

(19) Japan Patent Office (JP) (12) **Japanese Unexamined Patent Application Publication (A)** (11) Patent Application Publication No. **JP 2016-122628 A (P2016-122628A)**
(43) Publication Date **July 7, 2016 (Heisei 28)**

(51) Int. Cl.	F1	Theme Code (Reference)
HO1M 4/13 (2010.01)	HO1M 4/13	5HO11
HO1M 10/0587 (2010.01)	HO1M 10/0587	5HO29
HO1M 2/26 (2006.01)	HO1M 2/26 A	5HO43
HO1M 2/02 (2006.01)	HO1M 2/02 K	5HO50

Examination Request: Not yet Total No. of Claims: 7 OL (Total 16 pages)

(21) Application No.	JP 2014-263360 (P2014-263360)	(71) Applicant	590002817
(22) Date of Filing	December 25, 2014 (Heisei 26)		Samsung SDI Co., Ltd. SAMSUNG SDI Co., LTD. 150-20 Gongse-ro, Giheung-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do 150-20 Gongse-ro, Giheung-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, 446-902 Republic of Korea
		(74) Agent	110000981 I • P • D International Patent Firm
			Continued on last page

(54) [Title of Invention] **WOUND ELEMENT FOR NON-AQUEOUS ELECTROLYTE SECONDARY BATTERY AND NON-AQUEOUS ELECTROLYTE SECONDARY BATTERY**

(57) [Abstract]

[Problem] To provide a novel and improved wound element for a non-aqueous electrolyte secondary battery and a non-aqueous electrolyte secondary battery, capable of making the thickness of the wound element more uniform and thereby suppressing swelling of the non-aqueous electrolyte secondary battery.

[Resolution Means] To solve the above problem, according to one aspect of the present invention, a wound element for a non-aqueous electrolyte secondary battery is provided, including a strip-shaped current collector, a current collector tab provided on the strip-shaped current collector, an active material layer provided on the strip-shaped current collector, and a cutout portion provided in the active material layer, wherein the cutout portion is formed at a position facing the current collector tab.

[Selected Drawing] FIG. 1

[Scope of Patent Claims]

[Claim 1]

A wound element for a non-aqueous electrolyte secondary battery, comprising:
a strip-shaped current collector,
a current collector tab provided on the strip-shaped current collector,
an active material layer provided on the strip-shaped current collector, and
a cutout portion provided in the active material layer, wherein
the cutout portion is formed at a position facing the current collector tab.

[Claim 2]

10 The wound element for a non-aqueous electrolyte secondary battery according to claim 1, wherein a width of the cutout portion is equal to or greater than a width of the current collector tab.

[Claim 3]

The wound element for a non-aqueous electrolyte secondary battery according to claim 2, wherein the width of the cutout portion is greater than the width of the current collector tab.

[Claim 4]

The wound element for a non-aqueous electrolyte secondary battery according to any one of claims 1 to 3, wherein a difference between a thickness of the current collector tab and a depth of the cutout portion is smaller than a thickness of the current collector tab.

[Claim 5]

20 The wound element for a non-aqueous electrolyte secondary battery according to any one of claims 1 to 4, wherein the current collector tab is constituted by a cathode current collector tab and an anode current collector tab, and

the cutout portion is formed respectively at a position facing the cathode current collector tab and at a position facing the anode current collector tab.

[Claim 6]

A non-aqueous electrolyte secondary battery, comprising the wound element for a non-aqueous electrolyte secondary battery according to any one of claims 1 to 5.

[Claim 7]

30 The non-aqueous electrolyte secondary battery according to claim 6, wherein an outer packaging material is a laminate.

[Detailed Description of Invention]

[Technical Field]

[0001]

The present invention relates to a wound element for a non-aqueous electrolyte secondary battery and a non-aqueous electrolyte secondary battery.

[Background Art]

[0002]

40 With the increasing sophistication of small information devices in recent years, there has been growing demand for higher performance, miniaturization, and higher energy density in secondary batteries. In particular, non-aqueous electrolyte secondary batteries using a non-aqueous electrolyte solution, such as lithium ion secondary batteries, are capable of achieving high battery voltage and therefore high energy density, and thus research and development are being actively conducted thereon. Among these, non-aqueous electrolyte secondary batteries in which a laminate is used as an outer packaging material and a wound element and an electrolytic solution are housed therein have attracted attention because of their high volumetric energy density. Here, the wound element is generally made by the following steps.

[0003]

First, an electrode laminate is produced by sequentially stacking a cathode, a separator, and an anode. Then, the electrode laminate is wound. Then, a wound element is produced by pressing the wound electrode laminate.

50 [Citation List]

[Patent Literature]

[0004]

[Patent Literature 1] JP 2003-157888 A

[Patent Literature 2] JP 2006-164956 A

[Patent Literature 3] JP 2012-174387 A

[Summary of Invention]

[Problem to Be Solved by Invention]

[0005]

Incidentally, each electrode constituting the wound element are provided with a current collector tab. The current collector tab has a structure that protrudes in the thickness direction of the electrode. Therefore, in the wound element, the portion where the current collector tab is formed is thicker than other portions by the thickness of the current collector tab. Therefore, the thickness of the wound element is non-uniform. On the other hand, in a non-aqueous electrolyte secondary battery, stress due to expansion and contraction of each electrode during charge and discharge is applied to the wound element. Then, when charge and discharge are repeated, such stress is repeatedly applied to the wound element. Also, as described above, since the thickness of the wound element is non-uniform, stress is unevenly applied within the wound element. Specifically, a large stress is applied to the current collector tab and its periphery. For this reason, there is a problem in that the electrode present in the periphery of the current collector tab is likely to buckle. When the electrode buckles, the thickness of the wound element increases. That is, the battery swells. Further, when the battery swells, gaps are formed between the electrodes, and the smooth movement of lithium ions is hindered, so cycle characteristics deteriorate.

[0006]

Thus, in conventional non-aqueous electrolyte secondary batteries, there is a problem in that the non-aqueous electrolyte secondary battery swells due to thickness non-uniformity caused by the current collector tab, and cycle characteristics deteriorate. This problem is particularly pronounced when the outer packaging material is a laminate film. That is, when the outer packaging material is a metal can, the outer packaging material is able to curb deformation of the wound element to some extent. On the other hand, a laminate film has lower strength than a metal can, so it is unlikely to curb deformation of the wound element. On the other hand, Patent Literature 1 to 3 disclose art relating to wound elements, but such art cannot solve the above-mentioned problems at all.

[0007]

Therefore, the present invention has been made in view of the above problem, and an object of the present invention is to provide a novel and improved wound element for a non-aqueous electrolyte secondary battery and a non-aqueous electrolyte secondary battery, capable of making the thickness of the wound element more uniform and thereby suppressing swelling of the non-aqueous electrolyte secondary battery.

[Means for Solving Problem]

[0008]

To solve the above problem, according to one aspect of the present invention, a wound element for a non-aqueous electrolyte secondary battery is provided, including a strip-shaped current collector, a current collector tab provided on the strip-shaped current collector, an active material layer provided on the strip-shaped current collector, and a cutout portion provided within the active material layer, wherein the cutout portion is formed at a position facing the current collector tab.

[0009]

From this perspective, since the cutout portion is able to absorb (offset) the thickness of the current collector tab, the thickness of the wound element may be made more uniform. Accordingly, by using this wound element in a non-aqueous electrolyte secondary battery, swelling of the non-aqueous electrolyte secondary battery may be suppressed.

[0010]

Here, a width of the cutout portion is equal to or greater than a width of the current collector tab.

[0011]

From this perspective, the cutout portion may more reliably absorb the thickness of the current collector tab. Therefore, the thickness of the rotary element may be made more uniform. Accordingly, by using this wound element in a non-aqueous electrolyte secondary battery, swelling of the non-aqueous electrolyte secondary battery may be suppressed.

[0012]

Further, the width of the cutout portion may be greater than the width of the current collector tab.

[0013]

From this perspective, the cutout portion may more reliably absorb the thickness of the current collector

tab. Therefore, the thickness of the rotary element may be made more uniform. Accordingly, by using this wound element in a non-aqueous electrolyte secondary battery, swelling of the non-aqueous electrolyte secondary battery may be suppressed.

[0014]

Further, the difference between the thickness of the current collector tab and the depth of the cutout portion may be smaller than the thickness of the current collector tab.

[0015]

10 From this perspective, the cutout portion may more reliably absorb the thickness of the current collector tab. Therefore, the thickness of the rotary element may be made more uniform. Accordingly, by using this wound element in a non-aqueous electrolyte secondary battery, swelling of the non-aqueous electrolyte secondary battery may be suppressed.

[0016]

Further, the current collector tab is constituted by a cathode current collector tab and an anode current collector tab, and the cutout portion may be formed respectively at a position facing the cathode current collector tab and at a position facing the anode current collector tab.

[0017]

20 From this perspective, the cutout portion is capable of absorbing the thickness of the cathode current collector tab and the thickness of the anode current collector tab. Therefore, the thickness of the rotary element may be made more uniform. Accordingly, by using this wound element in a non-aqueous electrolyte secondary battery, swelling of the non-aqueous electrolyte secondary battery may be suppressed.

[0018]

According to another aspect of the present invention, a non-aqueous electrolyte secondary battery is provided, including the above-described wound element.

[0019]

From this perspective, it is possible to suppress the swelling of the non-aqueous electrolyte secondary battery.

[0020]

Here, the outer packaging material may be a laminate.

[0021]

30 In the non-aqueous electrolyte secondary battery according to this aspect, the outer packaging material is a laminate. However, the non-aqueous electrolyte secondary battery according to this aspect is provided with the above-described wound element. Accordingly, even when the outer packaging material is a laminate, swelling of the non-aqueous electrolyte secondary battery is suppressed.

[Effect of Invention]

[0022]

As described above, according to the present invention, since the cutout portion is able to absorb (offset) the thickness of the current collector tab, the thickness of the wound element may be made more uniform. Accordingly, by using this wound element in a non-aqueous electrolyte secondary battery, swelling of the non-aqueous electrolyte secondary battery may be suppressed.

40 [Brief Description of Drawings]

[0023]

[FIG. 1] A plan cross-sectional view illustrating a schematic configuration of a wound element according to one embodiment of the present invention.

[FIG. 2] (a) An explanatory diagram illustrating a schematic configuration of a cathode according to the same embodiment. (b) An explanatory diagram illustrating a schematic configuration of an anode according to the same embodiment.

[FIG. 3] An explanatory diagram illustrating a variation of the cathode.

[Description of Embodiment for Prior Art]

[0024]

50 A preferred embodiment of the present invention will be described in detail below with reference to accompanying drawings. Note that in the present specification and the drawings, constituent elements having substantially the same functional configuration are designated by the same reference numerals, and redundant descriptions thereof will be omitted.

[0025]

<1. Configuration of wound element>

Next, a configuration of a lithium-ion secondary battery 1 according to the present embodiment will be

described with reference to FIG. 1 and FIG. 2. The lithium-ion secondary battery 1 is provided with a flat wound element 1a, a non-aqueous electrolyte solution, and an outer packaging material. Note that the present invention is, naturally, also applicable to non-aqueous electrolyte secondary batteries other than lithium-ion secondary batteries.

[0026]

The wound element 1a is obtained by winding, in a longitudinal direction, an electrode laminate in which a strip-shaped anode 20, a strip-shaped separator 30, a strip-shaped cathode 10, and a strip-shaped separator 30 are stacked in this order, and then pressing the wound laminate in the vertical direction in FIG. 1.

10 [0027]

(Configuration of strip-shaped cathode)

As illustrated in FIG. 1 and FIG. 2(a), the strip-shaped cathode 10 (hereinafter also simply referred to as "cathode 10") is provided with a cathode current collector 11, a cathode active material layer 12 formed on both surfaces of the cathode current collector 11, cutout portions 12a and 12b formed within the cathode active material layer 12, and a cathode current collector tab 13.

[0028]

The cathode current collector 11 may be formed of any conductive material, and is, for example, composed of aluminum, stainless steel, nickel-plated steel, or the like. A cathode current collector tab 13 is connected to the cathode current collector 11.

20 [0029]

The cathode active material layer 12 includes at least a cathode active material, and may further include a conductive agent and a binder. The cathode active material is not particularly limited as long as it is a material capable of reversibly absorbing and releasing lithium ions, and examples thereof include lithium cobalt oxide (LCO), lithium nickel oxide, lithium nickel cobalt oxide, lithium nickel cobalt aluminum oxide (hereinafter also referred to as "NCA"), lithium nickel cobalt manganese oxide (hereinafter also referred to as "NCM"), lithium manganese oxide, lithium iron phosphate, nickel sulfide, copper sulfide, sulfur, iron oxide, vanadium oxide, and the like. These cathode active materials may be used alone or in combination of two or more.

[0030]

30 Among the examples of cathode active materials listed above, the cathode active material is particularly preferably a lithium salt of a transition metal oxide having a layered rock-salt structure. Examples of lithium salts of transition metal oxides having such a layered rock salt-type structure include lithium salts of ternary transition metal oxides represented as $\text{Li}_{1-x-y-z}\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Al}_z\text{O}_2$ (NCA) or $\text{Li}_{1-x-y-z}\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z\text{O}_2$ (NCM) ($0 < x < 1$, $0 < y < 1$, $0 < z < 1$, and $x + y + z < 1$).

[0031]

The conductive agent is, for example, carbon black such as Ketjenblack or acetylene black, natural graphite, artificial graphite, or the like, and is not particularly limited as long as it is used for improving the conductivity of the cathode.

[0032]

40 The binder binds the cathode active materials to each other and also binds the cathode active material to the cathode current collector. The type of binder is not particularly limited, and any binder conventionally used in a cathode active material layer of a lithium-ion secondary battery may be used. For example, the binder may be polyvinylidene fluoride, vinylidene fluoride (VDF)-hexafluoropropylene (HFP) copolymer, vinylidene fluoride-perfluorovinyl ether copolymer, vinylidene fluoride-tetrafluoroethylene copolymer, vinylidene fluoride-trifluoroethylene copolymer, ethylene-propylene-diene terpolymer, styrene-butadiene rubber, acrylonitrile-butadiene rubber, fluororubber, polyvinyl acetate, polymethyl methacrylate, polyethylene, nitrocellulose, or the like; however, the binder is not particularly limited as long as it is capable of bonding the

cathode active material and the conductive agent onto the cathode current collector.

[0033]

A single surface thickness of the cathode active material layer 12 (the thickness of one of the cathode active material layers 12 formed on both front and back surfaces of the cathode current collector 11) is preferably equal to or greater than a thickness of the cathode current collector tab 13, and more preferably substantially equal to the thickness of the cathode current collector tab 13.

[0034]

10 The cutout portions 12a and 12b are provided within the cathode active material layer 12. The cutout portion 12a is provided at a position facing the cathode current collector tab 13 in the wound element 1a. That is, when a straight line is drawn passing through the center of the cathode current collector tab 13 in the width direction and extending in the thickness direction of the cathode current collector tab 13, the straight line passes through the cutout portion 12a. Preferably, the straight line passes through the center of the cutout portion 12a in the width direction.

[0035]

20 A depth of the cutout portion 12a preferably corresponds to the thickness of the cathode current collector tab 13. Moreover, the width of the cutout portion 12a is preferably equal to or greater than the width of the cathode current collector tab 13. When these conditions are satisfied, the thickness of the cathode current collector tab 13 may be entirely absorbed (offset) by the cutout portion 12a. Accordingly, it is possible to make more uniform the thickness of the portion of the wound element 1a where the cathode current collector tab 13 is provided and the thickness of the surrounding portion.

[0036]

Moreover, it is particularly preferable that the width of the cutout portion 12a is greater than the width of the cathode current collector tab 13. In this case, even if positional misalignment occurs between the cathode current collector tab 13 and the cutout portion 12a within the wound element 1a, the cutout portion 12a is also capable of absorbing such positional misalignment. That is, even if positional misalignment occurs between the cathode current collector tab 13 and the cutout portion 12a within the wound element 1a, the cutout portion 12a is capable of absorbing the thickness of the cathode current collector tab 13.

[0037]

30 Note that depth of the cutout portion 12a may be smaller than the thickness of the cathode current collector tab 13. In this case, the difference between the thickness of the cathode current collector tab 13 and the depth of the cutout portion 12a is preferably smaller than the thickness of the cathode current collector tab 13. In this case, of the thickness of the cathode current collector tab 13, only the portion corresponding to the depth of the cutout portion 12a is absorbed (offset) by the cutout portion 12a. Further, the width of the cutout portion 12a may be smaller than the width of the cathode current collector tab 13. In this case, only the thickness of the portion of the cathode current collector tab 13 facing the cutout portion 12a is absorbed (offset) by the cutout portion 12a.

[0038]

40 The cutout portion 12b is provided at a position facing an anode current collector tab 23 in the wound element 1a. That is, when a straight line is drawn passing through the center of the anode current collector tab 23 in the width direction and extending in the thickness direction of the anode current collector tab 23, the straight line passes through the cutout portion 12b. Preferably, the straight line passes through the center of the cutout portion 12b in the width direction.

[0039]

The depth of the cutout portion 12b preferably corresponds to the thickness of the anode current collector tab 23. Moreover, the width of the cutout portion 12a is preferably equal to or greater than the width of the anode current collector tab 23. When these conditions are satisfied, the thickness of the anode current collector tab 23 may be entirely absorbed (offset) by the cutout portion 12b. Moreover, it is possible to make more uniform the thickness of the portion of the wound element 1a where the anode current collector tab 23 is provided and the thickness of the surrounding portion.

50 [0040]

Moreover, it is particularly preferable that the width of the cutout portion 12b is greater than the width of the anode current collector tab 23. In this case, even if positional misalignment occurs between the anode

current collector tab 23 and the cutout portion 12b within the wound element 1a, the cutout portion 12b is also capable of absorbing such positional misalignment. That is, even if positional misalignment occurs between the anode current collector tab 23 and the cutout portion 12b within the wound element 1a, the cutout portion 12b is capable of absorbing the thickness of the anode current collector tab 23.

[0041]

Note that depth of the cutout portion 12b may be smaller than the thickness of the anode current collector tab 23. In this case, the difference between the thickness of the anode current collector tab 23 and the depth of the cutout portion 12b is preferably smaller than the thickness of the anode current collector tab 23. In this case, of the thickness of the anode current collector tab 23, only the portion corresponding to the depth of the cutout portion 12b is absorbed (offset) by the cutout portion 12b. Further, the width of the cutout portion 12b may be smaller than the width of the anode current collector tab 23. In this case, only the thickness of the portion of the anode current collector tab 23 facing the cutout portion 12b is absorbed (offset) by the cutout portion 12b.

[0042]

Further, although in FIG. 2(a) the cutout portions 12a and 12b and the cathode current collector tab 13 are provided on the same surface of the cathode current collector 11, naturally, they may be provided on mutually different surfaces. Further, the cutout portions 12a and 12b may naturally also be provided on the anode 20. Further, in FIG. 1, the cutout portions 12a and 12b are formed at the innermost peripheral portion of the wound element 1a. That is, the cutout portions 12a and 12b are provided at positions close to the cathode current collector tab 13 and the anode current collector tab 23. However, the installation positions of the cutout portions 12a and 12b are not limited to this position. That is, the cutout portions 12a and 12b may be provided at positions facing the cathode current collector tab 13 and the anode current collector tab 23 (that is, positions intersected by a straight line passing through the centers of these current collector tabs in the width direction and extending parallel to the thickness direction of the wound element 1a). Further, as illustrated in FIG. 1, the cutout portions 12a and 12b preferably have an opening surface facing the cathode current collector tab 13 and the anode current collector tab 23.

[0043]

The cathode current collector tab 13 is formed, for example, of the same material as that of the cathode current collector 11. The cathode current collector tab 13 is welded to a tip of the cathode 10 in the longitudinal direction. Specifically, an uncoated portion where the cathode active material layer 12 is not formed is provided at the tip of the cathode 10 in the longitudinal direction. The cathode current collector tab 13 is provided at the uncoated portion. Further, the cathode current collector tab 13 is disposed at the innermost peripheral portion of the wound element 1a.

[0044]

The cathode 10 is produced, for example, by the following method. That is, a cathode mixture slurry is formed by dispersing the materials of the cathode active material layer 12 in an organic solvent or water, and this cathode mixture slurry is coated onto the cathode current collector 11. Thereby, a coating layer is formed. Here, the cathode mixture slurry is not applied to the tip of the cathode current collector 11 in the longitudinal direction. That is, an uncoated portion is formed at the tip of the cathode current collector 11 in the longitudinal direction. Further, the cathode mixture slurry is not coated on the cutout portions 12a and 12b. Note that the cathode mixture slurry may be coated on the cutout portions 12a and 12b also; however, the coating layer will become thinner than in other portions. Next, the coating layer is dried. Then, the dried coating layer is rolled together with the cathode current collector 11. Thereafter, the cathode current collector tab 13 is welded to the uncoated portion of the cathode current collector 11. Thereby, the cathode 10 is produced.

[0045]

(Configuration of anode and anode current collector tab)

As illustrated in FIG. 1 and FIG. 2(b), the strip-shaped anode 20 (hereinafter also simply referred to as "anode 20") includes an anode current collector 21, an anode active material layer 22 formed on both surfaces of the anode current collector 21, and the anode current collector tab 23.

[0046]

The anode current collector 21 may be formed of any conductive material, and is, for example, composed of copper, stainless steel, nickel-plated steel, or the like.

[0047]

The anode active material layer 22 may be any material used as the anode active material layer of the

lithium-ion secondary battery 1. For example, the anode active material layer 22 may include an anode active material and may further include a binder. Examples of the anode active material include graphite-based active materials (such as artificial graphite, natural graphite, a mixture of artificial graphite and natural graphite, and natural graphite covered in artificial graphite), a mixture of fine particles of silicon (Si) or tin (Sn) or oxides thereof and a graphite-based active material, fine particles of silicon or tin, alloys based on silicon or tin, and titanium oxide (TiO_x)-based compounds such as $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$. Note that silicon oxides are represented by SiO_x ($0 \leq x \leq 2$). Further, in addition to these, metallic lithium or the like, for example, may also be used as the anode active material. Here, the thickness of the anode active material layer 22 is not particularly limited, and may be any thickness suitable for the anode active material layer of a lithium-ion secondary battery.

10 Further, when metallic lithium is used as the anode active material layer 22, a metallic lithium foil may be laminated on the anode current collector 21.

[0048]

The anode current collector tab 23 is constituted by, for example, the same material as that of the anode current collector 21. The anode current collector tab 23 is welded to a tip of the anode 20 in the longitudinal direction. Specifically, an uncoated portion where the anode active material layer 22 is not formed is provided at the tip of the anode 20 in the longitudinal direction. The anode current collector tab 23 is provided at the uncoated portion. Further, the anode current collector tab 23 is disposed at the innermost peripheral portion of the wound element 1a.

[0049]

20 The anode 20 is produced, for example, by the following method. First, a mixture of an anode active material and a binder in a desired proportion is dispersed in an organic solvent (for example, N-methyl-2-pyrrolidone) to form an anode mixture slurry. Next, the anode mixture slurry is formed (for example, coated) on the anode current collector 21 to form a coating layer. Here, the cathode mixture slurry is not applied to the tip of the anode current collector 21 in the longitudinal direction. That is, an uncoated portion is formed at the tip of the anode current collector 21 in the longitudinal direction. Next, the coating layer is dried. Then, the dried coating layer is rolled together with the anode current collector 21. Thereafter, the anode current collector tab 23 is welded to the uncoated portion of the anode current collector 21. Thereby, the anode 20 is produced.

[0050]

30 (Configuration of separator)

The separator 30 is not particularly limited, and may be any material used as a separator in lithium-ion secondary batteries. As the separator 30, it is preferable to use, alone or in combination, a porous membrane, a nonwoven fabric, or the like exhibiting excellent high-rate discharge performance. Examples of the resin constituting the separator 30 include polyolefin-based resins represented by polyethylene, polypropylene, and the like; polyester-based resins represented by polyethylene terephthalate, polybutylene terephthalate, and the like; PVDF; vinylidene fluoride (VDF)-hexafluoropropylene (HFP) copolymers; vinylidene fluoride-perfluorovinyl ether copolymers; vinylidene fluoride-tetrafluoroethylene copolymers; vinylidene fluoride-trifluoroethylene copolymers; vinylidene fluoride-fluoroethylene copolymers; vinylidene fluoride-hexafluoroacetone copolymers; vinylidene fluoride-ethylene copolymers; vinylidene fluoride-propylene copolymers; vinylidene fluoride-trifluoropropylene copolymers; vinylidene fluoride-tetrafluoroethylene-hexafluoropropylene copolymers; vinylidene fluoride-ethylene-tetrafluoroethylene copolymers; and the like.

40

[0051]

Further, it is preferable that an adhesive layer be formed on both surfaces of the separator 30. The adhesive layer improves the adhesive strength between each electrode and the separator 30, and is a porous body. The adhesive layer is not particularly limited as long as it is used in non-aqueous electrolyte secondary batteries. Preferred resins constituting the adhesive layer include polyvinylidene fluoride (PVDF)-based

fluororesins. Examples of such fluororesins include, in addition to PVDF, copolymers of vinylidene fluoride (VDF) and other monomers (such as hexafluoropropylene (HFP)).

[0052]

The adhesive layer containing a fluororesin is formed on a front surface of the separator 30, for example, by the following first method or second method.

[0053]

In the first method, a slurry is produced by dissolving a fluororesin in an organic solvent such as NMP (N-methylpyrrolidone), dimethylacetamide, acetone, or the like. Then, after coating this slurry onto the separator 30, the fluororesin is phase-separated using a poor solvent such as water, methanol, tripropylene glycol, or the like, thereby forming an adhesive layer in which the fluororesin is made porous. In the second method, a heated slurry is produced by dissolving a fluororesin in a heated electrolytic solution using, as a solvent, dimethyl carbonate, propylene carbonate, ethylene carbonate, or the like. Then, this heated slurry is coated onto the separator 30 to form a coating layer. The coating layer is then cooled to convert the fluororesin into a gel (a porous membrane swollen with the electrolytic solution). That is, the adhesive layer is produced.

[0054]

The purpose of forming such an adhesive layer on the front surface of the separator 30 is as follows. That is, when the outer packaging material is a laminate, expansion and contraction of the cathode 10 and the anode 20 tend to occur due to charge and discharge. As a result of such expansion and contraction, portions at which stress is concentrated inside the lithium-ion secondary battery 1 (the current collector tabs and their surrounding portions) are generated, and buckling and distortion of the lithium-ion secondary battery 1 may occur with these portions as starting points. Moreover, due to such buckling and distortion, the inter-electrode distance between the cathode 10 and the anode 20 becomes non-uniform, thereby hindering smooth movement of lithium ions. As a result, capacity degradation associated with charge and discharge cycles and an increase in battery thickness become significant.

[0055]

In the present embodiment, such buckling and distortion are reduced by the cutout portions 12a and 12b; however, by providing the above-described adhesive layer on the separator 30, buckling and distortion are further reduced. That is, by forming the adhesive layer on the front surface of the separator 30, the adhesive strength between the separator 30 and each electrode is improved, and it is expected that distortion due to internal stress of the battery and non-uniformity in the inter-electrode distance between the cathode and anode may be suppressed. When such an adhesive layer is provided on the separator 30, pressing of the electrode laminate is preferably performed, for example, by heat pressing. This facilitates the development of adhesive strength by the adhesive layer. The conditions for heat pressing are not particularly limited; for example, the temperature is preferably 25 to 150°C, and the pressure is preferably 10 to 100 kgf/cm². Even when heating is not involved, the pressing pressure is preferably 10 to 100 kgf/cm².

[0056]

Note that a heat-resistant filler may be added to the adhesive layer to improve heat resistance and the like of the lithium-ion secondary battery 1. The heat-resistant filler is, for example, ceramic particles, and more specifically, metal oxide particles. Examples of the metal oxide particles include fine particles of alumina, boehmite, titania, zirconia, magnesia, zinc oxide, aluminum hydroxide, magnesium hydroxide, and the like.

[0057]

(Configuration of non-aqueous electrolyte solution)

The non-aqueous electrolyte solution is a solution in which an electrolyte is dissolved in an organic solvent. The electrolyte is not particularly limited; for example, in the present embodiment, a lithium salt may be used. Examples of the lithium salt include inorganic ionic salts containing one type of lithium (Li), sodium (Na), or

potassium (K), such as LiClO_4 , LiBF_4 , LiAsF_6 , LiPF_6 , $\text{LiPF}_{6-x}(\text{C}_n\text{F}_{2n+1})_x$ (where $1 < x < 6$, $n = 1$ or 2), LiSCN , LiBr , LiI , Li_2SO_4 , $\text{Li}_2\text{B}_{10}\text{Cl}_{10}$, NaClO_4 , NaI , NaSCN , NaBr , KClO_4 , KSCN , and the like; and organic ionic salts such as LiCF_3SO_3 , $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$, $\text{LiN}(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2$, $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)(\text{C}_4\text{F}_9\text{SO}_2)$, $\text{LiC}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_3$, $\text{LiC}(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_3$, $(\text{CH}_3)_4\text{NBF}_4$, $(\text{CH}_3)_4\text{NBr}$, $(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{NClO}_4$, $(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{NI}$, $(\text{C}_3\text{H}_7)_4\text{NBr}$, $(n\text{-C}_4\text{H}_9)_4\text{NClO}_4$, $(n\text{-C}_4\text{H}_9)_4\text{NI}$, $(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{N-maleate}$, $(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{N-benzoate}$, $(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{N-phthalate}$, lithium stearyl sulfonate, lithium octyl sulfonate, lithium dodecylbenzene sulfonate, and the like; and these ionic compounds may be used alone or in a mixture of two or more types. Note that the concentration of the electrolyte salt may be the same as that used in a conventional non-aqueous electrolyte solution for a lithium secondary battery and is not particularly limited. In the present embodiment, a non-aqueous electrolyte solution containing an appropriate lithium compound (electrolyte salt) at a concentration of about 0.8 to 1.5 mol/L may be used.

[0058]

Further, examples of the organic solvent include cyclic carbonate esters such as propylene carbonate, ethylene carbonate, butylene carbonate, chloroethylene carbonate, vinylene carbonate, and the like; cyclic esters such as γ -butyrolactone, γ -valerolactone, and the like; chain carbonates such as dimethyl carbonate, diethyl carbonate, ethyl methyl carbonate, and the like; chain esters such as methyl formate, methyl acetate, methyl butyrate, ethyl acetate, ethyl propionate, and the like; tetrahydrofuran or derivatives thereof; ethers such as 1,3-dioxane, 1,4-dioxane, 1,2-dimethoxyethane, 1,4-dibutoxyethane, methyl diglyme, and the like; nitriles such as acetonitrile, benzonitrile, and the like; dioxolane or derivatives thereof; ethylene sulfide, sulfolane, sultone or derivatives thereof; or the like, used alone or as a mixture of two or more thereof, but the organic solvent is not limited thereto, but the organic solvent is not limited thereto. The non-aqueous electrolyte solution is impregnated into the separator 30. Note that known conductive aids, additives, and the like may be appropriately added to each of the electrodes described above.

[0059]

(Configuration of outer packaging material)

The configuration of the outer packaging material is not particularly limited, and any configuration applicable to a non-aqueous electrolyte secondary battery may also be suitably used in the present embodiment. For example, the outer packaging material may be a laminate such as an aluminum laminate. When the outer packaging material is a laminate, it is difficult to suppress deformation of the wound element 1a. Therefore, the effects of the present embodiment are particularly pronounced.

[0060]

<3. Method for manufacturing non-aqueous electrolyte lithium-ion secondary battery>

Next, a method for manufacturing the non-aqueous electrolyte lithium-ion secondary battery will be described.

(Production of strip-shaped cathode and attachment of current collector tab)

The cathode 10 is produced, for example, by the following method. That is, a cathode mixture slurry is formed by dispersing the materials of the cathode active material layer 12 in an organic solvent or water, and this cathode mixture slurry is coated onto the cathode current collector 11. Thereby, a coating layer is formed. Here, the cathode mixture slurry is not applied to the tip of the cathode current collector 11 in the longitudinal direction. That is, an uncoated portion is formed at the tip of the cathode current collector 11 in the longitudinal direction. Further, the cathode mixture slurry is not coated on the cutout portions 12a and 12b. Note that the cathode mixture slurry may be coated on the cutout portions 12a and 12b also; however, the coating layer will become thinner than in other portions. Next, the coating layer is dried. Then, the dried coating layer is rolled together with the cathode current collector 11. Thereafter, the cathode current collector tab 13 is welded to the uncoated portion of the cathode current collector 11. Thereby, the cathode 10 is produced.

[0061]

(Production of strip-shaped anode and attachment of current collector tab)

[0062]

The anode 20 is produced, for example, by the following method. First, a mixture of an anode active material and a binder in a desired proportion is dispersed in an organic solvent (for example, N-methyl-2-pyrrolidone) to form an anode mixture slurry. Next, the anode mixture slurry is formed (for example, coated) on the anode current collector 21 to form a coating layer. Here, the cathode mixture slurry is not applied to the tip of the anode current collector 21 in the longitudinal direction. That is, an uncoated portion is formed at the tip of the anode current collector 21 in the longitudinal direction. Next, the coating layer is dried. Then, the dried coating layer is rolled together with the anode current collector 21. Thereafter, the anode current collector tab 23 is welded to the uncoated portion of the anode current collector 21. Thereby, the anode 20 is produced.

[0063]

(Method for manufacturing wound element and battery)

Next, the anode 20, the separator 30, the cathode 10, and the separator 30 are laminated in this order to produce an electrode laminate. Then, the electrode laminate is wound around a winding core to produce a cylindrical wound element. Next, the cylindrical wound element is pressed (when the adhesive layer is present, heat pressing is preferably performed). The conditions for heat pressing are not particularly limited; for example, the temperature is preferably 25 to 150°C, and the pressure is preferably 10 to 100 kgf/cm². Even when heating is not involved, the pressing pressure is preferably 10 to 100 kgf/cm².

[0064]

Thereby, a flat wound element 1a is produced. Note that the cutout portions 12a and 12b are disposed at positions facing the cathode current collector tab 13 and the anode current collector tab 23. Accordingly, the thickness of the cathode current collector tab 13 and the anode current collector tab 23 is absorbed (offset) by these cutout portions 12a and 12b. Therefore, it is possible to reduce the difference in thickness between the portion of the wound element 1a where the cathode current collector tab 13 and the anode current collector tab 23 are formed and other portions. That is, the thickness of the wound element 1a may be made more uniform. As a result, strain and buckling within the lithium-ion secondary battery 1 may be suppressed, and consequently, swelling of the lithium-ion secondary battery 1 may be curbed. As a result, improvement in cycle characteristics of the lithium-ion secondary battery 1 may be expected.

[0065]

Next, the wound element 1a is inserted together with the non-aqueous electrolyte solution into an exterior body (for example, a laminate film), and the exterior body is sealed to produce the lithium-ion secondary battery 1. Note that when sealing the exterior body, the cathode current collector tab 13 and the anode current collector tab 23 are made to protrude to the outside of the exterior body.

[0066]

<4. Variation>

FIG. 3 illustrates a variation of the present embodiment. In this variation, the cathode current collector tab

13 is provided within the cutout portion 12a. In this variation as well, similar effects to those in the above-described embodiment may be obtained. Note that although an uncoated portion is formed in FIG. 3, in this variation, the uncoated portion may be omitted. Further, in this variation, since the cathode current collector tab 13 is formed within the cutout portion 12a, when the cathode active material layer 12 is present on the back surface side of the cutout portion 12a, there may be cases where the cathode current collector tab 13 cannot be welded within the cutout portion 12a. On the other hand, if the cathode active material layer 12 is not formed on the back surface side of the cutout portion 12a, this portion becomes a new cutout portion. Therefore, the total depth of the cutout portion may exceed the thickness of the cathode current collector tab 13. In this case, the thickness of the wound element 1a becomes non-uniform. Accordingly, in this variation,

10

[Examples]

[0067]

(Example 1)

(Production of cathode)

20

A cathode mixture was made by dry-mixing lithium cobalt oxide, acetylene black, and polyvinylidene fluoride (PVDF) at a solid content mass ratio of 96:2:2, and the cathode mixture slurry was produced by dissolving and dispersing this positive electrode mixture in N-methylpyrrolidone. Next, an aluminum foil current collector having a thickness of 12 μm was prepared as the cathode current collector 11, and portions corresponding to the cutout portions 12a and 12b in the cathode current collector 11 were identified. Then, the cathode mixture slurry was coated on both surfaces of the cathode current collector 11 to produce a coating layer. Here, the cathode mixture slurry was not coated on the cutout portions 12a and 12b. Further, the cathode mixture slurry was not coated on the tip of the cathode current collector 11 in the longitudinal direction.

[0068]

30

Next, the coating layer was dried, and the dried coating layer was rolled together with the cathode current collector 11. Then, the cathode current collector tab 13 was ultrasonically welded to the uncoated portion of the cathode current collector 11. The cathode current collector tab 13 was an Al plate having a width of 3 mm and a thickness of 60 μm . The cathode 10 was produced by the above steps. Note that the areal density and packing density of the cathode active material layer 12 were 45 mg/cm^2 and 3.95 g/cc , respectively, at portions where the cathode active material layer 12 was formed on both surfaces of the cathode current collector 11. Further, the thickness of the cathode active material layer 12 was 57 μm per single surface of the cathode current collector 11. The width of the cutout portions 12a and 12b was 5 mm, and the depth was 57 μm .

[0069]

40

(Production of anode)

An anode mixture was produced by mixing a carbon material (artificial graphite), CMC (sodium carboxymethyl cellulose), and SBR (styrene-butadiene rubber) at a mass ratio of 98:1:1. Next, an anode mixture slurry was obtained by dispersing the anode mixture in water, which served as a solvent. Then, this anode mixture slurry was coated on both surfaces of a copper foil having a thickness of 6 μm as the anode current collector 21 to produce a coating layer. Here, the anode mixture slurry was not coated on the tip of the anode current collector 21 in the longitudinal direction. Next, the coating layer was dried, and the dried coating layer was rolled together with the anode current collector 21.

[0070]

50

Next, the anode current collector tab 23 was ultrasonically welded to the uncoated portion of the anode current collector 21. The anode current collector tab 23 was a Ni plate having a width of 3 mm and a thickness of 70 μm . The anode 20 was produced by the above steps. The areal density and packing density of the anode active material layer 22 on the anode current collector 21 were 23 mg/cm^2 and 1.65 g/cc , respectively, at portions where the anode active material layer 22 was formed on both surfaces of the anode current collector 21.

[0071]

(Production of separator)

Polyvinylidene fluoride (KF9300; manufactured by Kureha) was added to N-methyl-2-pyrrolidone so as to

be 5 mass%, and stirred until completely dissolved. Next, using a dip coater, the solution was applied to both surfaces of a polyethylene microporous membrane having a thickness of 9 μm , and after coagulating in a water bath and drying, the separator 30 provided with a layer composed of polyvinylidene fluoride (PVDF) on both surfaces was obtained. The membrane thickness of the separator 30 after drying was 12 μm .

[0072]

(Preparation of secondary battery)

10 The cathode 10, the anode 20, and the separator 30 produced as described above were laminated in the order of the anode 20, the separator 30, the cathode 10, and the separator 30 to produce an electrode laminate. Next, the electrode laminate was wound around a winding core having a diameter of 3 cm. The winding direction was the longitudinal direction of the electrode laminate. Thereby, a cylindrical wound element was produced. After using tape to fix an end portion of the wound element, the winding core was removed. Then, the wound element was compressed by being sandwiched between two metal plates each having a thickness of 3 cm. Thereby, the wound element 1a was obtained. Upon visual observation of the wound element 1a, the cutout portions 12a and 12b were disposed at positions facing the cathode current collector tab 13 and the anode current collector tab 23.

[0073]

20 Next, the wound element 1a was inserted into an outer packaging material composed of a laminate film having a thickness of 120 μm and including three layers of polypropylene/aluminum/nylon, and the cathode current collector tab 13 and the anode current collector tab 23 were drawn out from the outer packaging material by heat sealing. Next, an electrolytic solution obtained by dissolving lithium hexafluorophosphate at a concentration of 1.2 mol/L in a solvent, in which ethylene carbonate and diethyl carbonate were mixed at a mass ratio of ethylene carbonate:diethyl carbonate = 3:7, was injected into the exterior member containing the wound element 1a, and the remaining one side of the outer packaging material was heat-sealed under reduced pressure to achieve a vacuum seal. This was heated between metal plates at 80°C for 3 minutes to obtain the lithium-ion secondary battery 1 according to the example.

[0074]

(Characteristics evaluation)

30 A charge and discharge cycle test was performed using the non-aqueous secondary battery produced as described above. Only in the first cycle, constant current–constant voltage (CC–CV) charging was performed at 0.2C, charging was carried out at 4.35 V with a 0.05C cutoff, and discharge was performed by constant current (CC) at 0.5C with a cutoff at 3.5 V. From the second cycle onward, a charge and discharge test was performed at 0.7C using a similar method. Meanwhile, the thickness of the lithium-ion secondary battery 1 during the cycle test was measured by pressing a flat metal plate against the lithium-ion secondary battery 1 with a force of 30 g/cm². Thickness measurements were performed after 1 cycle, 100 cycles, 200 cycles, 300 cycles, 400 cycles, and 500 cycles. The evaluation results are summarized in Table 1.

[0075]

(Example 2)

40 The same procedures as in Example 1 were performed, except that the cathode current collector tab 13 was welded within the cutout portion 12a. Note that in Example 2, a spacer was disposed on the back surface side of the cutout portion 12a instead of the cathode active material layer 12. The width of the spacer was the same as the width of the cutout portion 12a, and the thickness was the same as the thickness per single surface of the cathode current collector 11. The spacer was made of Al. The evaluation results are summarized in Table 1.

[0076]

(Comparative Example)

Similar procedures to those in Example 1 were performed, except that the cutout portions 12a and 12b were not provided. The evaluation results are summarized in Table 1.

[0077]

[Table 1]

(Table 1)

	1 cyc	100 cyc	200 cyc	300 cyc	400 cyc	500 cyc
Comparative Example	4.114	4.195	4.271	4.296	4.301	4.395
Example 1	4.045	4.155	4.174	4.190	4.211	4.256
Example 2	4.051	4.160	4.185	4.201	4.236	4.268

(Unit: mm)

[0078]

When comparing the amount of increase in thickness of Example 1, Example 2, and the Comparative Example, the amount of increase in thickness in Examples 1 and 2 was smaller than that in the Comparative Example. For example, when comparing the thickness at 300 cycles, the thickness in the Comparative Example at 300 cycles had increased by 0.182 mm relative to the thickness at 1 cycle. In contrast, the thickness in Example 1 at 300 cycles had increased by 0.145 mm relative to the thickness at 1 cycle. The thickness in Example 2 at 300 cycles had increased by 0.150 mm relative to the thickness at 1 cycle. As described above, in Examples 1 and 2, swelling of the lithium-ion secondary battery 1 could be suppressed more effectively than in the Comparative Example. Accordingly, it is presumed that buckling and distortion of the electrodes within the wound element 1a are also suppressed in Examples 1 and 2.

[0079]

As described above, according to the present embodiment, since the thickness of the cathode current collector tab 13 and the anode current collector tab 23 may be absorbed by the cutout portions 12a and 12b, the thickness of the wound element 1a may be made more uniform. As a result, buckling and distortion of the electrodes within the lithium-ion secondary battery 1 may be suppressed, and consequently, swelling of the lithium-ion secondary battery 1 may be suppressed. Moreover, since the thickness of the cathode current collector tab 13 and the anode current collector tab 23 may be absorbed by the cutout portions 12a and 12b, the thickness of the wound element 1a (specifically, the thickness of the portions where the cathode current collector tab 13 and the anode current collector tab 23 are formed) is reduced. Therefore, it may also be expected that the volumetric energy density of the lithium-ion secondary battery 1 will be improved.

[0080]

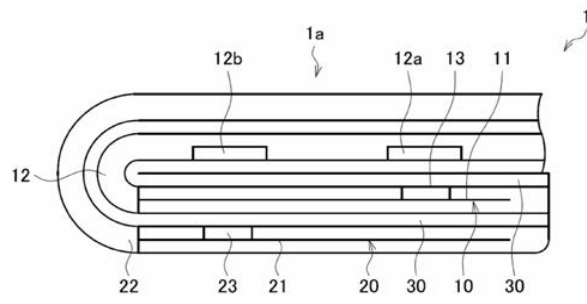
As described above, a preferred embodiment of the present invention has been described in detail with reference to accompanying drawings; however, the present invention is not limited thereto. It is apparent that a person having ordinary skill in the art to which the present invention pertains could conceive of various variations or modifications within the scope of the technical idea described in the claims, and it is understood that these also fall within the technical scope of the present invention.

[Description of Reference Numerals]

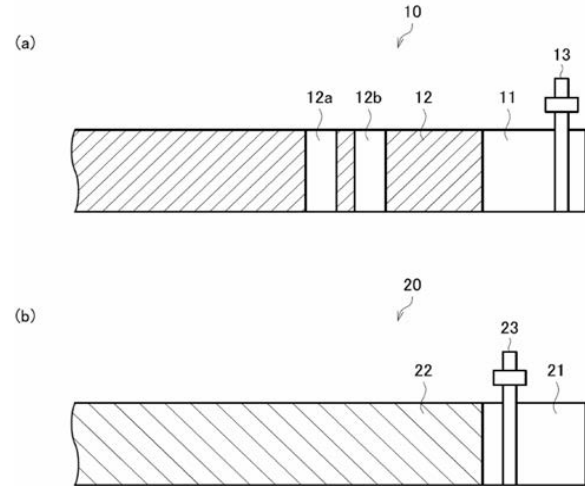
[0081]

- 1 Lithium-ion secondary battery
- 1a Wound element
- 10 Cathode
- 11 Cathode current collector
- 12 Cathode active material layer
- 12a, 12b Cutout portion
- 13 Cathode current collector tab
- 20 Anode
- 21 Anode current collector
- 22 Anode active material layer
- 23 Anode current collector tab

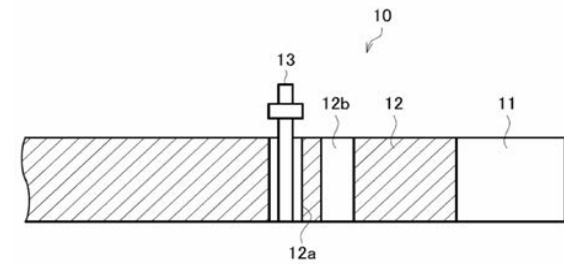
[FIG. 1]



[FIG. 2]



[FIG. 3]



Continued from front page

(72) Inventor: Yasuo Takano

c/o Samsung R&D Institute Japan Co., Ltd., 2-7 Sugasawacho, Tsurumi-ku, Yokohama-shi,
Kanagawa-ken

F Term (Reference) 5H011 AA09 CC10 EE04 KK01

5H029 AJ05 AJ14 AK01 AK02 AK03 AK05 AL02 AL07 AL11 AL12
BJ04 BJ14 DJ05 HJ04 HJ12

5H043 AA11 AA19 BA19 CA08 CA12 EA06 LA02E LA21E

5H050 AA07 AA19 BA16 BA17 CA01 CA02 CA08 CA09 CA11 CB02
CB08 CB11 CB12 DA20 FA05 HA04 HA12



DECLARATION OF PROOFREADER

I, Lorelle Knowles, hereby declare as follows:

1. I personally reviewed the attached translation from Japanese into English of the patent that is entitled “JP2016122628A (Takano)” in Japanese and “JP2016122628A (Takano)” in English (also attached).
2. The attached translation is, to the best of my knowledge, a true, full and accurate translation of the attached Japanese document.
3. I am competent to perform this review, because I have 10 years and 5 months of experience as a professional Japanese into English patent translator, I have a Master of Interpreting and Translation Studies degree, and I am a NAATI-certified translator.
4. I declare under the penalty of perjury under the laws of the United States that the foregoing is true and correct; and further declare that I am aware that willful false statements and the like so made are punishable by fine or imprisonment, or both, under 1001 of Title 18 of the United States Code.

Dated: 8 May 2026

PROOFREADER’S SIGNATURE

A handwritten signature in purple ink, appearing to read "Lorelle Knowles", written over a horizontal line.

(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2016-122628

(P2016-122628A)

(43) 公開日 平成28年7月7日(2016.7.7)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H01M 4/13 (2010.01)	H01M 4/13	5H011
H01M 10/0587 (2010.01)	H01M 10/0587	5H029
H01M 2/26 (2006.01)	H01M 2/26 A	5H043
H01M 2/02 (2006.01)	H01M 2/02 K	5H050

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2014-263360 (P2014-263360)	(71) 出願人	590002817
(22) 出願日	平成26年12月25日 (2014.12.25)		三星エスディアイ株式会社
			SAMSUNG SDI Co., LTD.
			大韓民国京畿道龍仁市器興区貢稅路150-20
			150-20 Gongse-ro, Giheung-gu, Yongin-si,
			Gyeonggi-do, 446-902 Republic of Korea
		(74) 代理人	110000981
			アイ・ピー・ディー国際特許業務法人

最終頁に続く

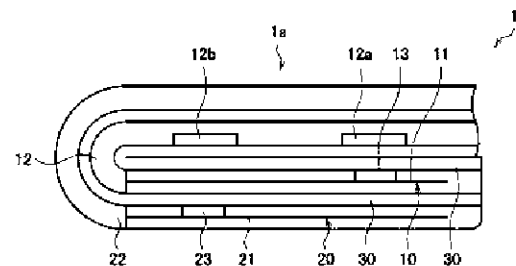
(54) 【発明の名称】 非水電解質二次電池用巻回素子及び非水電解質二次電池

(57) 【要約】

【課題】巻回素子の厚さをより均一にし、ひいては、非水電解質二次電池の膨張を抑制することが可能な、新規かつ改良された非水電解質二次電池用巻回素子及び非水電解質二次電池を提供する。

【解決手段】上記課題を解決するために、本発明のある観点によれば、帯状集電体と、帯状集電体に設けられた集電タブと、帯状集電体に設けられた活物質層と、活物質層内に設けられた切り欠き部と、を備え、切り欠き部は、集電タブに対向する位置に形成されることを特徴とする、非水電解質二次電池用巻回素子が提供される。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

带状集電体と、
前記带状集電体に設けられた集電タブと、
前記带状集電体に設けられた活物質層と、
前記活物質層内に設けられた切り欠き部と、を備え、
前記切り欠き部は、前記集電タブに対向する位置に形成されることを特徴とする、非水電解質二次電池用巻回素子。

【請求項 2】

前記切り欠き部の幅は、前記集電タブの幅以上であることを特徴とする、請求項 1 記載の非水電解質二次電池用巻回素子。

【請求項 3】

前記切り欠き部の幅は、前記集電タブの幅より大きいことを特徴とする、請求項 2 記載の非水電解質二次電池用巻回素子。

【請求項 4】

前記集電タブの厚さと前記切り欠き部の深さの差が、前記集電タブの厚さより小さいことを特徴とする、請求項 1～3 の何れか 1 項に記載の非水電解質二次電池用巻回素子。

【請求項 5】

前記集電タブは、正極集電タブと、負極集電タブとで構成され、
前記切り欠き部は、前記正極集電タブに対向する位置と、前記負極集電タブに対向する位置との各々に形成されることを特徴とする、請求項 1～4 の何れか 1 項に記載の非水電解質二次電池用巻回素子。

【請求項 6】

請求項 1～5 の何れか 1 項に記載の非水電解質二次電池用巻回素子を備えることを特徴とする、非水電解質二次電池。

【請求項 7】

外装材がラミネートであることを特徴とする、請求項 6 記載の非水電解質二次電池。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、非水電解質二次電池用巻回素子及び非水電解質二次電池に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、小型情報機器の高機能化に伴い二次電池の高性能化、小型化、高エネルギー密度化が求められている。特に、リチウムイオン（*L i t h i u m i o n*）二次電池などの非水電解液を用いた非水電解質二次電池は電池電圧を高くすることができ、高エネルギー（*e n e r g y*）密度化が可能なことから研究開発が盛んに行われている。中でも外装材にラミネート（*L a m i n a t e*）を用い、その中に巻回素子及び電解液を収納した非水電解質二次電池は、体積エネルギー密度が高いことから注目されている。ここで、巻回素子は、概略以下の工程で作成される。

【0003】

まず、正極、セパレータ、及び負極を順次積層することで、電極積層体を作製する。そして、電極積層体を巻回する。そして、巻回された電極積層体をプレスすることで、巻回素子を作製する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2003-157888 号公報

【特許文献 2】特開 2006-164956 号公報

10

20

30

40

50

【特許文献3】特開2012-174387号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、巻回素子を構成する電極には、集電タブが設けられる。集電タブは、電極の厚さ方向に突出した構造体となっている。このため、巻回素子のうち、集電タブが形成された部分は、他の部分よりも集電タブの厚さ分だけ厚くなる。したがって、巻回素子の厚さは不均一になる。一方、非水電解質二次電池は、充放電すると各電極の膨張収縮による応力が巻回素子に加わる。そして、充放電を繰り返すと、このような応力が巻回素子に繰り返し加わる。そして、上述したように、巻回素子の厚さは不均一なため、巻回素子内に応力が不均一に掛かる。具体的には、集電タブ及びその周囲に大きな応力が掛かる。このため、集電タブの周囲に存在する電極が座屈しやすいという問題があった。電極が座屈した場合、巻回素子の厚みが増大する。すなわち、電池が膨張する。また、電池が膨張した場合、電極間に隙間が生じ、リチウムイオンのスムーズな移動が阻害されるので、サイクル特性が低下する。

10

【0006】

このように、従来の非水電解質二次電池においては、集電タブによる厚さの不均一に起因して非水電解質二次電池が膨張し、サイクル特性が低下するという問題があった。この問題は、外装材がラミネートフィルムとなる場合に特に顕著であった。すなわち、外装材が金属製の缶となる場合、外装材は巻回素子の変形をある程度抑えることができる。一方、ラミネートフィルムは、金属製の缶に比べて強度が小さいので、巻回素子の変形を抑えにくい。一方、特許文献1～3は、巻回素子に関する技術を開示するが、これらの技術では、上記問題を何ら解決することができなかった。

20

【0007】

そこで、本発明は、上記問題に鑑みてなされたものであり、本発明の目的とするところは、巻回素子の厚さをより均一にし、ひいては、非水電解質二次電池の膨張を抑制することが可能な、新規かつ改良された非水電解質二次電池用巻回素子及び非水電解質二次電池を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するために、本発明のある観点によれば、带状集電体と、带状集電体に設けられた集電タブと、带状集電体に設けられた活物質層と、活物質層内に設けられた切り欠き部と、を備え、切り欠き部は、集電タブに対向する位置に形成されることを特徴とする、非水電解質二次電池用巻回素子が提供される。

30

【0009】

この観点によれば、切り欠き部が集電タブの厚さを吸収（相殺）することができるので、巻回素子の厚さをより均一にすることができる。したがって、この巻回素子を非水電解質二次電池に用いることで、非水電解質二次電池の膨張を抑制することができる。

【0010】

ここで、切り欠き部の幅は、集電タブの幅以上であってもよい。

40

【0011】

この観点によれば、切り欠き部は、集電タブの厚さをより確実に吸収することができる。このため、巻回素子の厚さをより均一にすることができる。したがって、この巻回素子を非水電解質二次電池に用いることで、非水電解質二次電池の膨張を抑制することができる。

【0012】

また、切り欠き部の幅は、集電タブの幅より大きくてもよい。

【0013】

この観点によれば、切り欠き部は、集電タブの厚さをより確実に吸収することができる。このため、巻回素子の厚さをより均一にすることができる。したがって、この巻回素子を

50

非水電解質二次電池に用いることで、非水電解質二次電池の膨張を抑制することができる。

【0014】

また、集電タブの厚さと切り欠き部の深さの差が、集電タブの厚さより小さくてもよい。

【0015】

この観点によれば、切り欠き部は、集電タブの厚さをより確実に吸収することができる。このため、回素子の厚さをより均一にすることができる。したがって、この巻回素子を非水電解質二次電池に用いることで、非水電解質二次電池の膨張を抑制することができる。

10

【0016】

また、集電タブは、正極集電タブと、負極集電タブとで構成され、切り欠き部は、正極集電タブに対向する位置と、負極集電タブに対向する位置との各々に形成されてもよい。

【0017】

この観点によれば、切り欠き部は、正極集電タブの厚さ及び負極集電タブの厚さを吸収することができる。このため、回素子の厚さをより均一にすることができる。したがって、この巻回素子を非水電解質二次電池に用いることで、非水電解質二次電池の膨張を抑制することができる。

【0018】

本発明の他の観点によれば、上記巻回素子を備えることを特徴とする、非水電解質二次電池が提供される。

20

【0019】

この観点によれば、非水電解質二次電池の膨張を抑制することができる。

【0020】

ここで、外装材がラミネートであってもよい。

【0021】

この観点による非水電解質二次電池では、外装材がラミネートとなっている。しかし、この観点による非水電解質二次電池は、上記巻回素子を備える。したがって、外装材がラミネートであっても非水電解質二次電池の膨張が抑制される。

【発明の効果】

30

【0022】

以上説明したように本発明によれば、切り欠き部が集電タブの厚さを吸収（相殺）することができるので、巻回素子の厚さをより均一にすることができる。したがって、この巻回素子を非水電解質二次電池に用いることで、非水電解質二次電池の膨張を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明の実施形態に係る巻回素子の概略構成を示す平断面図である。

【図2】（a）同実施形態に係る正極の概略構成を示す説明図である。（b）同実施形態に係る負極の概略構成を示す説明図である。

40

【図3】正極の変形例を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下に添付図面を参照しながら、本発明の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

【0025】

<1. 巻回素子の構成>

次に、図1及び図2に基づいて、本実施形態に係るリチウムイオン二次電池1の構成について説明する。リチウムイオン二次電池1は、扁平状の巻回素子1aと、非水電解質溶

50

液と、外装材とを備える。なお、本発明はリチウムイオン二次電池以外の非水電解質二次電池にも適用可能であることはもちろんである。

【0026】

巻回素子1aは、帯状負極20、帯状セパレータ30、帯状正極10、及び帯状セパレータ30がこの順で積層された電極積層体を長手方向に巻回し、図1中上下方向にプレスしたものである。

【0027】

(帯状正極の構成)

図1及び図2(a)に示すように、帯状正極10(以下、単に「正極10」とも称する)は、正極集電体11と、正極集電体11の両面に形成された正極活物質層12と、正極活物質層12内に形成された切り欠き部12a、12bと、正極集電タブ13とを備える。

10

【0028】

正極集電体11は、導電体であればどのようなものでも良く、例えば、アルミニウム、ステンレス鋼、及びニッケルメッキ鋼等で構成される。正極集電体11には、正極集電タブ13が接続される。

【0029】

正極活物質層12は、少なくとも正極活物質を含み、導電剤と、結着剤とをさらに含んでいてもよい。正極活物質は、リチウムイオンを可逆的に吸蔵及び放出することが可能な物質であれば特に限定されず、例えば、コバルト酸リチウム(LCO)、ニッケル酸リチウム、ニッケルコバルト酸リチウム、ニッケルコバルトアルミニウム酸リチウム(以下、「NCA」と称する場合もある。)、ニッケルコバルトマンガン酸リチウム(以下、「NCM」と称する場合もある。)、マンガン酸リチウム、リン酸鉄リチウム、硫化ニッケル、硫化銅、硫黄、酸化鉄、酸化バナジウム等が挙げられる。これらの正極活物質は、単独で用いられてもよく、2種以上が併用されてもよい。

20

【0030】

正極活物質は、上記に挙げた正極活物質の例のうち、特に、層状岩塩型構造を有する遷移金属酸化物のリチウム塩であることが好ましい。このような層状岩塩型構造を有する遷移金属酸化物のリチウム塩としては、例えば、 $Li_{1-x-y-z}Ni_xCo_yAl_zO_2$ (NCA)または $Li_{1-x-y-z}Ni_xCo_yMn_zO_2$ (NCM)($0 < x < 1$ 、 $0 < y < 1$ 、 $0 < z < 1$ 、かつ $x + y + z < 1$)で表される3元系の遷移金属酸化物のリチウム塩が挙げられる。

30

【0031】

導電剤は、例えばケッチェンブラック(Ketjenblack)、アセチレンブラック(acetylene black)等のカーボンブラック、天然黒鉛、人造黒鉛等であるが、正極の導電性を高めるためのものであれば特に制限されない。

【0032】

結着剤は、正極活物質同士を結合すると共に、正極活物質と正極集電体とを結合する。結着剤の種類は特に限定されず、従来のリチウムイオン二次電池の正極活物質層に使用された結着剤であればどのようなものであっても使用できる。例えばポリフッ化ビニリデン(polyvinylidene fluoride)、フッ化ビニリデン(VDF)ーヘキサフルオロプロピレン(HFP)共重合体、フッ化ビニリデンーパーフルオロビニルエーテル(par-fluorovinyl ether)共重合体、フッ化ビニリデンーテトラフルオロエチレン(tetrafluoroethylene)共重合体、フッ化ビニリデンートリフルオロエチレン(trifluoroethylene)共重合体、エチレンプロピレンジエン(ethylene-propylene-diene)三元共重合体、スチレンブタジエンゴム(Styrene-butadiene rubber)、アクリロニトリルブタジエンゴム(acrylonitrile-butadiene rubber)、フッ素ゴム(fluororubber)、ポリ酢酸ビニル(polyvinyl acetate)、ポリメチルメタクリレート(polymeth

40

50

y l m e t h a c r y l a t e)、ポリエチレン (p o l y e t h y l e n e)、ニトロセルロース (c e l l u l o s e n i t r a t e) 等であるが、正極活物質及び導電剤を正極集電体上に結着させることができるものであれば、特に制限されない。

【0033】

正極活物質層12の片面厚さ(正極集電体11の表裏両面に形成された各正極活物質層12のうち、一方の層の厚さ)は、集電タブ13の厚さ以上であることが好ましく、集電タブ13の厚さと略同一であることがさらに好ましい。

【0034】

切り欠き部12a、12bは、正極活物質層12内に設けられる。切り欠き部12aは、巻回素子1a中で正極集電タブ13に対向する位置に設けられる。すなわち、正極集電タブ13の幅方向の中心を通り、かつ正極集電タブ13の厚さ方向に伸びる直線を引いた場合、この直線は、切り欠き部12a内を通る。好ましくは、この直線は、切り欠き部12aの幅方向の中心を通る。

10

【0035】

切り欠き部12aの深さは、正極集電タブ13の厚さに一致することが好ましい。さらに、切り欠き部12aの幅は、正極集電タブ13の幅以上であることが好ましい。これらの条件が満たされる場合に、正極集電タブ13の厚さを全て切り欠き部12aによって吸収(相殺)できる。これにより、巻回素子1aのうち、正極集電タブ13が設けられる部分と、その周辺の部分との厚さをより均一にすることができる。

【0036】

さらに、切り欠き部12aの幅は、正極集電タブ13の幅より大きいことが特に好ましい。この場合、巻回素子1a内で正極集電タブ13と切り欠き部12aとの間で位置ずれが生じた場合でも、切り欠き部12aは、このような位置ずれをも吸収することができる。すなわち、切り欠き部12aは、巻回素子1a内で正極集電タブ13と切り欠き部12aとの間で位置ずれが生じた場合でも、正極集電タブ13の厚さを吸収することができる。

20

【0037】

なお、切り欠き部12aの深さは、正極集電タブ13の厚さより小さくてもよい。この場合、正極集電タブ13の厚さと切り欠き部12aの深さの差が、正極集電タブ13の厚さより小さいことが好ましい。この場合、正極集電タブ13の厚さのうち、切り欠き部12aの深さ分だけが切り欠き部12aによって吸収(相殺)される。また、切り欠き部12aの幅は、正極集電タブ13の幅より小さくてもよい。この場合、正極集電タブ13のうち、切り欠き部12aに対向する部分の厚さだけが切り欠き部12aによって吸収(相殺)される。

30

【0038】

切り欠き部12bは、巻回素子1a中で負極集電タブ23に対向する位置に設けられる。すなわち、負極集電タブ23の幅方向の中心を通り、かつ負極集電タブ23の厚さ方向に伸びる直線を引いた場合、この直線は、切り欠き部12b内を通る。好ましくは、この直線は、切り欠き部12bの幅方向の中心を通る。

【0039】

切り欠き部12bの深さは、負極集電タブ23の厚さに一致することが好ましい。さらに、切り欠き部12aの幅は、負極集電タブ23の幅以上であることが好ましい。これらの条件が満たされる場合に、負極集電タブ23の厚さを全て切り欠き部12bによって吸収(相殺)できる。さらに、巻回素子1aのうち、負極集電タブ23が設けられる部分と、その周辺の部分との厚さをより均一にすることができる。

40

【0040】

さらに、切り欠き部12bの幅は、負極集電タブ23の幅より大きいことが特に好ましい。この場合、巻回素子1a内で負極集電タブ23と切り欠き部12bとの間で位置ずれが生じた場合でも、切り欠き部12bは、このような位置ずれをも吸収することができる。すなわち、切り欠き部12bは、巻回素子1a内で負極集電タブ23と切り欠き部12

50

bとの間で位置ずれが生じた場合でも、負極集電タブ23の厚さを吸収することができる。

【0041】

なお、切り欠き部12bの深さは、負極集電タブ23の厚さより小さくてもよい。この場合、負極集電タブ23の厚さと切り欠き部12bの深さの差が、負極集電タブ23の厚さより小さいことが好ましい。この場合、負極集電タブ23の厚さのうち、切り欠き部12bの深さ分だけが切り欠き部12bによって吸収（相殺）される。また、切り欠き部12bの幅は、負極集電タブ23の幅より小さくてもよい。この場合、負極集電タブ23のうち、切り欠き部12bに対向する部分の厚さだけが切り欠き部12bによって吸収（相殺）される。

10

【0042】

また、図2(a)では、切り欠き部12a、12b及び正極集電タブ13を正極集電体11の同じ面に設けたが、これらを互いに異なる面に設けても良いことはもちろんである。また、切り欠き部12a、12bは、負極20に設けても良いことはもちろんである。また、図1では、切り欠き部12a、12bは、巻回素子1aの最内周部分に形成されている。すなわち、切り欠き部12a、12bは、正極集電タブ13、負極集電タブ23に近接する位置に設けられる。しかしながら、切り欠き部12a、12bの設置位置はこの位置に限られない。すなわち、切り欠き部12a、12bは、正極集電タブ13、負極集電タブ23に対向する位置（すなわち、これらの集電タブの幅方向の中心を通り、かつ巻回素子1aの厚さ方向に平行な直線が交差する位置）に設けられれば良い。また、切り欠き部12a、12bは、図1に示すように、開口面が正極集電タブ13、負極集電タブ23に対向することが好ましい。

20

【0043】

正極集電タブ13は、例えば正極集電体11と同様の材料で構成される。正極集電タブ13は、正極10の長さ方向の先端に溶接される。具体的には、正極10の長さ方向の先端には、正極活物質層12が形成されていない未塗布部が形成される。この未塗布部に正極集電タブ13が設けられる。また、正極集電タブ13は、巻回素子1aの最内周部分に配置される。

【0044】

正極10は、例えば、以下の方法により作製される。すなわち、正極活物質層12の材料を有機溶剤または水に分散させることで正極合剤スラリーを形成し、この正極合剤スラリーを正極集電体11上に塗工する。これにより、塗工層が形成される。ここで、正極合剤スラリーは、正極集電体11の長さ方向の先端には塗布しない。すなわち、正極集電体11の長さ方向の先端に未塗布部を形成する。また、正極合剤スラリーは、切り欠き部12a、12bには塗工しない。なお、切り欠き部12a、12bにも正極合剤スラリーを塗工しても良いが、他の部分よりも塗工層が薄くなる。ついで、塗工層を乾燥する。ついで、乾燥した塗工層を正極集電体11とともに圧延する。その後、正極集電体11の未塗布部に正極集電タブ13を溶接する。これにより、正極10が作製される。

30

【0045】

（負極及び負極集電タブの構成）

40

図1及び図2(b)に示すように、帯状負極20（以下、単に「負極20」とも称する）は、負極集電体21と、負極集電体21の両面に形成された負極活物質層22と、負極集電タブ23とを含む。

【0046】

負極集電体21は、導電体であればどのようなものでも良く、例えば、銅、ステンレス鋼、及びニッケルメッキ鋼等で構成される。

【0047】

負極活物質層22は、リチウムイオン二次電池1の負極活物質層として使用されるものであれば、どのようなものであってもよい。例えば、負極活物質層22は、負極活物質を含み、結着剤をさらに含んでいてもよい。負極活物質は、例えば、黒鉛活物質（人造黒鉛

50

、天然黒鉛、人造黒鉛と天然黒鉛との混合物、人造黒鉛を被覆した天然黒鉛等)、ケイ素 (S i) もしくはスズ (S n) もしくはそれらの酸化物の微粒子と黒鉛活物質との混合物、ケイ素もしくはスズの微粒子、ケイ素もしくはスズを基本材料とした合金、および $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 等の酸化チタン (TiO_x) 系化合物等を使用することができる。なお、ケイ素の酸化物は、 SiO_x ($0 \leq x \leq 2$) で表される。また、負極活物質としては、これらの他に、例えば金属リチウム等を使用することができる。ここで、負極活物質層 22 の厚さは特に制限されず、リチウムイオン二次電池の負極活物質層が有する厚さであればよい。また、負極活物質層 22 として金属リチウムを用いる場合、負極集電体 21 に金属リチウム箔を重ねれば良い。

【0048】

10

負極集電タブ 23 は、例えば負極集電体 21 と同様の材料で構成される。負極集電タブ 23 は、負極 20 の長さ方向の先端に溶接される。具体的には、負極 20 の長さ方向の先端には、負極活物質層 22 が形成されていない未塗布部が形成される。この未塗布部に負極集電タブ 23 が設けられる。また、負極集電タブ 23 は、巻回素子 1a の最内周部分に配置される。

【0049】

負極 20 は、例えば、以下の方法により作製される。まず、負極活物質および結着剤を所望の割合で混合したものを、有機溶媒 (例えば N-メチル-2-ピロリドン) に分散させることで負極合剤スラリーを形成する。次に、負極合剤スラリーを負極集電体 21 上に形成 (例えば塗工) することで、塗工層を形成する。ここで、正極合剤スラリーは、負極集電体 21 の長さ方向の先端には塗布しない。すなわち、負極集電体 21 の長さ方向の先端に未塗布部を形成する。ついで、塗工層を乾燥する。ついで、乾燥した塗工層を負極集電体 21 とともに圧延する。その後、負極集電体 21 の未塗布部に負極集電タブ 23 を溶接する。これにより、負極 20 が作製される。

20

【0050】

(セパレータの構成)

セパレータ 30 は、特に制限されず、リチウムイオン二次電池のセパレータとして使用されるものであれば、どのようなものであってもよい。セパレータ 30 としては、優れた高率放電性能を示す多孔質膜や不織布等を、単独あるいは併用することが好ましい。セパレータ 30 を構成する樹脂としては、例えばポリエチレン (polyethylene)、ポリプロピレン (polypropylene) 等に代表されるポリオレフィン (polyolefin) 系樹脂、ポリエチレンテレフタレート (Polyethylene terephthalate)、ポリブチレンテレフタレート (polybutylene terephthalate) 等に代表されるポリエステル (Polyester) 系樹脂、P V D F、フッ化ビニリデン (V D F) -ヘキサフルオロプロピレン (H F P) 共重合体、フッ化ビニリデン-パーフルオロビニルエーテル (p a r f l u o r o v i n y l e t h e r) 共重合体、フッ化ビニリデン-テトラフルオロエチレン (t e t r a f l u o r o e t h y l e n e) 共重合体、フッ化ビニリデン-トリフルオロエチレン (t r i f l u o r o e t h y l e n e) 共重合体、フッ化ビニリデン-フルオロエチレン (f l u o r o e t h y l e n e) 共重合体、フッ化ビニリデン-ヘキサフルオロアセトン (h e x a f l u o r o a c e t o n e) 共重合体、フッ化ビニリデン-エチレン (e t h y l e n e) 共重合体、フッ化ビニリデン-プロピレン (p r o p y l e n e) 共重合体、フッ化ビニリデン-トリフルオロプロピレン (t r i f l u o r o p r o p y l e n e) 共重合体、フッ化ビニリデン-テトラフルオロエチレン (t e t r a f l u o r o e t h y l e n e) -ヘキサフルオロプロピレン (h e x a f l u o r o p r o p y l e n e) 共重合体、フッ化ビニリデン-エチレン (e t h y l e n e) -テトラフルオロエチレン (t e t r a f l u o r o e t h y l e n e) 共重合体等を挙げることができる。

30

40

【0051】

また、セパレータ 30 の両面には、接着層が形成されることが好ましい。接着層は、各

50

電極とセパレータ 30 との接着力を向上させるものであり、多孔質体となっている。接着層は、非水電解質二次電池に使用されるものであれば特に制限されない。接着層を構成する好ましい樹脂としては、ポリフッ化ビニリデン (P V D F) 系のフッ素樹脂が挙げられる。このようなフッ素樹脂としては、例えば、P V D F の他、フッ化ビニリデン (V D F) と他の単量体 (ヘキサフルオロプロピレン (H F P) 等) との共重合体等が挙げられる。

【0052】

フッ素系樹脂を含む接着層は、例えば以下の第 1 の方法または第 2 の方法によりセパレータ 30 の表面に形成される。

【0053】

第 1 の方法では、NMP (N-メチルピロリドン)、ジメチルアセトアミド、アセトン (a c e t o n e) 等の有機溶剤中にフッ素樹脂を溶解させることでスラリー (s l u r r y) を作製する。そして、このスラリーをセパレータ 30 に塗工後、水、メタノール、トリプロピレングリコール等の貧溶媒を用いてフッ素樹脂を相分離させることでフッ素樹脂を多孔質化させた接着層を形成する。第 2 の方法では、フッ素樹脂をジメチルカーボネート、プロピレンカーボネート、エチレンカーボネート等を溶媒とする加熱電解液中に溶解させることで加熱スラリーを作製する。そして、この加熱スラリーをセパレータ 30 に塗工することで塗工層を形成する。そして、塗工層を冷却することで、フッ素樹脂をゲル (電解液で膨潤した多孔質膜) に転移させる。すなわち、接着層を作製する。

【0054】

このような接着層をセパレータ 30 の表面に形成する趣旨は以下のとおりである。すなわち、外装材がラミネートとなる場合、充放電に伴って正極 10、負極 20 の膨張収縮がおこりやすい。そして、このような膨張収縮の結果、リチウムイオン二次電池 1 内部の応力が集中する部分 (集電タブ及びその周辺部分) が生じ、そこを起点としてリチウムイオン二次電池 1 の座屈、ゆがみが生じる場合がある。さらに、座屈、ゆがみが生じることにより、正極 10、負極 20 間の極間距離が不均一となり、リチウムイオンのスムーズな移動が妨げられる。この結果、充放電サイクルに伴う容量劣化や電池厚みの増加が顕著になってしまう。

【0055】

本実施形態では、このような座屈、歪みを切り欠き部 12 a、12 b によって低減するが、上記接着層をセパレータ 30 に設けることで、座屈、歪みがさらに低減される。すなわち、接着層をセパレータ 30 の表面に形成することで、セパレータ 30 と各電極との接着力が向上するので、電池の内部応力によるゆがみ、正負極間の極間距離が不均一になることを抑制することが期待できる。このような接着層をセパレータ 30 に設けた場合、電極積層体のプレスは、例えばヒートプレスによって行われることが好ましい。これによって、接着層による接着力が発現しやすくなる。ヒートプレスの条件は特に制限されないが、例えば、温度は 25 ~ 150℃、圧力は 10 ~ 100 k g f / c m² であることが好ましい。加熱を伴わない場合であっても、プレスの圧力は 10 ~ 100 k g f / c m² であることが好ましい。

【0056】

なお、接着層には、リチウムイオン二次電池 1 の耐熱性を向上するために、耐熱性フィラーを添加してもよい。耐熱性フィラーは、例えばセラミック粒子であり、より具体的には、金属酸化物粒子である。金属酸化物粒子としては、例えばアルミナ、ベーマイト、チタニア、ジルコニア、マグネシア、酸化亜鉛、水酸化アルミニウム、水酸化マグネシウム等の微粒子が挙げられる。

【0057】

(非水電解質溶液の構成)

非水電解質溶液は、電解質を有機溶媒に溶解させた溶液である。電解質は特に限定されず、例えば、本実施形態では、リチウム塩を使用することができる。リチウム塩としては、例えば、L i C l O₄、L i B F₄、L i A s F₆、L i P F₆、L i P F₆ - x (C

10

20

30

40

50

$n F_{2n+1})_x$ (但し、 $1 < x < 6$, $n = 1 \text{ or } 2$), $LiSCN$, $LiBr$, LiI , Li_2SO_4 , $Li_2B_{10}Cl_{10}$, $NaClO_4$, NaI , $NaSCN$, $NaBr$, $KClO_4$, $KSCN$ 等のリチウム (Li)、ナトリウム (Na) またはカリウム (K) の1種を含む無機イオン塩、 $LiCF_3SO_3$, $LiN(CF_3SO_2)_2$, $LiN(C_2F_5SO_2)_2$, $LiN(CF_3SO_2)(C_4F_9SO_2)$, $LiC(CF_3SO_2)_3$, $LiC(C_2F_5SO_2)_3$, $(CH_3)_4NBF_4$, $(CH_3)_4NBr$, $(C_2H_5)_4NClO_4$, $(C_2H_5)_4NI$, $(C_3H_7)_4NBr$, $(n-C_4H_9)_4NClO_4$, $(n-C_4H_9)_4NI$, $(C_2H_5)_4N\text{-maleate}$, $(C_2H_5)_4N\text{-benzoate}$, $(C_2H_5)_4N\text{-phthalate}$ 、ステアリルスルホン酸リチウム (*stearyl sulfonic acid lithium*)、オクチルスルホン酸リチウム (*octyl sulfonic acid*)、ドデシルベンゼンスルホン酸リチウム (*dodecyl benzene sulphonic acid*) 等の有機イオン塩等が挙げられ、これらのイオン性化合物を単独、あるいは2種類以上混合して用いることが可能である。なお、電解質塩の濃度は、従来のリチウム二次電池で使用される非水電解液と同様でよく、特に制限はない。本実施形態では、適当なリチウム化合物 (電解質塩) を $0.8 \sim 1.5 \text{ mol/L}$ 程度の濃度で含有させた非水電解液を使用することができる。

10

【0058】

また、有機溶媒としては、例えば、プロピレンカーボネート (*propylene carbonate*)、エチレンカーボネート (*ethylene carbonate*)、ブチレンカーボネート (*ethylene carbonate*)、クロロエチレンカーボネート (*chloroethylene carbonate*)、ビニレンカーボネート (*vinylene carbonate*) 等の環状炭酸エステル (*ester*) 類； γ -ブチロラクトン (*butyrolactone*)、 γ -バレロラクトン (*valerolactone*) 等の環状エステル類；ジメチルカーボネート (*dimethyl carbonate*)、ジエチルカーボネート (*diethyl carbonate*)、エチルメチルカーボネート (*ethyl methyl carbonate*) 等の鎖状カーボネート類；ギ酸メチル (*methyl formate*)、酢酸メチル (*methyl acetate*)、酪酸メチル (*butyric acid methyl*)、酢酸エチル (*ethyl acetate*)、プロピオン酸エチル (*ethyl propionate*) 等の鎖状エステル類；テトラヒドロフラン (*Tetrahydrofuran*) またはその誘導体；1, 3-ジオキサン (*dioxane*)、1, 4-ジオキサン (*dioxane*)、1, 2-ジメトキシエタン (*dimethoxyethane*)、1, 4-ジブトキシエタン (*dibutoxyethane*)、メチルジグリム (*methyl diglyme*) 等のエーテル (*ether*) 類；アセトニトリル (*acetonitrile*)、ベンゾニトリル (*benzonitrile*) 等のニトリル (*nitrile*) 類；ジオキソラン (*Dioxolane*) またはその誘導体；エチレンスルフィド (*ethylene sulfide*)、スルホラン (*sulfolane*)、スルトン (*sultone*) またはその誘導体等の単独またはそれら2種以上の混合物等を挙げることができるが、これらに限定されるものではない。非水電解質溶液は、セパレータ30に含浸される。なお、上記の各電極には、公知の導電助剤、添加剤等を適宜加えてもよい。

20

30

40

【0059】

(外装材の構成)

外装材の構成は特に制限されず、非水電解質二次電池に適用可能なものであれば本実施形態でも好適に使用可能である。例えば、外装材は、アルミラミネート等のラミネートであってもよい。外装材がラミネートとなる場合、外装材は巻回素子1aの形状変化を抑制しにくい。したがって、本実施形態による効果が特に顕著に現れる。

【0060】

<3. 非水電解質リチウムイオン二次電池の製造方法>

50

次に、非水電解質リチウムイオン二次電池の製造方法について説明する。

（帯状正極の作製及び集電タブの取り付け）

正極 10 は、例えば、以下の方法により作製される。すなわち、正極活物質層 12 の材料を有機溶剤または水に分散させることで正極合剤スラリーを形成し、この正極合剤スラリーを正極集電体 11 上に塗工する。これにより、塗工層が形成される。ここで、正極合剤スラリーは、正極集電体 11 の長さ方向の先端には塗布しない。すなわち、正極集電体 11 の長さ方向の先端に未塗布部を形成する。また、正極合剤スラリーは、切り欠き部 12 a、12 b には塗工しない。なお、切り欠き部 12 a、12 b にも正極合剤スラリーを塗工しても良いが、他の部分よりも塗工層が薄くなる。ついで、塗工層を乾燥する。ついで、乾燥した塗工層を正極集電体 11 とともに圧延する。その後、正極集電体 11 の未塗布部に正極集電タブ 13 を溶接する。これにより、正極 10 が作製される。

10

【0061】

（帯状負極の作製及び集電タブの取り付け）

【0062】

負極 20 は、例えば、以下の方法により作製される。まず、負極活物質および結着剤を所望の割合で混合したものを、有機溶媒（例えば N-メチル-2-ピロリドン）に分散させることで負極合剤スラリーを形成する。次に、負極合剤スラリーを負極集電体 21 上に形成（例えば塗工）することで、塗工層を形成する。ここで、正極合剤スラリーは、負極集電体 21 の長さ方向の先端には塗布しない。すなわち、負極集電体 21 の長さ方向の先端に未塗布部を形成する。ついで、塗工層を乾燥する。ついで、乾燥した塗工層を負極集電体 21 とともに圧延する。その後、負極集電体 21 の未塗布部に負極集電タブ 23 を溶接する。これにより、負極 20 が作製される。

20

【0063】

（巻回素子及び電池の製造方法）

ついで、負極 20、セパレータ 30、正極 10、及びセパレータ 30 をこの順で積層することで電極積層体を作製する。ついで、電極積層体を巻き芯に巻きつけることで、円筒状の巻回素子を作製する。ついで、円筒状の巻回素子をプレスする（接着層が存在する場合にはヒートプレスを行うことが好ましい）。ヒートプレスの条件は特に制限されないが、例えば、温度は 25～150℃、圧力は 10～100 kgf/cm² であることが好ましい。加熱を伴わない場合であっても、プレスの圧力は 10～100 kgf/cm² であることが好ましい。

30

【0064】

これにより、扁平状の巻回素子 1a を作製する。なお、正極集電タブ 13、負極集電タブ 23 に対向する位置には切り欠き部 12 a、12 b が配置されている。したがって、これらの切り欠き部 12 a、12 b によって正極集電タブ 13、負極集電タブ 23 の厚さが吸収（相殺）される。したがって、巻回素子 1a のうち、正極集電タブ 13、負極集電タブ 23 が形成された部分と、他の部分との厚さの差を低減することができる。すなわち、巻回素子 1a の厚さをより均一にすることができる。この結果、リチウムイオン二次電池 1 内のひずみ、座屈を抑制することができ、ひいては、リチウムイオン二次電池 1 の膨張を抑えることができる。この結果、リチウムイオン二次電池 1 のサイクル特性の改善が期待できる。

40

【0065】

ついで、巻回素子 1a を非水電解液とともに外装体（例えばラミネートフィルム）に挿入し、外装体を封止することで、リチウムイオン二次電池 1 を作製する。なお、外装体を封止する際には、正極集電タブ 13、負極集電タブ 23 を外装体の外部に突出させる。

【0066】

< 4. 変形例 >

図 3 に本実施形態の変形例を示す。この変形例では、正極集電タブ 13 が切り欠き部 12 a 内に設けられる。この変形例でも上述した実施形態と同様の効果が得られる。なお、図 3 では未塗布部が形成されているが、この変形例では、未塗布部はなくてもよい。また

50

、本変形例では、切り欠き部 1 2 a 内に正極集電タブ 1 3 が形成されるので、切り欠き部 1 2 a の裏面側に正極活物質層 1 2 が存在する場合、正極集電タブ 1 3 を切り欠き部 1 2 a 内に溶接できない場合がある。その一方、切り欠き部 1 2 a の裏面側に正極活物質層 1 2 を形成しないと、この部分が新たな切り欠き部となる。このため、切り欠き部の総深さが正極集電タブ 1 3 の厚さを超える場合がある。この場合、巻回素子 1 a の厚さが不均一になってしまう。そこで、本変形例では、切り欠き部 1 2 a の裏面側に正極活物質層 1 2 の代わりにスペーサを配置してもよい。スペーサの幅は切り欠き部 1 2 a の幅と略同一であることが好ましい。スペーサの厚さは、裏面側の正極活物質層 1 2 の厚さと異なっても良いが、裏面側の正極活物質層 1 2 の厚さと略同一であることが好ましい。スペーサは、例えば正極集電タブ 1 3 と同じ材料で構成されればよい。

10

【実施例】

【0067】

(実施例 1)

(正極の作製)

コバルト酸リチウム、アセチレンブラック、ポリフッ化ビニリデン (P V D F) を固形分の質量比 9 6 : 2 : 2 で乾式混合することで正極合剤を作成し、この正極合剤を N - メチルピロリドン中に溶解分散させることで正極合剤スラリーを作製した。ついで、厚さ 1 2 μ m のアルミ箔集電体を正極集電体 1 1 として用意し、正極集電体 1 1 のうち、切り欠き部 1 2 a 、 1 2 b となる部分を特定した。そして、正極合剤スラリーを正極集電体 1 1 の両面に塗工することで、塗工層を作製した。ここで、切り欠き部 1 2 a 、 1 2 b には正極合剤スラリーを塗工しなかった。また、正極集電体 1 1 の長さ方向の先端にも正極合剤スラリーを塗工しなかった。

20

【0068】

ついで、塗工層を乾燥し、乾燥した塗工層を正極集電体 1 1 とともに圧延した。ついで、正極集電体 1 1 の未塗布部に正極集電タブ 1 3 を超音波溶接した。正極集電タブ 1 3 は、幅 3 mm、厚さ 6 0 μ m の A 1 板とした。以上の工程により正極 1 0 を作製した。なお、正極活物質層 1 2 の面密度及び充填密度は、正極集電体 1 1 の両面に正極活物質層 1 2 が形成されている部分で 4 5 m g / c m²、及び 3 . 9 5 g / c c であった。また、正極活物質層 1 2 の厚さは、正極集電体 1 1 の片面あたり 5 7 μ m であった。切り欠き部 1 2 a 、 1 2 b の幅は 5 mm、深さは 5 7 μ m であった。

30

【0069】

(負極の作製)

炭素材 (人造黒鉛)、C M C (カルボキシメチルセルロースナトリウム)、及び S B R (スチレンブタジエンゴム) を 9 8 : 1 : 1 の質量比で混合することで負極合剤を作製した。ついで、負極合剤を溶媒である水に分散させることで、負極合剤スラリーを得た。ついで、この負極合剤スラリーを、負極集電体 2 1 としての厚み 6 μ m の銅箔の両面に塗工することで、塗工層を作製した。ここで、負極集電体 2 1 の長さ方向の先端には負極合剤スラリーを塗工しなかった。ついで、塗工層を乾燥し、乾燥した塗工層を負極集電体 2 1 とともに圧延した。

40

【0070】

ついで、負極集電体 2 1 の未塗布部に負極集電タブ 2 3 を超音波溶接した。負極集電タブ 2 3 は、幅 3 mm、厚さ 7 0 μ m の N i 板とした。以上の工程により負極 2 0 を作製した。負極集電体 2 1 上の負極活物質層 2 2 の面密度及び充填密度は、負極集電体 2 1 の両面に負極活物質層 2 2 が形成されている部分で 2 3 m g / c m²、1 . 6 5 g / c c であった。

【0071】

(セパレータの作製)

ポリフッ化ビニリデン (K F 9 3 0 0 ; クレハ製) を N - メチル - 2 - ピロリドンに対して 5 質量% となるように加え、攪拌して完全に溶解させた。次にディップコータを用いて厚さ 9 マイクロメートルのポリエチレン製微多孔膜上の両面に塗布し、水浴で凝固させた

50

後、乾燥させることで両面にポリフッ化ビニリデン（P V D F）からなる層を備えるセパレータ 3 0 を得た。乾燥後のセパレータ 3 0 の膜厚は $12\ \mu\text{m}$ であった。

【0072】

（二次電池の製造）

以上のようにして作製した正極 1 0、負極 2 0 及びセパレータ 3 0 を、負極 2 0、セパレータ 3 0、正極 1 0、及びセパレータ 3 0 の順で積層することで、電極積層体を作製した。ついで、電極積層体を直径 3 c m の巻き芯に巻きつけた。巻回方向は電極積層体の長さ方向とした。これにより、円筒状の巻回素子を作製した。巻回素子の端部をテープにて固定した後、巻き芯を取り除いた。ついで、巻回素子を厚さ 3 c m の 2 枚の金属プレート間に挟むことで、巻回素子を押しつぶした。これにより、巻回素子 1 a を得た。巻回素子 1 a を目視で観察したところ、切り欠き部 1 2 a、1 2 b は正極集電タブ 1 3、負極集電タブ 2 3 に対向する位置に配置されていた。

10

【0073】

ついで、巻回素子 1 a をポリプロピレン／アルミ／ナイロンの 3 層からなる厚み $120\ \mu\text{m}$ のラミネートフィルムからなる外装材に挿入し、正極集電タブ 1 3、負極集電タブ 2 3 を熱融着により外装材に取り出した。ついで、巻回素子 1 a を収容した外装部材内に、エチレンカーボネートとジエチルカーボネートとをエチレンカーボネート：ジエチルカーボネート＝3：7 の質量比で混合した溶媒に 1. 2 m o l / l の割合で六フッ化リン酸リチウムを溶解させた電解液を注入し、減圧下で外装材の残りの 1 辺を熱融着して減圧封止した。これを金属板間で 80°C 3 分間加熱することで、実施例に係るリチウムイオン二次電池 1 を得た。

20

【0074】

（特性評価）

以上のようにして作製した非水二次電池を用いて充放電サイクル試験を行った。1 サイクル目のみ $0.2\ \text{C}$ で定電流定電圧充電（C C - C V）、 $4.35\ \text{V}$ で $0.05\ \text{C}$ カットオフで充電し、放電は定電流放電（C C）、 $0.5\ \text{C}$ で $3.5\ \text{V}$ カットオフとした。2 サイクル目以降は、充電、放電ともに $0.7\ \text{C}$ として同様な方法で充放電試験を行った。一方、サイクル試験中のリチウムイオン二次電池 1 の厚さを、リチウムイオン二次電池 1 に平板金属板を $30\ \text{g} / \text{cm}^2$ の力で押しあてることで測定した。厚さの測定は、1 サイクル後、100 サイクル後、200 サイクル後、300 サイクル後、400 サイクル後、500 サイクル後に行った。評価結果を表 1 にまとめて示す。

30

【0075】

（実施例 2）

切り欠き部 1 2 a 内に正極集電タブ 1 3 を溶接した他は、実施例 1 と同様の処理を行った。なお、実施例 2 では、切り欠き部 1 2 a の裏面側に正極活物質層 1 2 の代わりにスペーサを配置した。スペーサの幅は切り欠き部 1 2 a の幅と同一とし、厚さは正極集電体 1 1 の片面あたりの厚さと同じとした。スペーサの材質は A 1 とした。評価結果を表 1 にまとめて示す。

【0076】

（比較例）

切り欠き部 1 2 a、1 2 b を設けなかった他は実施例 1 と同様の処理を行った。評価結果を表 1 にまとめて示す。

40

【0077】

【表 1】

(表 1)

	1cyc	100cyc	200cyc	300cyc	400cyc	500cyc
比較例	4.114	4.195	4.271	4.296	4.301	4.395
実施例 1	4.045	4.155	4.174	4.190	4.211	4.256
実施例 2	4.051	4.160	4.185	4.201	4.236	4.268

(単位 ; mm)

【0078】

実施例 1、2、及び比較例の厚さの増加量を比較すると、実施例 1、2 の厚さの増加量は、比較例よりも小さくなった。例えば、300 サイクル時の厚さを比較すると、比較例の 300 サイクル時の厚さは、1 サイクル時の厚さに対して 0.182 mm 増加していた。これに対し、実施例 1 の 300 サイクル時の厚さは、1 サイクル時の厚さに対して 0.145 mm 増加していた。実施例 2 の 300 サイクル時の厚さは、1 サイクル時の厚さに対して 0.150 mm 増加していた。このように、実施例 1、2 は、比較例よりもリチウムイオン二次電池 1 の膨張を抑制することができた。したがって、実施例 1、2 では、巻回素子 1a 内の電極の座屈、ゆがみも抑制されていると推定される。

10

【0079】

以上により、本実施形態によれば、切り欠き部 12a、12b によって正極集電タブ 13、負極集電タブ 23 の厚さを吸収することができるので、巻回素子 1a の厚さをより均一にすることができる。この結果、リチウムイオン二次電池 1 内の電極の座屈、ゆがみを抑制することができ、ひいては、リチウムイオン二次電池 1 の膨張を抑制することができる。さらに、切り欠き部 12a、12b によって正極集電タブ 13、負極集電タブ 23 の厚さを吸収することができるので、巻回素子 1a の厚さ（具体的には、正極集電タブ 13、負極集電タブ 23 が形成される部分の厚さ）が薄くなる。このため、リチウムイオン二次電池 1 の体積エネルギー密度が向上することも期待できる。

20

【0080】

以上、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施形態について詳細に説明したが、本発明はかかる例に限定されない。本発明の属する技術の分野における通常の知識を有する者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、これらについても、当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

30

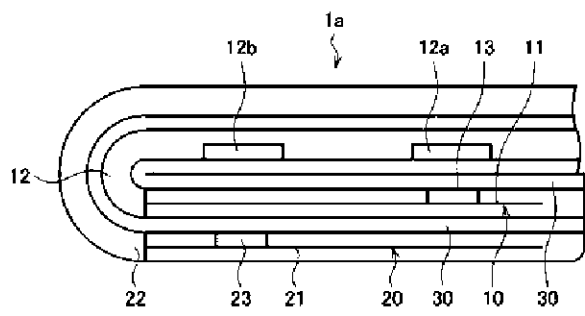
【符号の説明】

【0081】

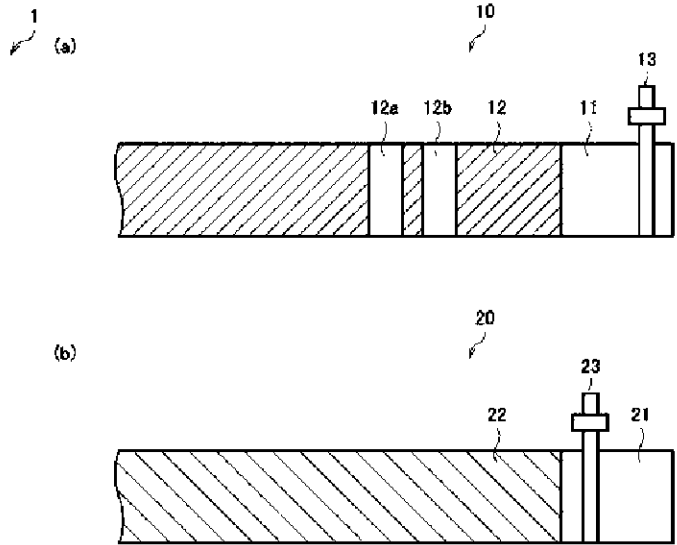
- 1 リチウムイオン二次電池
- 1a 巻回素子
- 10 正極
- 11 正極集電体
- 12 正極活物質層
- 12a、12b 切り欠き部
- 13 正極集電タブ
- 20 負極
- 21 負極集電体
- 22 負極活物質層
- 23 負極集電タブ

40

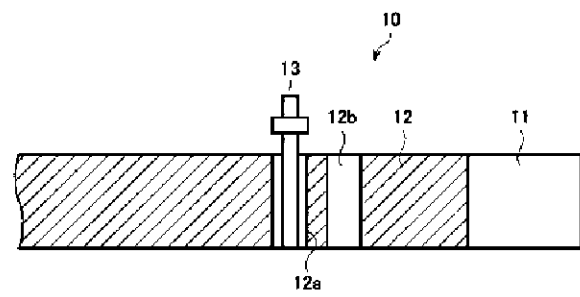
【図 1】



【図 2】



【図 3】



フロントページの続き

(72)発明者 高野 靖男

神奈川県横浜市鶴見区菅沢町２－７ 株式会社サムスン日本研究所内

Fターム(参考) 5H011 AA09 CC10 EE04 KK01

5H029 AJ05 AJ14 AK01 AK02 AK03 AK05 AL02 AL07 AL11 AL12

BJ04 BJ14 DJ05 HJ04 HJ12

5H043 AA11 AA19 BA19 CA08 CA12 EA06 LA02E LA21E

5H050 AA07 AA19 BA16 BA17 CA01 CA02 CA08 CA09 CA11 CB02

CB08 CB11 CB12 DA20 FA05 HA04 HA12