

Certification of Accuracy

I, Frank McGee, a translator fluent in the English and Japanese languages, on behalf of Source IP Translations, do solemnly and sincerely declare that the following is, to the best of my knowledge and belief, a true and correct translation of the document(s) listed below in a form that best reflects the intention and meaning of the original text.

I hereby declare that all statements made herein of my own knowledge are true and that all statements made on information and belief are believed to be true; and further that these statements were made with the knowledge that willful false statements and the like so made are punishable by fine or imprisonment, or both, under Section 1001 of Title 18 of the United States Code.

The document is designated as: JP2000-260472-Koyama

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Frank McGee', written over a horizontal line.

Frank McGee

July 5, 2023

(19) [Issuing Country] Japan Patent Office (JP)
(12) [Publication Name] Gazette of Unexamined Patent Applications (A)
(11) [Publication Number] 2000-260472 (P2000-260472A)
(43) [Publication Date] September 22, 2000 (2000.9.22)

(51) [Int.Cl. ⁷]	[ID Codes]	[FI]	[Theme Codes (Reference)]
H01M 10/40		H01M 10/40 Z	5H029

[Examination Request] Not Yet Received
[Number of Claims] 1
[Application Format] Online (OL)
[Total Number of Pages] 5

(21) [Application Number] H11-065435
(22) [Filing Date] March 11, 1999 (1999.3.11)
(71) [Applicant]
[Identification Number] 000003609
[Name] Toyota Central R&D Labs, Inc.
[Address] 41-1 Yokomichi, Nagakute-cho, Aichi-ken
(71) [Applicant]
[Identification Number] 000003207
[Name] Toyota Motor Corporation
[Address] 1 Toyota-cho, Toyota-shi, Aichi-ken
(71) [Applicant]
[Identification Number] 000004260
[Name] Denso Corporation
[Address] 1-1 Showa-cho Kariya-shi, Aichi-ken
(74) [Agent]
[Identification Number] 100079142
[Attorney]
[Name] Yoshiyasu TAKAHASHI (and 1 other)

Continued on Last Page

(54) [Title of the Invention]

Non-Aqueous Electrolyte Secondary Battery

(57) [Abstract]

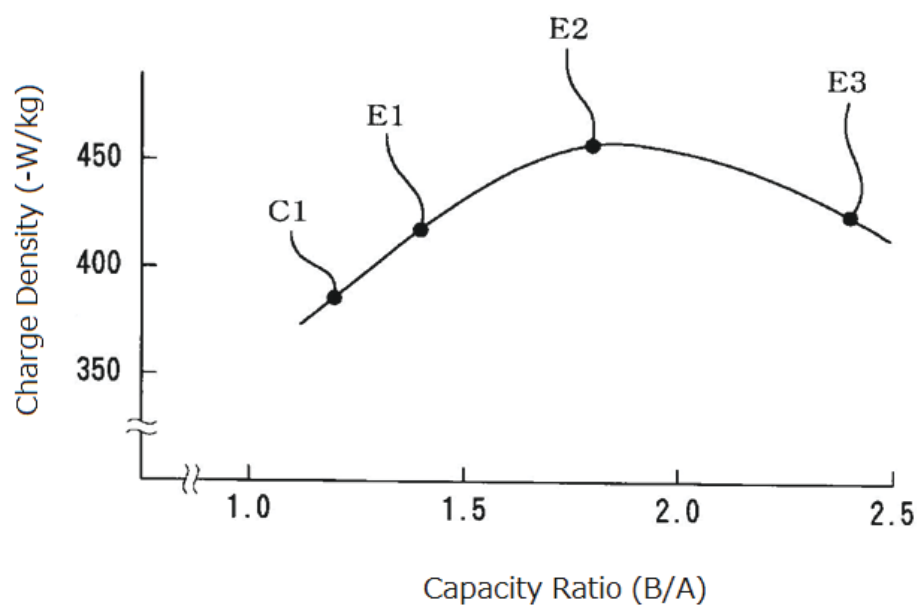
[Problem]

To provide a non-aqueous electrolyte secondary battery with better charging characteristics than the prior art.

[Solution]

A secondary battery consisting of a positive electrode, a negative electrode, and a nonaqueous electrolyte, wherein the capacity ratio (B/A) between the electrode capacity A of the positive electrode and the electrode capacity B of the negative electrode is $1.3 < (B/A) \leq 2.5$.

(Fig. 3)



[Claims]

[Claim 1]

A secondary battery comprising a positive electrode, a negative electrode, and a nonaqueous electrolyte, wherein the capacity ratio (B/A) between the electrode capacity A of the positive electrode and the electrode capacity B of the negative electrode is $1.3 < (B/A) \leq 2.5$.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Technical Field]

The present invention relates to a nonaqueous electrolyte secondary battery, such as a lithium secondary battery.

[0002]

[Prior Art]

With the trend in recent years toward cordless electronic devices and demand for the development of electric vehicles in response to environmental problems, there is growing demand for secondary batteries with a high energy density. Conventional secondary batteries include lithium secondary batteries, which are non-aqueous electrolyte secondary batteries. Conventional lithium secondary batteries consist of a positive electrode and negative electrode made of an active material that can absorb and release lithium, and a nonaqueous electrolyte.

[0003]

Lithium secondary batteries have been studied and developed with emphasis on discharge capacity and cycle characteristics. For example, in JP H09-293536 A, the ratio of the reversible capacities of the positive and negative electrodes (negative electrode/positive electrode) is 1.05 to 1.30 in order to ensure sufficient Li ion storage capacity in the negative electrode, and thus eliminate Li deposits and reduce cycle degradation.

[0004]

[Problem to Be Solved by the Invention]

As mentioned above, conventional nonaqueous electrolyte secondary batteries have been developed with an emphasis on improving discharge capacity and cycle characteristics. However, secondary batteries used in the most recent hybrid vehicles equipped with hybrid engines must have high charging characteristics as well as discharge characteristics. Although conventional nonaqueous electrolyte secondary batteries have been able to demonstrate excellent performance in terms of discharge capacity and cycle characteristics, their charging characteristics are still inadequate.

[0005]

It is an object of the present invention to solve this problem by providing a nonaqueous electrolyte secondary battery with better charging characteristics than the prior art.

[0006]

[Means for Solving the Problem]

The invention according to claim 1 is a secondary battery comprising a positive electrode, a negative electrode, and a nonaqueous electrolyte, wherein the capacity ratio (B/A) between the electrode capacity A of the positive electrode and the electrode capacity B of the negative electrode is $1.3 < (B/A) \leq 2.5$.

[0007]

If the capacity ratio (B/A) is less than 1.3, the improvement in charging characteristics is insufficient. Therefore, a value of 1.4 or higher is preferred. Meanwhile, if the capacity ratio (B/A) exceeds 2.5, the increase in the ratio of the negative electrode in a fixed volume battery container causes the absolute volume of the positive electrode to decrease in relative terms, resulting in a decrease in battery capacity and an increase in irreversible capacity, which in turn reduces the actual capacity that can be drawn upon.

[0008]

Examples of positive electrode active materials that can constitute the positive electrode include inorganic compounds such as metal oxides of alkali metals and metal chalcogens, as well as conductive polymers. Specific examples include Li-containing transition metal oxides such as Li_xMO_y (where M includes at least one transition metal such as Co, Mn, Ni, V, and Fe), metal oxides such as V_2O_5 , metal chalcogenides such as TiS_2 , MoS_2 , and NbSe_3 , and conductive polymers such as polyaniline, polypyrrole, and polyacene.

[0009]

Examples of negative electrode active materials that can constitute the negative electrode include metals, carbonaceous materials, metal chalcogenides, metal oxides, and conductive polymers. Specific examples include metal Li, alloys of Li with other metals such as Al, Zn, and Sn, carbonaceous materials such as graphite and amorphous carbon, metal oxides such as Li_xMO_y (where M includes at least one transition metal such as Ti, V, Mn, Co, and Fe), Nb_2O_5 , and WO_3 , metal chalcogenides such as TiS_2 , MoS_2 , and NbSe_3 , and conductive polymers such as polyacene and polyacetylene doped with Li ions, etc.

[0010]

The action of the present invention will now be described. In the nonaqueous electrolyte secondary battery of the present invention, the capacity ratio (B/A) is limited to the specific range of $1.3 < (B/A) \leq 2.5$. As a result, the nonaqueous electrolyte secondary battery can obtain excellent charging characteristics, as described in detail in the examples below. The nonaqueous electrolyte secondary battery of the present invention can demonstrate excellent charge-discharge characteristics that are even adequate in hybrid vehicles equipped with a hybrid engine.

[0011]

[Embodiment of the Invention]

Examples

The non-aqueous electrolyte secondary battery of the present invention will now be explained using Fig. 1 to Fig. 3. In the examples, three types of nonaqueous electrolyte secondary batteries (Samples E1 to E3) were fabricated as the products of the present invention and one type (Sample C1) as a comparative product, for a total of four types, and their charging characteristics were measured. First, the composition and manufacturing methods of these nonaqueous electrolyte secondary batteries will be described.

[0012]

(Sample E1)

Sample E1 serving as a product of the present invention is a non-aqueous electrolyte secondary battery, as shown in Fig. 1, comprising a positive electrode 1, a negative electrode 2, and a non-aqueous electrolyte 3, in which the capacity ratio (B/A) between the electrode capacity A of the positive electrode 1 and the electrode capacity B of the negative electrode 2 is $1.3 < (B/A) \leq 2.5$, specifically, $B/A = 1.40$.

[0013]

The nonaqueous electrolyte secondary battery in this example has a spiral wound structure consisting of a strip-shaped positive electrode 1 and negative electrode 2 with a separator 4 interposed between them. The battery structure is shown in Fig. 1.

[0014]

The positive electrode 1 consists of a positive electrode current collector made of a strip of aluminum foil and a positive electrode active material layer made of, for example, lithium manganese oxide powder formed on the surface. The positive electrode 1 sheet is 127 μm thick, 130 mm wide, and 2,680 mm long. The positive electrode density was adjusted to 2.67 g/cm^3 . Meanwhile, the negative electrode 2 consists of a strip-shaped copper foil negative electrode current collector and a negative electrode active material layer made, for example, of carbon powder formed on the surface. The negative electrode 2 is 100 μm thick, 134 mm wide, and 2,750 mm long. The density of the negative electrode was adjusted to 1.25 g/cm^3 .

[0015]

The positive electrode 1 and the negative electrode 2 were wound together via an interposed polyethylene separator that was 25 μm thick, 140 mm wide, and 3,000 mm long sheet to form a winding core with a diameter of 4 mm and a length of 160 mm. The winding core is made of aluminum. The nonaqueous electrolyte 3 was $\text{LiPF}_6/\text{EC}:\text{DEC} = 1:1$ (LiPF_6 dissolved in a mixture of ethylene carbonate and diethyl carbonate (1:1 by volume) at a ratio of 1 mol/liter).

[0016]

As shown in the same figure, the positive electrode 1 is connected to the positive terminal 51 via a positive electrode lead 11 and a pole 511. Similarly, the negative electrode 2 is connected to the negative electrode terminal 52 via a negative electrode lead 21 and a pole 521. The battery case is denoted by reference number 55.

[0017]

In Sample E1, the positive electrode 1 and the negative electrode 1 were adjusted to have a capacity ratio (B/A) of 1.40, as mentioned above. Specifically, the electrode capacity A of positive electrode 1 was derived from the theoretical capacity, while the electrode capacity B of negative electrode 2 was derived from the measured value using a Li counter electrode, and the thickness of negative electrode 2 was adjusted so that the capacity ratio (B/A) was 1.40. As a result, in Sample E1, when the thickness of positive electrode 1 was 127 μm and the thickness of negative electrode 2 was 100 μm , the capacity ratio (B/A) was 1.40.

[0018]

(Sample E2)

In Sample E2 serving as an example of the present invention, the thickness of the negative electrode 2 was changed to 125 μm so that the capacity ratio (B/A) was 1.79. In all other respects, it was the same as Sample E1.

[0019]

(Sample E3)

In Sample E3 serving as an example of the present invention, the thickness of the negative electrode 2 was changed to 161 μm so that the capacity ratio (B/A) was 2.43. In all other respects, it was the same as Sample E1.

[0020]

(Sample C1)

In Sample C1 serving as the comparative product, the capacity ratio (B/A) was outside the above specified range. In Sample C1, the thickness of the negative electrode 2 was changed to 88 μm so that the capacity ratio (B/A) was 1.22. In all other respects, it was the same as Sample E1.

[0021]

Next, tests were conducted on each sample to determine the charging characteristics. In the test, an initial charge-discharge was first performed on the non-aqueous electrolyte secondary battery in each sample. In the initial charge-discharge conducted at an ambient temperature of 20°C, the battery was charged to an upper voltage limit of 4.2 V at a constant current of 0.2 mA/cm^2 , and then discharged to a lower voltage limit of 3.0 V at a constant current of 0.2 mA/cm^2 .

[0022]

Next, each sample was charged and discharged to measure the reference capacity. In this charge-discharge cycle conducted at an ambient temperature of 20°C, the samples were charged at a constant current of 1 mA/cm^2 to an upper voltage of 4.2 V, and then discharged at a constant current of 1 mA/cm^2 to a lower voltage of 3.0 V. Five cycles were performed. The discharged capacity after the fifth cycle (the sixth cycle in total including the initial charge) was set as reference capacity 1C.

[0023]

Next, the charge density of each sample was measured. Here, the samples were charged at a constant current of 1 mA/cm^2 until they reached 80% of reference capacity of $1C$ (80% SOC), and after a one-hour pause, closed-circuit voltage and current measurements were started. In the closed-circuit voltage and current value measurements, the battery was first discharged at a current value of $C/3$ for 10 seconds, followed by a five-minute pause, and recharging at a current value of $C/3$ for 10 seconds. Next, after a five-minute pause, a ten-second charge-discharge was performed at current value $1C$ followed by a five-minute pause. Then, charging and discharging were performed at current values $3C$, $6C$, $9C$, and $12C$, with five-minute pauses in between.

[0024]

The closed-circuit voltage and current values were measured at the completion of each ten-second charge/discharge period. The measurement results for Sample E2 are shown in Fig. 2. In the figure, the current value is indicated on the horizontal axis and the voltage is indicated on the vertical axis. The current values after charging are indicated with "-" (minus). A regression line was obtained from each of the plotted measurement values to obtain the current/voltage line D.

[0025]

In the same figure, the charge characteristic value, that is, the charge power of the battery, can be expressed by the area S of the triangular region formed by connecting the three points A, B, and C with straight lines. Point A in the figure is at the intersection of the current/voltage line D and the vertical axis at a current value of 0 (potential V_0). Point B is at the intersection of the cutoff voltage (upper limit voltage when charging) and the vertical axis at a current value of 0. Point C is the point at the intersection of the cutoff voltage and the current/voltage line D.

[0026]

The resulting charging characteristics are shown in Table 1. In Table 1, V_0 is the potential at point A, the IV slope is the slope of straight line D, the charge density is area S divided by the overall weight of the battery, and the charge current is the current value at point C. In Samples E1, E3, and C1, the straight current/voltage line was determined in the same manner as in Sample E2 (figures omitted), and the V_0 , IV slope, charge density, and charge current values were determined using this line. These results are also shown in Table 1.

[0027]

The relationship between the capacity ratio (B/A) and the charge density ($-W/\text{kg}$) is shown in Fig. 3. In the figure, the capacity ratio (B/A) is indicated on the horizontal axis and the charge density is indicated on the vertical axis. It is clear from the figures and from Table 1 that keeping the capacitance ratio (B/A) above 1.3 and below 2.5 is effective in achieving excellent characteristics such as a charge density above $400 (-W/\text{kg})$.

[0028]

[Table 1]

Sample No.	Capacity Ratio (B/A)	Charge Characteristics at 80% SOC			
		V_0 (V)	IV Slope (Ω)	Charge Density (W/kg)	Charge Current (A)
C1	1.22	4.068	-0.263	-386.4	-0.504
E1	1.40	4.054	-0.263	-418.5	-0.554
E2	1.79	4.035	-0.262	-457.8	-0.612
E3	2.43	4.028	-0.273	-425.7	-0.631

[0029]

[Effect of the Invention]

As explained above, the present invention can provide a nonaqueous electrolyte secondary battery with better charging characteristics than the prior art.

[Brief Description of the Drawings]

[Fig. 1]

Fig. 1 is a cross-sectional view of the nonaqueous electrolyte secondary battery in the example.

[Fig. 2]

Fig. 2 is a diagram used to explain the charging characteristics of the example.

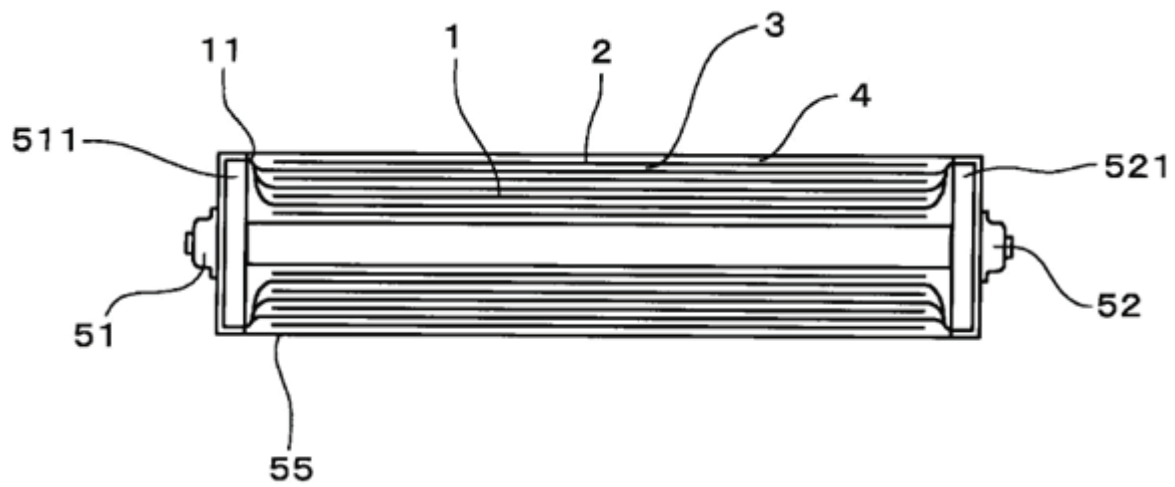
[Fig. 3]

Fig. 3 is a diagram used to explain the capacity ratio (B/A) and the charge density of the example.

[Key to the Drawings]

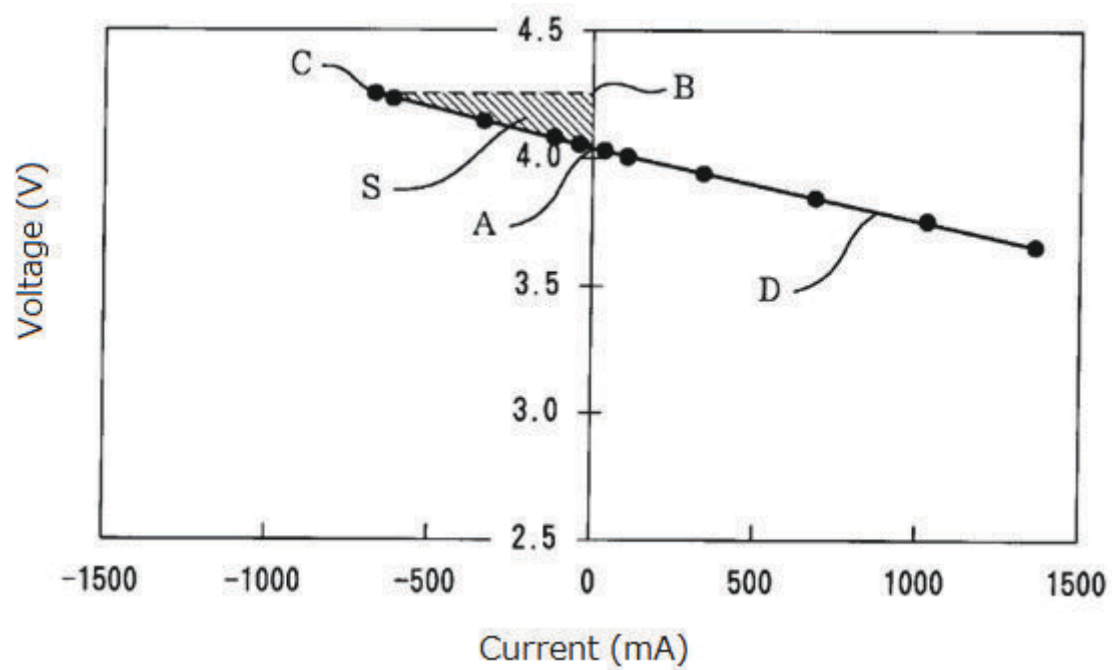
- 1: Positive electrode
- 10: Non-aqueous electrolyte secondary battery
- 2: Negative electrode
- 3: Rod-like winding core
- 4: Separator

[Fig. 1]

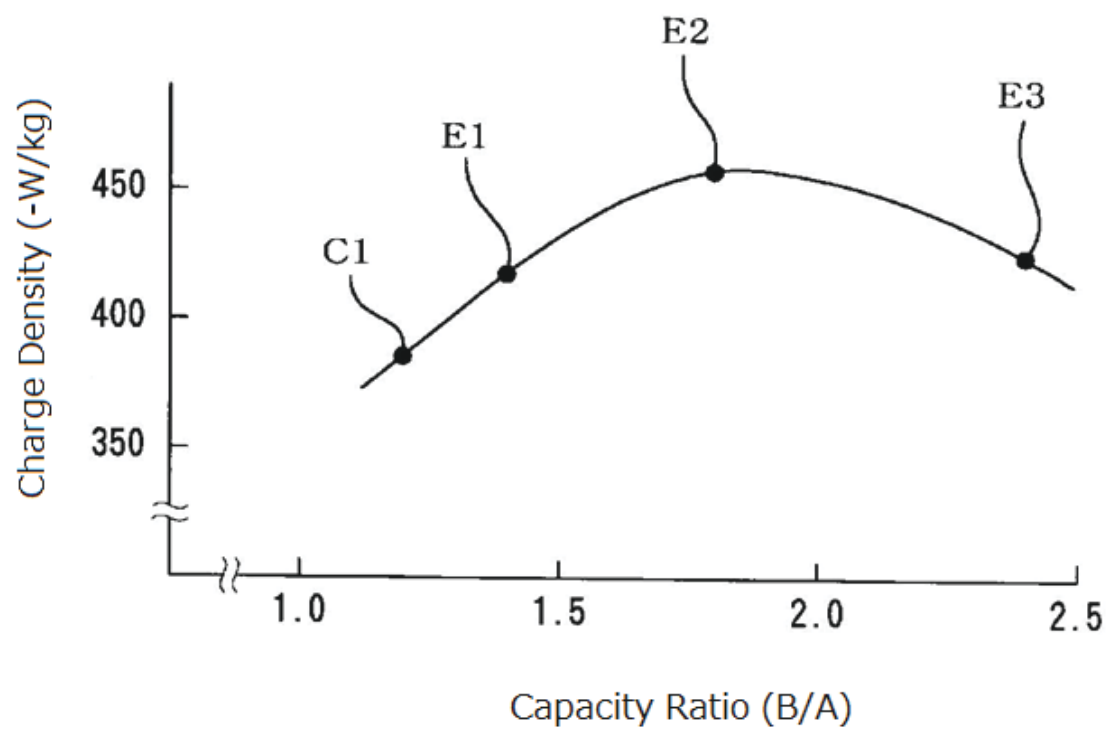


- 1: Positive electrode
- 2: Negative electrode
- 3: Rod-like winding core
- 4: Separator

[Fig. 2]



[Fig. 3]



Continued from Front Page

(72) [Inventor]

[Name] Yoichi KOYAMA

[Address] Toyota Central R&D Labs, Inc., 41-1 Yokomichi, Nagakute-cho, Aichi-ken

(72) [Inventor]

[Name] Yuichi ITO

[Address] Toyota Central R&D Labs, Inc., 41-1 Yokomichi, Nagakute-cho, Aichi-ken

(72) [Inventor]

[Name] Motofumi ISONO

[Address] Toyota Motor Corporation, 1 Toyota-cho, Toyota-shi, Aichi-ken

(72) [Inventor]

[Name] Hiroshi UEJIMA

[Address] Denso Corporation, 1-1 Showa-cho Kariya-shi, Aichi-ken

[F Terms (Reference)]

5H029 AJ02 AK02 AK03 AK05 AK16 AL02 AL04 AL06 AL07 AL12 AL16 AM03 AM05 AM07
BJ14 HJ19

(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2000-260472

(P2000-260472A)

(43)公開日 平成12年9月22日(2000.9.22)

(51)Int.Cl⁷
H 0 1 M 10/40

識別記号

F I
H 0 1 M 10/40

テマコード* (参考)

Z 5 H 0 2 9

審査請求 未請求 請求項の数 10 L (全 5 数)

(21)出願番号 特願平11-65435

(22)出願日 平成11年3月11日(1999.3.11)

(71)出願人 000003609
株式会社豊田中央研究所
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地
の1
(71)出願人 000003207
トヨタ自動車株式会社
愛知県豊田市トヨタ町1番地
(71)出願人 000004260
株式会社デンソー
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(74)代理人 100079142
弁理士 高橋 祥泰 (外 1 名)

最終頁に続く

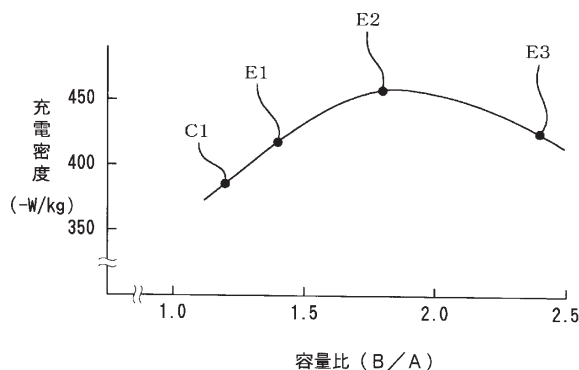
(54)【発明の名称】 非水電解質二次電池

(57)【要約】

【課題】 従来よりも充電特性に優れた非水電解質二次電池を提供すること。

【解決手段】 正極と負極と非水電解質とからなる二次電池において、正極の電極容量Aと負極の電極容量Bとの容量比(B/A)が、 $1.3 < (B/A) \leq 2.5$ である。

(図3)



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 正極と負極と非水電解質とからなる二次電池において、正極の電極容量 A と負極の電極容量 B との容量比 (B/A) が、 $1.3 < (B/A) \leq 2.5$ であることを特徴とする非水電解質二次電池。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【技術分野】 本発明は、例えばリチウム二次電池等の非水電解質二次電池に関する。

【0002】

【従来技術】 近年の電子機器のコードレス化、環境問題からの電気自動車の開発要求等を背景として、高エネルギー密度を有する二次電池が求められている。これまでの二次電池としては、例えば非水電解質二次電池であるリチウム二次電池がある。従来のリチウム二次電池としては、リチウムを吸蔵放出可能な活物質よりなる正極および負極と非水電解質とから構成される。

【0003】 従来、リチウム二次電池は、放電容量やサイクル特性に重点を置いて検討、開発がなされてきている。例えば特開平 9-293536 号公報においては、正極と負極の可逆容量の比（負極／正極）を $1.05 \sim 1.30$ とすることによって、負極における Li イオン吸蔵能力を十分に確保し、これにより、Li の析出をなくしてサイクル劣化を少なくすることが示されている。

【0004】

【解決しようとする課題】 ところで、従来の非水電解質二次電池は、上記のごとく、放電容量の向上やサイクル特性の向上に重点を置いて開発されている。一方、近年のハイブリットエンジンを搭載したハイブリット車において使用される二次電池は、放電特性だけでなく高い充電特性が要求される。しかしながら、従来の非水電解質二次電池においては、放電容量やサイクル特性においては優れた性能を発揮し得ようになってきたが、充電特性は未だ十分とはいえない。

【0005】 本発明は、かかる従来の問題点に鑑みてなされたもので、従来よりも充電特性に優れた非水電解質二次電池を提供しようとするものである。

【0006】

【課題の解決手段】 請求項 1 に記載の発明は、正極と負極と非水電解質とからなる二次電池において、正極の電極容量 A と負極の電極容量 B との容量比 (B/A) が、 $1.3 < (B/A) \leq 2.5$ であることを特徴とする非水電解質二次電池にある。

【0007】 上記容量比 (B/A) が 1.3 以下である場合には、十分な充電特性の向上が得られないという問題がある。そのため、好ましくは 1.4 以上がよい。一方、上記容量比 (B/A) が 2.5 を超える場合には、一定容積の電池容器において考えると、負極割合の増加によって相対的に正極の絶対量が減少し、これによる電池容量の低下および不可逆容量が増加する結果実質的に

取り出せる容量が低下するという問題がある。

【0008】 また、上記正極を構成する正極活物質としては、例えば、アルカリ金属を含む金属酸化物、金属カルコゲン等の無機化合物や導電性高分子を用いることができる。具体的には、 Li_xMO_y (M は、Co, Mn, Ni, V, Fe 等の遷移金属を少なくとも 1 種含む) 等の Li 含有遷移金属酸化物や V_2O_5 等の金属酸化物、 TiS_2 , MoS_2 , $NbSe_3$ 等の金属カルコゲン化物、ポリアニリン、ポリピロール、ポリアセン等の導電性高分子等がある。

【0009】 また、上記負極を構成する負極活物質としては、例えば、金属、炭素質材料、金属カルコゲン化物、金属酸化物、導電性高分子等がある。具体的には、金属 Li, Li と Al, Zn, Sn 等の他金属との合金、グラファイト、無定形炭素等の炭素質材料、 Li_xMO_y (M は、Ti, V, Mn, Co, Fe 等から選ばれる少なくとも 1 種の遷移金属), Nb_2O_5 , WO_3 等の金属酸化物、 TiS_2 , MoS_2 , $NbSe_3$ 等の金属カルコゲン化物、Li イオン等をドーブしたポリアセン、ポリアセチレン等の導電性高分子等がある。

【0010】 次に、本発明の作用につき説明する。本発明の非水電解質二次電池は、上記容量比 (B/A) を $1.3 < (B/A) \leq 2.5$ という特定の範囲に限定してある。そのため、上記非水電解質二次電池は、後述する実施形態例に詳説するとく、非常に優れた充電特性を得ることができる。それ故、本発明の非水電解質二次電池は、例えばハイブリットエンジンを搭載したハイブリット車においても、十分に優れた充放電特性を発揮することができる。

【0011】

【発明の実施の形態】 実施形態例

本発明の実施形態例にかかる非水電解質二次電池につき、図 1～図 3 を用いて説明する。本例においては、本発明品として 3 種類（試料 E 1～E 3）、比較品として 1 種類（試料 C 1）、合計 4 種類の非水電解質二次電池を作製し、その充電特性を測定した。まず、これら非水電解質二次電池の構成、製造方法等について説明する。

【0012】（試料 E 1）本発明品としての試料 E 1 は、図 1 に示すごとく、正極 1 と負極 2 と非水電解質 3 とからなり、正極 1 の電極容量 A と負極 2 の電極容量 B との容量比 (B/A) が、 $1.3 < (B/A) \leq 2.5$ 、具体的には $B/A = 1.40$ である非水電解質二次電池である。

【0013】 本例の非水電解質二次電池は、帯状の正極 1 および負極 2 と、それらの間に挟まれるセパレータ 4 とを渦巻状に巻回した構造からなる。その電池構造は、上記図 1 に示した。

【0014】 正極 1 は、帯状のアルミニウム箔製の正極集電体と、その表面に形成されたりチウムマンガン酸化物粉末等から成る正極活物質層とから構成されている。

正極1のシートの大きさは、厚さ $127\mu\text{m}$ 、幅 130mm 、長さ 2680mm である。また、正極密度は $2.67\text{g}/\text{cm}^3$ となるように調整した。一方、負極2は、帯状の銅箔製の負極集電体と、その表面に形成されたカーボン粉末等から成る負極活物質層とから構成されている。負極2のシートの大きさは、厚さ $100\mu\text{m}$ 、幅 134mm 、長さ 2750mm である。また、負極密度は $1.25\text{g}/\text{cm}^3$ となるように調整した。

【0015】これら正極1および負極2を、厚さ $25\mu\text{m}$ 、幅 140mm 、長さ 3000mm のシート状のポリエチレン製セパレータを介して、直径 4mm 、長さ 160mm の巻芯に巻回する。巻芯は、アルミニウム製のものをを用いた。また、非水電解質3としては、 $\text{LiPF}_6/\text{EC}:\text{DEC}=1:1$ （エチレンカーボネートとジエチルカーボネートとの混合液（容量比にして $1:1$ ）に、 LiPF_6 を1モル/リットルの割合で溶解したもの）を用いた。

【0016】また、同図に示すごとく、正極1は、正極リード11、極柱511を介して正極端子51に接続されている。また、同様に負極2は、負極リード21、極柱521負極端子52に接続されている。また、符号55は電池ケースである。

【0017】また、試料E1では、上記正極1と負極1とは、上記のごとく、容量比 $(B/A)=1.40$ となるように調整した。具体的には、正極1の電極容量Aは理論容量により求め、一方、負極2の電極容量BはLi対極の場合の実測値より求め、その容量比 (B/A) が 1.40 となるように、負極2の厚みを調整することにより行った。その結果、試料E1では、正極1の厚みが $127\mu\text{m}$ の場合には、負極2の厚みを $100\mu\text{m}$ とすることにより、容量比 (B/A) が 1.40 となった。

【0018】（試料E2）本発明品としての試料E2は、容量比 $(B/A)=1.79$ となるように、上記負極2の厚みを $125\mu\text{m}$ に変更した。その他は、試料E1と同じにした。

【0019】（試料E3）本発明品としての試料E3は、容量比 $(B/A)=2.43$ となるように、上記負極2の厚みを $161\mu\text{m}$ に変更した。その他は、試料E1と同じにした。

【0020】（試料C1）本例では、比較品として、容量比 (B/A) が上記特定の範囲を外れる試料C1を準備した。試料C1は、容量比 $(B/A)=1.22$ となるように、上記負極2の厚みを $88\mu\text{m}$ に変更した。その他は、試料E1と同じにした。

【0021】次に、本例では、各試料に対して試験を行い、充電特性を求めた。試験は、非水電解質二次電池である各試料に対し、まず初回充放電を行った。この初回充放電は、環境温度 20°C において、 $0.2\text{mA}/\text{cm}^2$ の定電流で上限電圧 4.2V まで充電し、その後、 $0.2\text{mA}/\text{cm}^2$ の定電流で下限電圧 3.0V まで放

電した。

【0022】次に、各試料に対して、基準容量測定のための充放電を行った。この充放電は、環境温度 20°C において、 $1\text{mA}/\text{cm}^2$ の定電流で上限電圧 4.2V まで充電し、その後、 $1\text{mA}/\text{cm}^2$ の定電流で下限電圧 3.0V まで放電するサイクルを5回実施した。そして、その5回目（初回充電を合わせると通算6回目）の放電容量を基準容量 1C とした。

【0023】次に、各試料の充電密度の測定を行った。即ち、上記基準容量 1C の 80% （ $\text{SOC}80\%$ ）になるまで $1\text{mA}/\text{cm}^2$ の定電流で充電した後、1時間の休止をおいてから、閉回路電圧と電流値の測定を開始した。閉回路電圧と電流値の測定は、まず、 $C/3$ の電流値で 10 秒放電し、次いで 5 分間休止した後 $C/3$ の電流値で 10 秒間充電した。次いで、 5 分間休止後、 1C の電流値での 10 秒間の充放電を 5 分間の休止を挟んで行った。さらに、その後、 5 分間の休止を挟んだ充放電を、 3C 、 6C 、 9C 、 12C の電流値によりそれぞれ行った。

【0024】そして、各 10 秒間の充放電完了時には閉回路電圧と電流値を測定した。試料E2の測定結果を図2に示した。同図は、横軸に電流値を、縦軸に電圧をとったものである。また、電流値は、充電後のものを「－（マイナス）」表示にしてある。プロットした各測定値から回帰直線を求め、電流/電圧直線Dを得た。

【0025】同図において、充電特性値すなわち電池の充電電力は、A、B、Cの3点を直線で結んだ三角形領域の面積Sにより表すことができる。同図のA点は、上記電流/電圧直線Dと、電流値が0の縦軸との交点部（電位 V_0 ）を示す点である。また、B点は、カットオフ電圧（充電時の上限電圧）と、電流値が0の縦軸との交点部を示す点を示す。また、C点は、カットオフ電圧と、上記電流/電圧直線Dとの交点を示す点である。

【0026】得られた充電特性を表1に示す。表1における、 V_0 は上記A点の電位、 I_V 傾きは直線Dの傾き、充電密度は、上記面積Sを電池全体の重量により除したもの、充電電流は上記C点の電流値を示す。試料E1、E3、C1についても、試料E2と同様に電流/電圧直線を求め（図示略）、これから V_0 、 I_V 傾き、充電密度、充電電流をそれぞれ求めた。その結果についても表1に示す。

【0027】次に、容量比 (B/A) と上記充電密度 $(-W/\text{kg})$ との関係を図3に示す。同図は、横軸に容量比 (B/A) を、縦軸に充電密度をとったものである。同図および表1より知られるごとく、充電密度が $400(-W/\text{kg})$ を超えるような優れた特性を発揮させるためには、容量比 (B/A) を 1.3 を超え、 2.5 以下にすることが有効であることが分かる。

【0028】

【表1】

(表1)

試料No.	容量比 (B/A)	SOC80%での充電特性			
		V ₀ (V)	IV傾き (Ω)	充電密度 (W/kg)	充電電流 (A)
C1	1.22	4.068	-0.263	-386.4	-0.504
E1	1.40	4.054	-0.263	-418.5	-0.554
E2	1.79	4.035	-0.262	-457.8	-0.612
E3	2.43	4.028	-0.273	-425.7	-0.631

【0029】

【発明の効果】上述のごとく、本発明によれば、従来よりも充電特性に優れた非水電解質二次電池を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態例における、非水電解質二次電池の断面図。

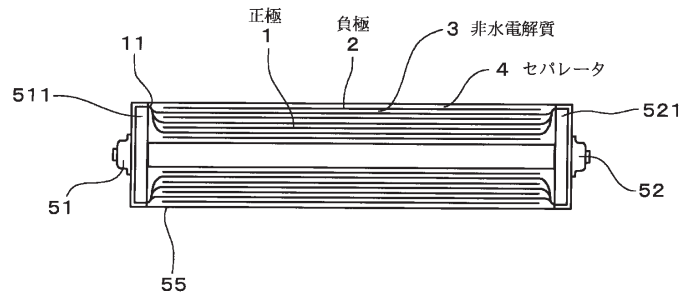
【図2】実施形態例における、充電特性を示す説明図。*

*【図3】実施形態例における、容量比(B/A)と充電密度との関係を示す説明図。

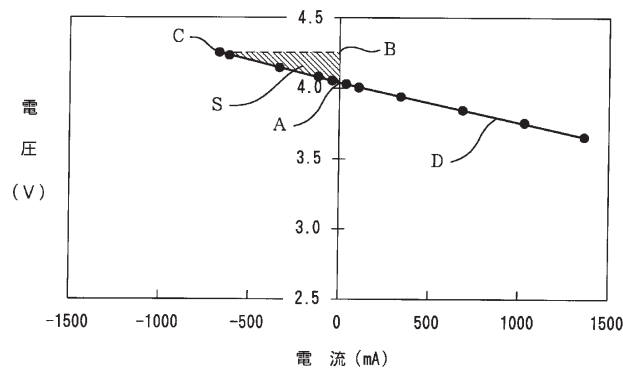
【符号の説明】

- 1... 正極,
- 10... 非水電解質二次電池,
- 2... 負極,
- 3... 棒状巻芯,
- 4... セパレータ,

【図1】

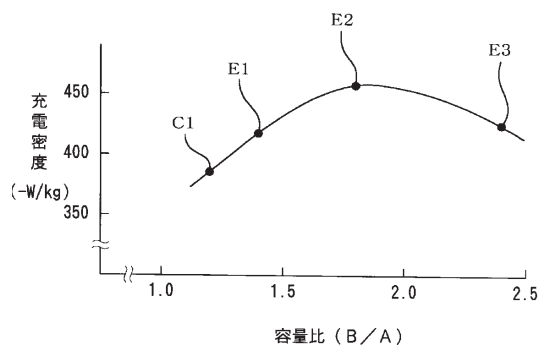


【図2】



【図3】

(図3)



フロントページの続き

(72)発明者 小山 陽一

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72)発明者 伊藤 勇一

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72)発明者 磯野 基史

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動
車株式会社内

(72)発明者 上嶋 啓史

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内

Fターム(参考) 5H029 AJ02 AK02 AK03 AK05 AK16
AL02 AL04 AL06 AL07 AL12
AL16 AM03 AM05 AM07 BJ14
HJ19