☒ 1 0 】



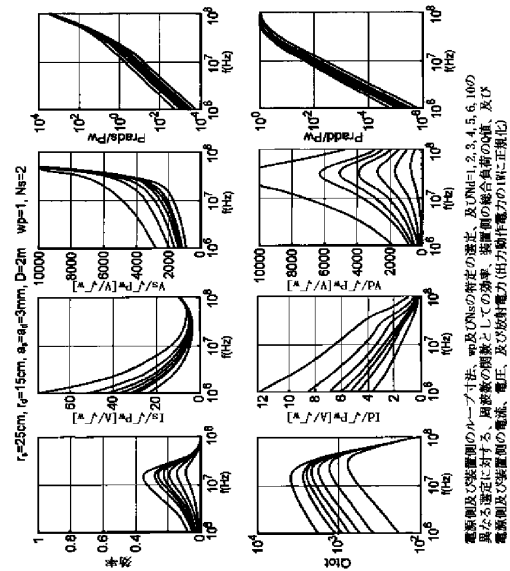
【 ☒ 1 1 】



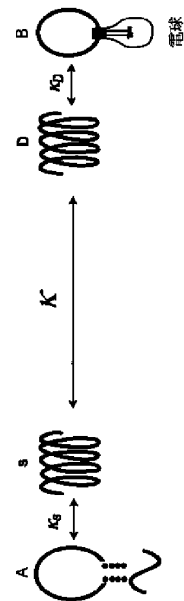
【 ☒ 1 3 】



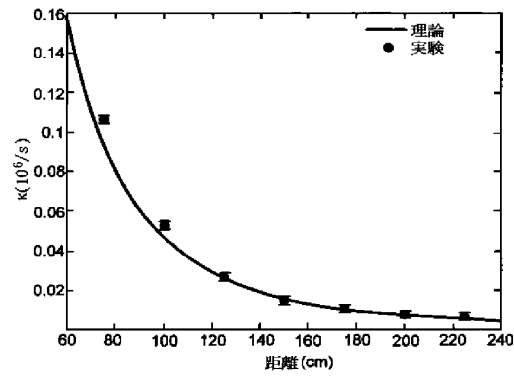
【 図 1 2 】



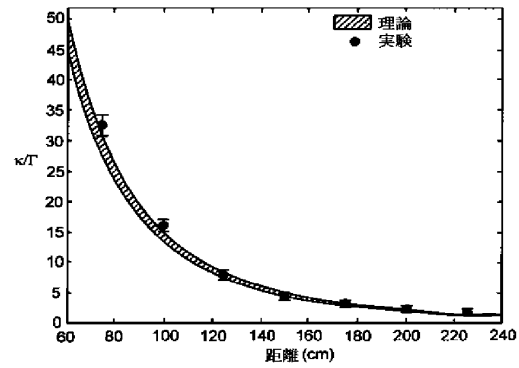
【 ㊦ 1 4 】



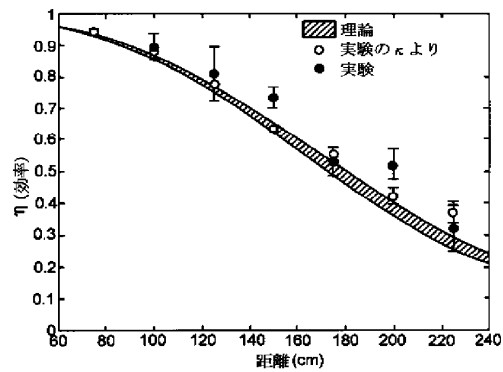
【図 1 5】



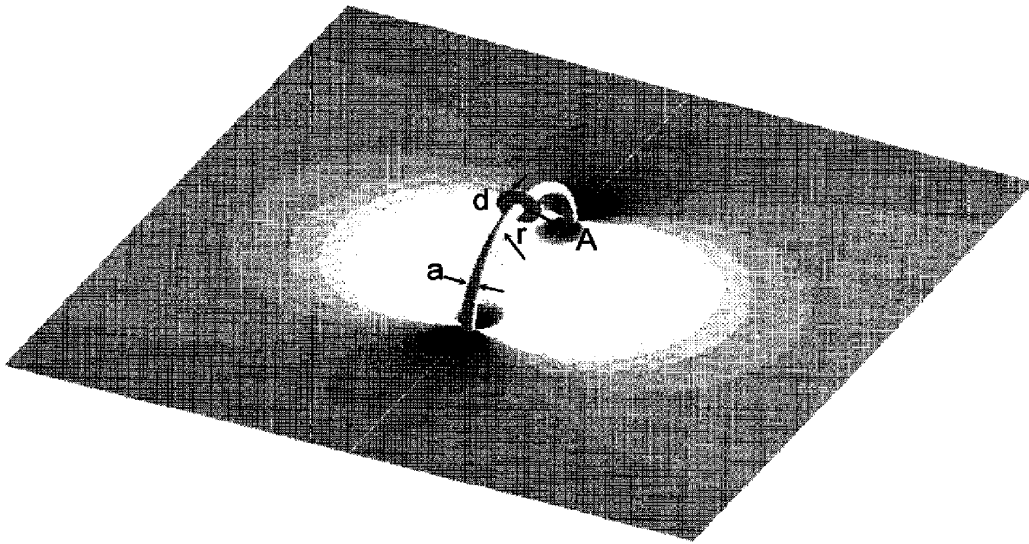
【図 1 6】



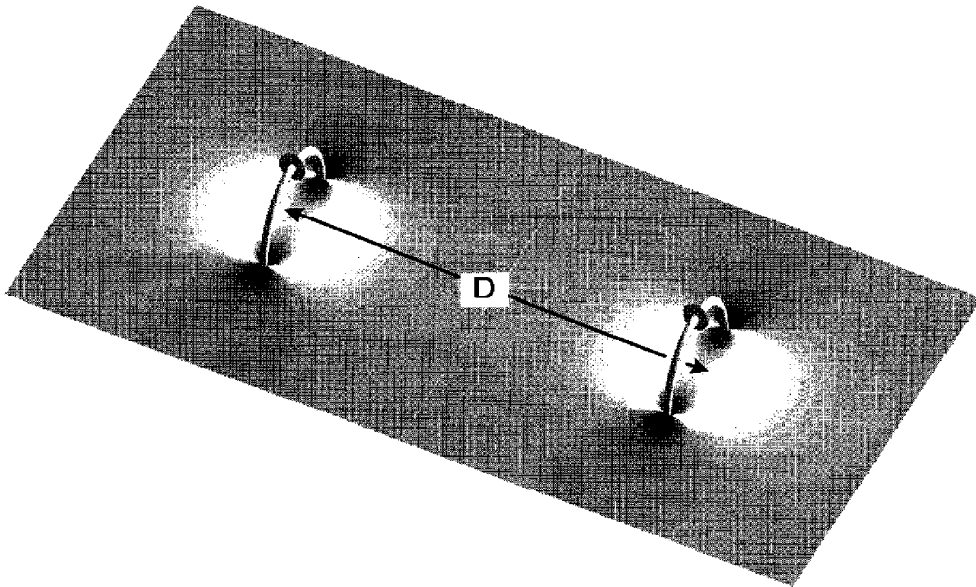
【図 1 7】



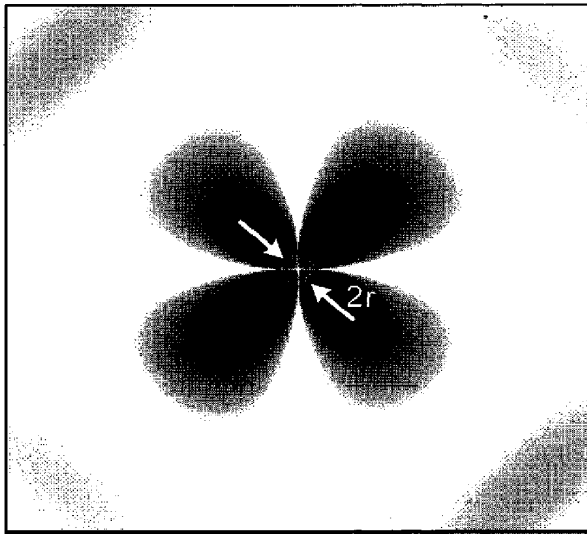
【図 4】



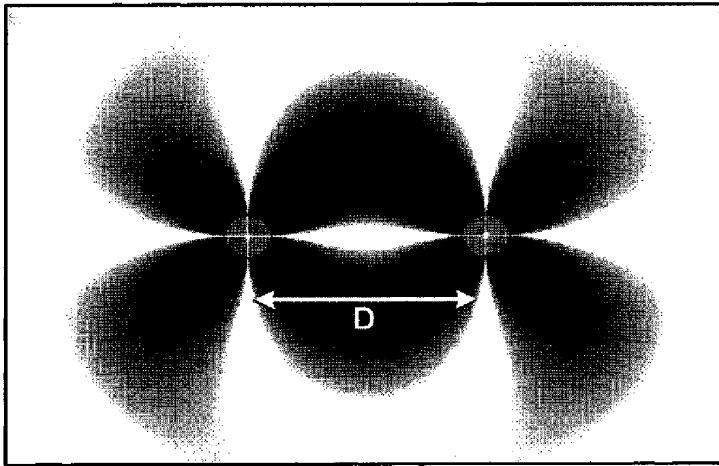
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

- (72)発明者 アリスティデイス カラリス  
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 02111 ボストン トレモント ストリート 151  
アパート 21エフ
- (72)発明者 アンドリュー ビー クルス  
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 02141 ケンブリッジ ケンブリッジ ストリート  
647 アパート 2
- (72)発明者 ロバート モファット  
アメリカ合衆国 バージニア州 20191 レストン スターラップ アイロン レーン 22  
05
- (72)発明者 ジョン ディー ヨアノプロス  
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 02478 ベルモント ダグラス ロード 64
- (72)発明者 ピーター エイチ フィッシャー  
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 02141 ケンブリッジ コーニーリアス ウェイ 1  
3
- (72)発明者 マリン ソルジャシク  
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 02478 ベルモント ウェストランド ロード 44
- Fターム(参考) 5H125 AA01 AC27 FF15

【外国語明細書】  
2012105537000001.pdf