with the tab portion and the container, it is possible to cause the electrolyte solution filled from the electrolyte solution filling opening to immediately reach the tab portion.

[0013] In the energy storage device according to an aspect of the present invention, the electrode assembly may be formed by winding the electrode and the electrolyte solution filling opening may be formed in the wall portion of the container and positioned in a direction of a winding axis of the electrode assembly.

[0014] With this structure, the electrolyte solution filling opening is disposed in the wall portion positioned in the direction of the winding axis of the electrode assembly. Therefore, the electrolyte solution can penetrate the inside of the electrode assembly from the tab portion and the electrolyte solution accumulating on a bottom of the container (on a wall portion facing the wall portion provided with the electrolyte solution filling opening) can penetrate the inside of the electrode assembly from an end portion on an opposite side from the tab portion in the direction of the winding axis.

Advantages of the Invention

[0015] According to the present invention, it is possible to provide the energy storage device including the electrode assembly and the container for housing the electrode assembly, in which the electrolyte solution filled from the electrolyte solution filling opening formed in the container can efficiently penetrate the electrode assembly.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0016] FIG. **1**: A perspective view illustrating an external appearance of an energy storage device according to an embodiment.

[0017] FIG. **2**: An exploded perspective view of the energy storage device according to the embodiment.

[0018] FIG. **3**: An exploded perspective view of a lid plate structure according to the embodiment.

[0019] FIG. **4**: A perspective view illustrating a structure of an electrode assembly according to the embodiment.

[0020] FIG. **5**: A perspective view illustrating an electrolyte solution filling opening and a structure around the opening according to the embodiment.

[0021] FIG. **6**: An exploded perspective view illustrating the electrolyte solution filling opening and the structure around the opening according to the embodiment.

[0022] FIG. **7**: A sectional schematic diagram illustrating an upper end portion of the electrode assembly and a structure around the portion according to the embodiment.

MODES FOR CARRYING OUT THE INVENTION

[0023] With reference to the drawings, an energy storage device according to an embodiment of the present invention will be described below. The respective drawings are schematic diagrams and are not necessarily accurate depictions.

[0024] The embodiment described below shows a specific example of the present invention. Shapes, materials, components, disposed positions and manners of connection of the components, an order of manufacturing steps, and the like shown in the following embodiment are merely examples and not intended to limit the present invention. Out of the components in the following embodiment, those which are not described in independent claims describing the most generic concept will be described as optional components.

[0025] First, by using FIGS. **1** to **3**, an energy storage device **10** according to the embodiment will be described generally.

[0026] FIG. **1** is a perspective view illustrating an external appearance of an energy storage device **10** according to the embodiment. FIG. **2** is an exploded perspective view of the energy storage device **10** according to the embodiment. FIG. **3** is an exploded perspective view of a lid plate structure **180** according to the embodiment. In FIG. **3**, a positive electrode lead plate **145** and a negative electrode lead plate **155** to be joined to a positive electrode current collector **140** and a negative electrode current collector **150**, respectively, provided to the lid plate structure **180** are illustrated in dotted lines.

[0027] Although a Z-axis direction is described as a vertical direction in FIG. **1** and succeeding diagrams for the convenience of explanation, the Z-axis is not necessarily in the vertical direction in actual manners of use.

[0028] The energy storage device **10** is a secondary battery which can be recharged and can discharge an electric current, and more specifically a nonaqueous electrolyte secondary battery such as a lithium ion secondary battery. The energy storage device **10** is applied to an electric vehicle (EV), a hybrid electric vehicle (HEV) or a plug-in hybrid electric vehicle (PHEV), for example. The energy storage device **10** is not limited to the nonaqueous secondary battery but may be a secondary battery other than a nonaqueous secondary battery, or a capacitor.

[0029] As illustrated in FIGS. **1** and **2**, the energy storage device **10** includes an electrode assembly **400** and a container **100** for housing the electrode assembly **400**. In the embodiment, a lid plate structure **180** formed by disposing various elements on a lid plate **110** of the container **100** is disposed above the electrode assembly **400**.

[0030] The lid plate structure **180** includes the lid plate **110** of the container **100**, a positive electrode terminal **200**, a negative electrode terminal **300**, upper insulating members **125** and **135**, lower insulating members **120** and **130**, and the positive electrode current collector **140**, and the negative electrode current collector **150**.

[0031] The positive electrode terminal **200** is electrically connected to a positive electrode of the electrode assembly **400** by the positive electrode current collector **140**. The negative electrode terminal **300** is electrically connected to a negative electrode of the electrode assembly **400** by the negative electrode current collector **150**. The respective conductive members such as the positive electrode terminal **200** electrically connected to the electrode assembly **400** are insulated from the container **100** by the insulating members such as the lower insulating member **120**.

[0032] Each of the upper insulating members **125** and **135** and the lower insulating members **120** and **130** is an insulating member at least a part of which is disposed between a wall portion of the container **100** and the conductive member. In the present embodiment, the respective insulating members are disposed along the lid plate **110** forming an upper wall portion out of six wall portions forming the container **100** having a substantially rectangular parallelepiped outer shape.

[0033] In addition to the above structure, the energy storage device **10** according to the present embodiment

Zhuhai CosMX Battery Co. EX1002 (3 of 4)
0481
Zhuhai CosMX Battery Co. v. Ningde Amperex Tech. Ltd.

includes an upper spacer **500** and a shock-absorbing sheet **600** disposed between the lid plate structure **180** and the electrode assembly **400**.

[0034] The upper spacer **500** is disposed between an end portion of the electrode assembly **400** provided with tab portions **410** and **420** and the lid plate **110**. The upper spacer **500** has locked portions **510** to be locked to portions of the lid plate structure **180**. In other words, the upper spacer **500** has the locked portions **510** to get caught on the portions of the lid plate structure **180**.

[0035] Specifically, the entire upper spacer **500** is in a flat plate shape and has the two locked portions **510** and two opening portions **520** thorough which the tab portions **410** and **420** are inserted (through which the tab portions **410** and **420** pass). In the present embodiment, the opening portions **520** are formed in notch shapes in the upper spacer **500**. The upper spacer **500** is made of material such as polycarbonate (PC), polypropylene (PP), polyethylene (PE), and polyphenylene sulfide resin (PPS) having an insulation property.

[0036] The upper spacer **500** serves as a member for directly or indirectly restricting upward movement of the electrode assembly **400** (toward the lid plate **110**) or a member for preventing a short circuit between the lid plate structure **180** and the electrode assembly **400**, for example. The upper spacer **500** has the two locked portions **510** and each of the two locked portions **510** is locked to a mounting portion **122** or **132** provided to the lid plate structure **180**.

[0037] The shock-absorbing sheet **600** is a member which is made of highly-flexible and porous material such as foamed polyethylene, and serves as a shock-absorbing member between the electrode assembly **400** and the upper spacer **500**. Similarly to the upper spacer **500**, the shock-absorbing sheet **600** has two opening portions **620** through which the tab portions **410** and **420** are inserted (through which the tab portions **410** and **420** pass). The opening portions **620** are formed in notch shapes in the shock-absorbing sheet **600** in the present embodiment.

[0038] In the present embodiment, side spacers **700** are disposed between side faces of the electrode assembly **400** in a direction intersecting the direction (z-axis direction) in which the electrode assembly **400** and the lid plate **110** are arranged (opposite faces in an X-axis direction in the present embodiment) and an inner surface of the container **100**. The side spacers **700** perform a function of restricting a position of the electrode assembly **400**, for example. Similarly to the upper spacer **500**, the side spacers **700** are made of material such as PC, PP, PE, and PPS having an insulation property, for example.

[0039] In addition to the components illustrated in FIGS. **1** to **3**, the energy storage device **10** may include other components such as an insulating film for wrapping the electrode assembly **400** and a shock-absorbing sheet disposed between the electrode assembly **400** and a bottom face of the container **100** (main body **111**). Electrolyte solution (nonaqueous electrolyte solution) is sealed in the container **100** of the energy storage device **10**, though the electrolyte solution is not illustrated.

[0040] The container **100** is formed by the main body **111** in a rectangular cylindrical shape with a bottom and the lid plate **110** which is a plate-shaped member for closing an opening of the main body **111**. The entire container **100** is in a rectangular parallelepiped shape and formed by the six wall portions as described above. Specifically, the container **100** includes the upper wall portion formed by the lid plate **110**, the lower wall portion facing the upper wall portion, and the four side wall portions connecting the upper wall portion and the lower wall portion. In other words, the main body **111** forms the lower wall portion and the four side wall portions.

[0041] An inside of the container **100** can be sealed by welding the lid plate **110** and the main body **111** to each other after the electrode assembly **400** and the like are housed into the container **100**. Although material of the lid plate **110** and the main body **111** are not particularly limited, weldable metal such as stainless steel, aluminum, aluminum alloys is preferable.

[0042] As illustrated in FIGS. **2** and **3**, the lid plate **110** is provided with a safety valve **170**, an electrolyte solution filling opening **117**, through holes **110***a* and **110***b*, and two bulging portions **160**. The safety valve **170** has a function of releasing gas inside the container **100** by opening when internal pressure of the container **100** increases.

[0043] The electrolyte solution filling opening **117** is a through hole from which the electrolyte solution is to be filled during manufacture of the energy storage device **10**. As illustrated in FIGS. **1** to **3**, an electrolyte solution filling plug **118** is disposed on the lid plate **110** to close the electrolyte solution filling opening **117**. By filling the electrolyte solution into the container **100** from the electrolyte solution filling opening **117** and welding the electrolyte solution filling plug **118** to the lid plate **110** to close the electrolyte solution filling opening **117** during the manufacture of the energy storage device **10**, the electrolyte solution is housed into the container **100**. The electrolyte solution to be filled into the container **100** is not particularly limited and various kinds of electrolyte solution can be selected, as long as the electrolyte solution does not impair performance of the energy storage device **10**. Moreover, by filling the electrolyte solution after reducing the pressure inside the container **100**, for example, in filling the electrolyte solution from the electrolyte solution filling opening **117**, it is possible to efficiently fill a necessary amount of electrolyte solution into the container **100**.

[0044] Structural features of the electrolyte solution filling opening **117** formed in the energy storage device **10** according to the present embodiment will be described later by using FIGS. **5** to **7**.

[0045] In the present embodiment, each of the two bulging portions **160** is provided to the lid plate **110** by forming portions of the lid plate **110** into bulging shapes and used for positioning of the upper insulating member **125** or **135**, for example. A recessed portion (not shown) which is recessed upward is formed on a back side (side facing the electrode assembly **400**) of the bulging portion **160** and an engaged portion **120***b* or **130***b* of the lower insulating member **120** or **130** is engaged with a portion of the recessed portion. In this way, the lower insulating members **120** and **130** are positioned and fixed to the lid plate **110** in this state.

[0046] The upper insulating member **125** is a member for electrically insulating the positive electrode terminal **200** and the lid plate **110** from each other and the lower insulating member **120** is a member for electrically insulating the positive electrode current collector **140** and the lid plate **110** from each other. The upper insulating member **135** is a member for electrically insulating the negative electrode terminal **300** and the lid plate **110** from each other and the lower insulating member **130** is a member for electrically insulating the negative electrode current collector **150** and

the lid plate **110** from each other. The upper insulating members **125** and **135** are referred to as "upper packing", and the lower insulating members **120** and **130** are referred to as "lower packing", for example, in some cases. In other words, in the present embodiment, the upper insulating members **125** and **135** and the lower insulating members **120** and **130** also have functions of providing sealing between the electrode terminal (**200** or **300**) and the container **100**.

[0047] The upper insulating members **125** and **135** and the lower insulating members **120** and **130** are made of material such as PC, PP, PE, and PPS having an insulation property similarly to the upper spacer **500**, for example. At a position directly below the electrolyte solution filling opening **117** of the lower insulating member **120**, a through hole **121** for guiding the electrolyte solution filled from the electrolyte solution filling opening **117** toward the electrode assembly **400** is formed.

[0048] The positive electrode terminal **200** is an electrode terminal electrically connected to the positive electrode of the electrode assembly **400** by the positive electrode current collector **140** and the negative electrode terminal **300** is the electrode terminal electrically connected to the negative electrode of the electrode assembly **400** by the negative electrode current collector **150**. In other words, the positive electrode terminal **200** and the negative electrode terminal **300** are metal electrode terminals for leading electricity stored in the electrode assembly **400** out into a space outside the energy storage device **10** and leading electricity into a space inside the energy storage device **10** to store the electricity in the electrode assembly **400**. The positive electrode terminal **200** and the negative electrode terminal **300** are made of aluminum, an aluminum alloy, or the like.

[0049] The positive electrode terminal **200** is provided with a fastening portion **210** for fastening the container **100** and the positive electrode current collector **140** to each other and the negative electrode terminal **300** is provided with a fastening portion **310** for fastening the container **100** and the negative electrode current collector **150** to each other.

[0050] The fastening portion **210** is a member (rivet) formed to extend downward from the positive electrode terminal **200** and inserted through a through hole **140***a* in the positive electrode current collector **140** and swaged. To put it concretely, the fastening portion **210** is inserted through a through hole **125***a* in the upper insulating member **125**, the through hole **110***a* in the lid plate **110**, a through hole **120***a* in the lower insulating member **120**, and the through hole **140***a* in the positive electrode current collector **140** and swaged. In this way, the positive electrode terminal **200** and the positive electrode current collector **140** are electrically connected and the positive electrode current collector **140** is fixed to the lid plate **110** together with the positive electrode terminal **200**, the upper insulating member **125**, and the lower insulating member **120**.

[0051] The fastening portion **310** is a member (rivet) formed to extend downward from the negative electrode terminal **300** and inserted through a through hole **150***a* in the negative electrode current collector **150** and swaged. To put it concretely, the fastening portion **310** is inserted through a through hole **135***a* in the upper insulating member **135**, the through hole **110***b* in the lid plate **110**, a through hole **130***a* in the lower insulating member **130**, and the through hole **150***a* in the negative electrode current collector **150** and swaged. In this way, the negative electrode terminal **300** and the negative electrode current collector **150** are electrically connected and the negative electrode current collector **150** is fixed to the lid plate **110** together with the negative electrode terminal **300**, the upper insulating member **135**, and the lower insulating member **130**.

[0052] The fastening portion **210** may be formed integrally with the positive electrode terminal **200** or the fastening portion **210** formed as a separate part from the positive electrode terminal **200** may be fixed to the positive electrode terminal **200** by a method such as swaging and welding. This holds true for a relationship between the fastening portion **310** and the negative electrode terminal **300**.

[0053] The positive electrode current collector **140** is the member disposed between the electrode assembly **400** and the container **100** to electrically connect the electrode assembly **400** and the positive electrode terminal **200**. The positive electrode current collector **140** is made of aluminum, an aluminum alloy, or the like. In the present embodiment, the positive electrode current collector **140** is electrically connected to the positive tab portion **410** of the electrode assembly **400** by the positive electrode lead plate **145**.

[0054] The negative electrode current collector **150** is the member disposed between the electrode assembly **400** and the container **100** to electrically connect the electrode assembly **400** and the negative electrode terminal **300**. The negative electrode current collector **150** is made of copper, a copper alloy, or the like. In the present embodiment, the negative electrode current collector **150** is electrically connected to the negative tab portion **420** of the electrode assembly **400** by the negative electrode lead plate **155**.

[0055] Details of connection portions between the current collectors and the tab portions by the lead plates will be described later by using FIG. **7**.

[0056] Next, a structure of the electrode assembly **400** will be described by using FIG. **4**. FIG. **4** is a perspective view illustrating the structure of the electrode assembly **400** according to the embodiment. FIG. **4** illustrates a wound state of the electrode assembly **400** in a partially developed manner.

[0057] The electrode assembly **400** is a power generating element which can store electricity and formed by alternately layering and winding the positive electrode **450**, the negative electrode **460**, separators **470***a*, and **470***b*. In other words, the electrode assembly **400** is formed by layering the positive electrode **450**, the separator **470***a*, the negative electrode **460**, and the separator **470***b* in this order and winding them to obtain an elongated circular section.

[0058] The positive electrode **450** is an electrode plate formed by forming a positive active material layer on a surface of a positive substrate layer which is a long band-shaped sheet of metal foil made of aluminum, an aluminum alloy, or the like. As positive active material used for the positive active material layer, known material can be used suitably, if the positive active material can store and release lithium ions. For example, as the positive active material, it is possible to use lithium-transition metal oxide or the like, e.g., a polyanion compound such as $LiMPO_4$, $LiMSiO_4$, $LiMBO_3$ (M represents one or more transition metal elements selected from Fe, Ni, Mn, Co, and the like), a spinel compound such as lithium titanate and lithium manganate, and $LiMO_2$ (M represents one or more transition metal elements selected from Fe, Ni, Mn, Co, and the like).

[0059] The negative electrode **460** is an electrode plate formed by forming a negative active material layer on a surface of a negative substrate layer which is a long band-shaped sheet of metal foil made of copper, a copper alloy, or the like. As negative active material used for the negative active material layer, known material can be used suitably, if the negative active material can store and release lithium ions. For example, as the negative active material, it is possible to use an alloy, carbon material (e.g., graphite, hardly graphitizable carbon, easily graphitizable carbon, low-temperature sintered carbon, and amorphous carbon), metal oxide, lithium metal oxide ($Li_4Ti_5O_{12}$ or the like), polyphosphate compound, and the like, which can store and release lithium, besides lithium metal and a lithium alloy (a lithium metal containing alloy such as a lithium-aluminum, lithium-lead, lithium-tin, lithium-aluminum-tin, lithium-gallium, or wood's alloy).

[0060] The separators **470***a* and **470***b* are microporous sheets made of resin. As material of the separators **470***a* and **470***b* used for the energy storage device **10**, known material can be used suitably, as long as the material does not impair performance of the energy storage device **10**.

[0061] The positive electrode **450** has a plurality of protruding portions **411** protruding outward from one end in a direction of a winding axis. Similarly, the negative electrode **460** has a plurality of protruding portions **421** protruding outward from one end in the direction of the winding axis. The plurality of protruding portions **411** and the plurality of protruding portions **421** are portions (active material uncoated portions) which are not coated with the active material and on which substrate layers are exposed.

[0062] The winding axis refers to an imaginary axis which serves as a central axis when the positive electrode **450**, the negative electrode **460**, and the like are wound and is a straight line parallel to a direction of the Z-axis passing through a center of the electrode assembly **400** in the present embodiment.

[0063] The plurality of protruding portions **411** and the plurality of protruding portions **421** are disposed at the ends on the same side in the direction of the winding axis (ends on a positive side in the z-axis direction in FIG. **4**) and layered at predetermined positions of the electrode assembly **400** when the positive electrode **450** and the negative electrode **460** are layered. To put it concretely, the plurality of protruding portions **411** are layered at the predetermined position in a circumferential direction at the one end in the direction of the winding axis when the positive electrode **450** is layered by winding. The plurality of protruding portions **421** are layered at the predetermined position in a circumferential direction, which is different from the layered position of the plurality of protruding portions **411**, at the one end in the direction of the winding axis when the negative electrode **460** is layered by winding.

[0064] As a result, the tab portion **410** formed by layering the plurality of protruding portions **411** and the tab portion **420** formed by layering the plurality of protruding portions **421** are formed on the electrode assembly **400**. The tab portion **410** is gathered toward a center in a layered direction, for example, and joined to the positive electrode lead plate **145** by ultrasonic welding, for example. The tab portion **420** is gathered toward the center in the layered direction, for example, and joined to the negative electrode lead plate **155** by ultrasonic welding, for example. The positive electrode lead plate **145** joined to the tab portion **410** is joined to the positive electrode current collector **140** and the negative electrode lead plate **155** joined to the tab portion **420** is joined to the negative electrode current collector **150**.

[0065] The tab portions (**410**, **420**) are portions through which electricity is lead into and out of the electrode assembly **400** and may be given other names such as "leads/lead portions" and "current collecting portions" in some cases.

[0066] Here, the tab portion **410** is formed by layering the protruding portions **411**, where the substrate layer is exposed, and therefore does not contribute to power generation. Similarly, the tab portion **420** is formed by layering the protruding portions **421**, where the substrate layer is exposed, and therefore does not contribute to the power generation. On the other hand, a portion of the electrode assembly **400** excluding the tab portions **410** and **420** is formed by layering portions formed by coating the substrate layers with the active material and therefore contributes to the power generation. This portion will be hereinafter referred to as the "power generating portion **430**". In other words, in the present embodiment, it can be said that the tab portions **410** and **420** protrude from portions of an end portion of the power generating portion **430** which is a main assembly portion of the electrode assembly **400**.

[0067] Next, structural features of the electrolyte solution filling opening **117** provided to the energy storage device **10** according to the present embodiment will be described by using FIGS. **5** to **7**.

[0068] FIG. **5** is a perspective view illustrating the electrolyte solution filling opening **117** and a structure around the opening **117** according to the embodiment and FIG. **6** is an exploded perspective view illustrating the electrolyte solution filling opening **117** and the structure around the opening according **117** according to the embodiment. In FIG. **5**, in order to illustrate a structure from the electrolyte solution filling opening **117** to the tab portion **410** in the container **100**, components other than the electrode assembly **400** are cut along a Y-Z plane passing through the electrolyte solution filling opening **117** and only portions of the components on a back side (a negative side in the X-axis direction) of the section are illustrated. FIG. **6** illustrates only a portion of the energy storage device **10** on a side of the positive electrode terminal **200** where the electrolyte solution filling opening **117** is formed and does not illustrate a portion of the energy storage device **10** on a side of the negative electrode terminal **300**. Moreover, in FIGS. **5** and **6**, the electrolyte solution filling plug **118** for closing the electrolyte solution filling opening **117** is not illustrated.

[0069] FIG. **7** is a sectional schematic diagram illustrating the upper end portion of the electrode assembly **400** and a structure around the portion according to the embodiment. FIG. **7** illustrates a section of a portion of the energy storage device **10** taken along a Y-Z plane passing through line VII-VII in FIG. **3** and does not illustrate the side spacer **700** (see FIG. **2**) on the negative side in the X-axis direction. The electrode assembly **400** is illustrated schematically.

[0070] As illustrated in FIGS. **5** and **6**, in the energy storage device **10** according to the present embodiment, the electrolyte solution filling opening **117** from which the electrolyte solution is to be filled into the container **100** is formed in a position of the wall portion of the container **100** and facing the tab portion **410** of the electrode assembly **400**. In the present embodiment, the electrolyte solution filling

opening **117** is formed in the lid plate **110** forming the upper wall portion of the container **100**. In the present embodiment, when the container **100** is seen in the direction (Z-axis direction) in which the electrode assembly **400** and the wall portion (lid plate **110**) formed with the electrolyte solution filling opening **117** are arranged, the electrolyte solution filling opening **117** is disposed in such a position as to overlap the tab portion **410**.

[0071] Because the electrolyte solution filling opening **117** is disposed in the position facing the tab portion **410** in this manner, the electrolyte solution filled from the electrolyte solution filling opening **117** immediately reaches the tab portion **410**. The tab portion **410** is the portion formed by layering the portion of the substrate of the positive electrode **450** and not coated with the positive active material (active material uncoated portion) as described above. A portion of the tab portion **410** is joined to the positive electrode lead plate **145**. Therefore, the electrolyte solution filled from the electrolyte solution filling opening **117** disposed in the position facing the tab portion **410** goes down the tab portion and efficiently penetrates the electrode assembly **400** (more specifically, the active material layers of the positive electrode **450** and the negative electrode **460** and the separators **470***a* and **470***b* provided to the electrode assembly **400**).

[0072] Moreover, at the end portion of the electrode assembly **400** other than the tab portion **410** (i.e., the upper end portion of the power generating portion **430** other than the portion provided with the tab portion **410**), end edges of the separators **470***a* and **470***b* may be bent or a structure may be disposed to take measures against entry of foreign matters.

[0073] In the present embodiment, as illustrated in FIGS. **2** and **7**, the upper spacer **500** and the shock-absorbing sheet **600** are disposed to cover the upper end portion of the power generating portion **430** other than the portions provided with the tab portions **410** and **420**. Therefore, even if foreign matters such as minute metal chips are there in the container **100**, entry of the foreign matters into the power generating portion **430** through clearances between the end edges of the separators **470***a* and **470***b* arranged in the layered direction is suppressed by the upper spacer **500** or the shock-absorbing sheet **600**. In other words, in the energy storage device **10** according to the present embodiment, the electrolyte solution can efficiently penetrate the electrode assembly **400** and the entry of the foreign matters into the electrode assembly **400** can be suppressed.

[0074] In the energy storage device **10** according to the present embodiment, the through hole **121** is formed in a position between the electrolyte solution filling opening **117** and the tab portion **410** of the lower insulating member **120** disposed between the positive electrode current collector **140** and the lid plate **110**.

[0075] In other words, the lower insulating member **120** for electrically insulating the positive electrode current collector **140** and the lid plate **110** provided with the electrolyte solution filling opening **117** from each other is disposed in such a manner as not to obstruct a flow of the electrolyte solution filled from the electrolyte solution filling opening **117**.

[0076] Here, in the present embodiment, the electrolyte solution filling opening **117** is disposed in the position facing the tab portion **410**. Therefore, the lower insulating member **120** for insulating the positive electrode current collector **140** electrically connected to the tab portion **410** and the lid plate **110** from each other exists in such a position as to overlap the electrolyte solution filling opening **117** when seen from a direction in which the electrolyte solution is filled. In this case, by forming the through hole **121** in the position of the lower insulating member **120** between the electrolyte solution filling opening **117** and the tab portion **410**, it is possible to allow the electrolyte solution filled from the electrolyte solution filling opening **117** to reach the tab portion **410** through the through hole **121**. In other words, it is possible to secure a straight flow path for the electrolyte solution from the electrolyte solution filling opening **117** to the tab portion **410**.

[0077] Furthermore, in the energy storage device **10** according to the present embodiment, the opening portion **520** through which the tab portion **410** is to be inserted is formed in the upper spacer **500** disposed between the end portion of the electrode assembly **400** provided with the tab portion **410** and the lid plate **110**.

[0078] In other words, in order to cause the upper spacer **500** to perform functions of restricting the position of the electrode assembly **400**, preventing the short circuit between the electrode assembly **400** and the lid plate structure **180**, and suppressing the entry of the foreign matters into the electrode assembly **400**, the upper spacer **500** is disposed between the end portion of the electrode assembly **400** provided with the tab portion **410** and the lid plate **110**. Even if the upper spacer **500** is disposed in this position, the tab portion **410** is exposed to the electrolyte solution filling opening **117** by being inserted through the opening portion **520** provided to the upper spacer **500**. Therefore, in the energy storage device **10** according to the present embodiment, it is possible to cause the electrolyte solution filled from the electrolyte solution filling opening **117** to immediately reach the tab portion **410** while obtaining the above effects exerted by the upper spacer **500**. As a result, the electrolyte solution efficiently penetrates the electrode assembly **400**.

[0079] Moreover, by disposing the upper spacer **500** between the power generating portion **430** of the electrode assembly **400** and the lid plate **110**, it is possible to bring the power generating portion **430** and the lid plate **110** close to each other with the upper spacer **500** interposed therebetween. In this way, it is possible to increase a proportion of the electrode assembly **400** to a capacity of the container **100**, for example.

[0080] In the present embodiment, the positive electrode current collector **140** and the positive electrode lead plate **145** also have structures for letting the electrolyte solution filled from the electrolyte solution filling opening **117** through. To put it concretely, as illustrated in FIG. **6**, the positive electrode current collector **140** has a notch portion **141** formed by notching an end edge of the positive electrode current collector **140** inward and the positive electrode lead plate **145** has a notch portion **146** formed by notching an end edge of the positive electrode lead plate **145** inward.

[0081] In other words, the electrolyte solution filled from the electrolyte solution filling opening **117** mainly passes through the through hole **121** in the lower insulating member **120**, the notch portion **141** of the positive electrode current collector **140**, and the notch portion **146** of the positive electrode lead plate **145** in this order and reaches the tab portion **410**.

[0082] In this manner, in the present embodiment, the notch portions **141** and **146** are formed at the positive

electrode current collector **140** and the positive electrode lead plate **145** as structures for avoiding obstruction to the flow of the electrolyte solution. In this way, for example, it is unnecessary to finely adjust positions of the positive electrode current collector **140** and the positive electrode lead plate **145** in order to secure the straight flow path for the electrolyte solution from the electrolyte solution filling opening **117** to the tab portion **410**.

[0083] Here, the positive electrode lead plate **145** according to the present embodiment has a U-shaped section, as shown in FIG. **7**, for example. The upper spacer **500** separates a joint between the tab portion **420** and the positive electrode lead plate **145**, and the power generating portion **430** of the electrode assembly **400** from each other and the tab portion **410** is inserted through and disposed in the opening portion **520** provided to the upper spacer **500**. The above-described structure is manufactured by the following procedure, for example.

[0084] An end portion (first end portion) of the positive electrode lead plate **145** in a flat plate shape and the tab portion **410** of the electrode assembly **400** are joined to each other by ultrasonic welding, for example. Furthermore, an end portion (second end portion) of the positive electrode lead plate **145** on an opposite side from the first end portion is joined to the positive electrode current collector **140** integrated into the lid plate structure **180** by laser welding, for example. Then, the positive electrode lead plate **145** is deformed into the U-shape by being bent at a predetermined position between the first end portion and the second end portion. As a result, as shown in FIG. **7**, a connection structure of the tab portion **410** of the electrode assembly **400** and the positive electrode current collector **140** by the positive electrode lead plate **145** having the U-shaped section is formed. Then, the upper spacer **500** is inserted between the power generating portion **430** of the electrode assembly **400** and the lid plate structure **180**.

[0085] The negative electrode lead plate **155** and the tab portion **420** are joined to each other when the positive electrode lead plate **145** and the tab portion **410** are joined to each other and the negative electrode lead plate **155** and the negative electrode current collector **150** are joined to each other when the positive electrode lead plate **145** and the positive electrode current collector **140** are joined to each other. Moreover, when the positive electrode lead plate **145** in the shape of the flat plate is deformed into the U shape, the negative electrode lead plate **155** in a shape of a flat plate is deformed into a U shape. In other words, the structure around the negative electrode lead plate **155** is similar to the structure around the positive electrode lead plate **145**. In other words, the tab portion **420** of the electrode assembly **400** and the negative electrode current collector **150** are electrically connected to each other by the negative electrode lead plate **155** (see FIG. **2**, for example) having the U-shaped section. Moreover, the upper spacer **500** separates a joint between the tab portion **420** and the negative electrode lead plate **155**, and the power generating portion **430** of the electrode assembly **400** from each other and the tab portion **420** is inserted through and disposed in the opening portion **520** provided to the upper spacer **500**.

[0086] By connecting the electrode assembly **400**, the positive electrode current collector **140**, and the negative electrode current collector **150** by the positive electrode lead plate **145** and the negative electrode lead plate **155** in this manner, lengths of the tab portions **410** and **420** (lengths in the direction of the winding axis (Z-axis direction)) of the electrode assembly **400** can be relatively short.

[0087] In other words, widths of the electrode plates of the positive electrode **450** and the negative electrode **460** (lengths in the direction of the winding axis (Z-axis direction)) required to manufacture the electrode assembly **400** can be relatively short. This is advantageous from a viewpoint of manufacturing efficiency of the electrode assembly **400**, for example.

[0088] The electrode assembly **400** according to the present embodiment is formed by winding the positive electrode **450** and the negative electrode **460** (see FIG. **4**). The electrolyte solution filling opening **117** is formed in the lid plate **110** positioned in the direction of the winding axis of the electrode assembly **400** of the container **100**.

[0089] Therefore, for example, the electrolyte solution can penetrate the inside of the electrode assembly **400** from the tab portion **410** and the electrolyte solution accumulating on a bottom of the container **100** (on the lower wall portion facing the lid plate **110**) can penetrate the inside of the electrode assembly **400** from an end portion on an opposite side from the tab portion in the direction of the winding axis. This is advantageous from a viewpoint of efficient penetration of the electrolyte solution into the electrode assembly **400**.

OTHER EMBODIMENTS

[0090] The energy storage device according to the present invention has been described above based on the embodiment. However, the present invention is not limited to the above embodiment. Various modifications to the embodiment, which a person skilled in the art can think of, and modes formed by combining the plurality of components described above are included in a scope of the invention without departing from the gist of the invention.

[0091] For example, the number of electrode assembly/assemblies **400** provided to the energy storage device **10** is not limited to one, but two or more. If an energy storage device **10** includes a plurality of electrode assemblies **400**, it is possible to reduce dead spaces in corner portions of a container **100** as compared with the case where the single electrode assembly **400** is housed in the container **100** of the same volume (capacity). Therefore, the proportion of the electrode assemblies **400** to the capacity of the container **100** can be increased and capacity of the energy storage device **10** can be increased.

[0092] Moreover, the electrode assembly **400** provided to the energy storage device **10** does not necessarily have to be of a winding type. An energy storage device **10** may include a layered-type electrode assembly formed by layering electrode plates in flat plate shapes, for example. An energy storage device **10** may include an electrode assembly having a bellows-shaped layered structure formed by accordion-folding long band-shaped electrode plates, for example.

[0093] A positional relationship between the positive tab portion **410** and the negative tab portion **420** provided to the electrode assembly **400** is not particularly limited. For example, in a winding-type electrode assembly **400**, a tab portion **410** and a tab portion **420** may be disposed on opposite sides from each other in a direction of a winding axis. If an energy storage device **10** includes a layered-type electrode assembly, a positive tab portion and a negative tab portion may protrude in different directions when seen from a layered direction.

[0094] Although the electrolyte solution filling opening **117** is disposed at the position facing the positive tab portion **410** of the electrode assembly **400** in the above embodiment, the electrolyte solution filling opening **117** may be disposed at a position facing the negative tab portion **420** of the electrode assembly **400**. In other words, if the electrolyte solution filling opening **117** is provided at a position facing a portion which is provided to the electrode assembly **400** having a layered structure of the positive electrode **450** and the negative electrode **460** and which is to be electrically connected to an outside, electrolyte solution can efficiently penetrate an inside of the electrode assembly **400**.

[0095] In the container **100**, the electrolyte solution filling opening **117** may be formed in the wall portion other than the lid plate **110**. For example, assuming that the tab portion **410** or **420** is disposed in such an attitude as to face a lower wall portion (wall portion forming a bottom face of the main assembly **111**) of the container **100**, the electrolyte solution filling opening **117** may be formed in a position facing the tab portion **410** or **420**. If the electrolyte solution filling opening **117** is disposed in the lower wall portion, an electrode terminal electrically connected to the tab portion **410** or **420** facing the electrolyte solution filling opening **117** may be fixed to the lower wall portion or may be fixed to an upper wall portion (lid plate **110**).

[0096] A shape of the electrolyte solution filling opening **117** is not especially limited and may be selected from various shapes such as a circular shape, angular shape, and slit shape according to a shape of a nozzle used for electrolyte solution filling, for example. Regarding size of the electrolyte solution filling opening **117**, suitable size may be selected from a viewpoint of electrolyte solution filling efficiency or maintenance of strength of the lid plate **110**.

[0097] Although the lower insulating member **120** is disposed directly below the electrolyte solution filling opening **117** in the above embodiment, the position where the lower insulating member **120** is disposed is not particularly limited. In other words, if the lower insulating member **120** is disposed not directly below the electrolyte solution filling opening **117**, the through hole **121** need not be formed in the lower insulating member **120** and the lower insulating member **120** can be manufactured easily.

INDUSTRIAL APPLICABILITY

[0098] The present invention can be applied to an energy storage device such as a lithium ion secondary battery.

1. An energy storage device comprising:

an electrode assembly; and

a container for housing the electrode assembly,

wherein an electrolyte solution filling opening from which electrolyte solution is to be filled into the container is formed in a position of a wall portion of the container and facing a tab portion of the electrode assembly.

2. The energy storage device according to claim **1**, further comprising a current collector disposed in the container and electrically connected to the tab portion and an insulating member disposed between the current collector and the wall portion of the container,

wherein a through hole is formed in a position of the insulating member and between the electrolyte solution filling opening and the tab portion.

3. The energy storage device according to claim **1**, further comprising a spacer disposed between an end portion of the electrode assembly provided with the tab portion and the wall portion of the container,

wherein the spacer has an opening portion through which the tab portion is inserted.

4. The energy storage device according to claim **1**,

wherein the electrode assembly is formed by winding an electrode, and

the electrolyte solution filling opening is formed in the wall portion of the container and positioned in a direction of a winding axis of the electrode assembly.

* * * * *

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

European Patent Office
80298 MUNICH
GERMANY

Questions about this communication?
Contact Customer Services at www.epo.org/contact

Klunker IP
Patentanwälte PartG mbB
Destouchesstraße 68
80796 München
ALLEMAGNE

Date
04.07.2023

Reference	Application No./Patent No.
K95389-4	20933746.8 - 1108 / 4142012 PCT/CN2020087515
Applicant/Proprietor	
Ningde Amperex Technology Limited	

Communication

The extended European search report is enclosed.

The extended European search report includes, pursuant to Rule 62 EPC, the supplementary European search report (Art. 153(7) EPC) and the European search opinion.

Copies of documents cited in the European search report are attached.

☒ 0 additional set(s) of copies of such documents is (are) enclosed as well.

Refund of the search fee
If applicable under Article 9 Rules relating to fees, a separate communication from the Receiving Section on the refund of the search fee will be sent later.

Should you wish to further prosecute this application in the examination phase, your attention is drawn to the provisions of Rule 70a EPC. An invitation to respond to the extended European search report will be issued shortly (R. 70(2) EPC).

Europäisches Patentamt · European Patent Office · Office européen des brevets

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

SUPPLEMENTARY EUROPEAN SEARCH REPORT

Application Number
EP 20 93 3746

DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (IPC)
A	US 2019/207212 A1 (LI CAICAI [CN]) 4 July 2019 (2019-07-04) * claims 1-20; figures 1-7 * ~~~~~	1-13	INV. H01M10/0587 H01M4/13 H01M10/0525

TECHNICAL FIELDS SEARCHED (IPC)

H01M

The supplementary search report has been based on the last set of claims valid and available at the start of the search.

Place of search	Date of completion of the search	Examiner
Munich	27 June 2023	Liu, Yonghe

CATEGORY OF CITED DOCUMENTS

X : particularly relevant if taken alone
Y : particularly relevant if combined with another document of the same category
A : technological background
O : non-written disclosure
P : intermediate document

T : theory or principle underlying the invention
E : earlier patent document, but published on, or after the filing date
D : document cited in the application
L : document cited for other reasons

& : member of the same patent family, corresponding document

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C01)

ANNEX TO THE EUROPEAN SEARCH REPORT ON EUROPEAN PATENT APPLICATION NO. EP 20 93 3746

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned European search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

27-06-2023

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2019207212 A1	04-07-2019	CN 109980230 A	05-07-2019
		US 2019207212 A1	04-07-2019

For more details about this annex : see Official Journal of the European Patent Office, No. 12/82

Information on Search Strategy - Pilot phase (see OJ 2015, A86)
The type of information contained in this sheet may change during the pilot for improving the usefulness of this new service.

Application Number
EP 20 93 3746

TITLE: ELECTROCHEMICAL DEVICE AND ELECTRONIC DEVICE COMPRISING ELECTROCHEMICAL DEVICE

APPLICANT: Ningde Amperex Technology Limited

IPC CLASSIFICATION: H01M10/0587, H01M4/13, H01M10/0525

EXAMINER: Liu, Yonghe

CONSULTED DATABASES: WPI, EPODOC

CLASSIFICATION SYMBOLS DEFINING EXTENT OF THE SEARCH:

IPC:

CPC:

FI/F-TERMS:

KEYWORDS OR OTHER ELEMENTS FEATURING THE INVENTION:

EPO FORM P0442

1. Amendment, Art. 123(2) EPC

The applicant is kindly requested to indicate the basis for the newly filed claims 2, 4 and 5.

The examination is being carried out on the **following application documents**

Description, Pages

1-28 filed with entry into the regional phase before the EPO

Claims, Numbers

1-13 filed with entry into the regional phase before the EPO

Drawings, Sheets

1/5-5/5 filed with entry into the regional phase before the EPO

2. Clarity Art. 84 EPC

2.1 The features of the claims should be provided with reference signs placed in parentheses to increase the intelligibility of the claims (Rule 43(7) EPC).

2.2 The wording "a long axis" of claim 1 is vague and should be defined by a reference.

2.3 As shown by examples 5-1 to 5-4, no technical effect associated with the parameters defined in claim 1 alone is detected. Essential features, such as the coating thickness and the thickness of the current collector, are therefore missing.

3. Novelty and inventive step Art. 52(1), Art. 54(1) and (2), Art. 56 EPC

Reference is made to the following document; the numbering will be adhered to in the rest of the procedure.

D1 US 2019/207212 A1 (LI CAICAI [CN]) 4 July 2019 (2019-07-04)

The following documents have been cited in the international search report; the numbering will be adhered to in the rest of the procedure.

D2 CN 1 949 580 A (NO.18 INST., CHINA ELECTRONIC SCIENCE AND TECHNOLOGY GROUP CORP.) 18 April 2007 (2007-04-18)

D3 CN 110 459 730 A (ZHANGZHOU HUARUI LITHIUM NEW ENERGY TECHNOLOGY CO., LTD.) 15 November 2019 (2019-11-15)

An International Preliminary Report on Patentability (IPRP) has already been drawn up for the present application in accordance with the PCT.

In reply to the invitation to correct deficiencies pursuant to Rule 161(1) EPC, the applicant has failed to suitably address and/or rectify the following deficiency noted under point V of IPRP.

The outstanding deficiency mentioned in that report gives rise to an objection under the corresponding provisions of the EPC, namely, the subject matter of claims 1-13 do not involve an inventive step over D2 alone or in view of D3, see also the clarity objections under items 2.2 and 2.3.

4. Remarks

4.1 If the applicant decides to continue the procedure he is kindly requested to draft a set of claims in which any alleged novel features are clearly discernible from the prior art and indicate their relevance in the letter of reply.

4.2 In submitting new set of claims, the description should be adapted in which the prior art D2 should be discussed.

4.3 In order to meet the requirement of Art.84 EPC that the claims have to be supported by the description, any disclosure in the description and/or drawings inconsistent with the amended subject-matter should normally be excised. Reference to embodiments no longer covered by amended claims must be deleted, unless these embodiments can reasonably be considered to be useful for highlighting specific aspects of the amended subject-matter. In such a case, the fact that an embodiment is not covered by the claims must be prominently stated.

4.4 The content after wordings such as "may", "optionally" should be verified to be consistent with the amended claims.

4.5 The irrelevant and/or superfluous information should be deleted (Rule 48(1)(c) EPC, Guidelines F-II, 7.4).

Battery

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve discharge voltage, prolong discharge time, uniformize distribution of reaction current density, and improve the battery discharge characteristic, by providing plural positive and negative electrode collector terminals on the electrodes, in the longitudinal direction of the electrode without overlapping the location of the positive and negative electrode collector terminals each other. SOLUTION: Positive electrode collector terminals 3 are mounted by ultrasonic welding at two longitudinally trisected positions of a positive electrode, composed of a positive electrode collector 2 and positive electrode active material layers 1 of portions which is not applied with positive electrode active material layers 1 on the positive electrode collector 2. Negative electrode collector terminals 7 are mounted by the ultrasonic welding, through seperators 4 at three positions of both ends and the center of a negative electrode composed of a negative electrode collector 6 and a negative electrode active material layer 5 of a portion which is not applied with a negative electrode active material layer 5 of the negative electrode collector 6. After the positive electrode, negative electrode and the separators 4 are overlapped and wound, and the tips of the two positive electrode collector terminals 3 are welded into a single terminal. The tips of the three negative electrode collector terminals 7 are put together into one, and contained within a battery container as a battery body. Then, an electrolyte is injected, and sealed, to form a battery.

Classifications

- Y02E60/10 Energy storage using batteries

View 1 more classifications

JP2000106167A

Japan

Find Prior Art Similar

Other languages: Japanese

Inventor: Seiji Yoshikawa, 誠二 吉川, Hiroaki Urushibara, 広明 漆原, Hisashi Shioda, 久 塩田, Atsushi Arakane, 淳 荒金, Makiko Kichise, 万紀子 吉瀬, Shigeki Aihara, 茂 相原, Daigo Takemura, 大悟 竹村, Takashi Nishimura, 隆 西村, Hirochika Ozaki, 博哉 尾崎, Hideo Ichimura, 英男 市村, Kenji Kawaguchi, 健治 川口, Masaharu Moriyasu, 雅治 森安, Shinji Nakadeguchi, 真治 中出口

Current Assignee : Mitsubishi Electric Corp

Worldwide applications

1998 JP

Application JP19980278998A events

1998-09-30 Application filed by Mitsubishi Electric Corp

1998-09-30 Priority to JP19980278998A

2000-04-11 Publication of JP2000106167A

Status Pending

Info: Patent citations (8), Cited by (18), Legal events, Similar documents, Priority and Related Applications

External links: Espacenet, Global Dossier, Discuss

Claims (5)

Hide Dependent
translated from Japanese

[Claims] 1. A battery body having a separator between each of a positive electrode comprising a positive electrode current collector and a positive electrode active material layer and a separator comprising a negative electrode comprising a negative electrode current collector and a negative electrode active material layer;
A battery comprising a battery container having a sealing portion for housing, wherein a plurality of positive current collecting terminals and a plurality of negative current collecting terminals are provided on each of the electrodes in the length direction of each electrode, and A battery characterized in that the current collecting terminal and the negative electrode current collecting terminal are arranged without overlapping. 2. The battery according to claim 1, wherein each of the plurality of positive electrode current collecting terminals and the plurality of negative electrode current collecting terminals protrudes out of the battery container from a sealing portion of the battery container. 3. The battery according to claim 2, wherein the positive current collecting terminal and the negative current collecting terminal extend out of the battery container from the opposite side of the battery container. 4. The battery according to claim 2, wherein each of the positive electrode current collecting terminal and the negative electrode current collecting terminal extends out of the battery container from the opposite side of the battery container. 5. The battery according to claim 1, wherein at least one of the separator and the positive electrode or the separator and the negative electrode is bonded with an ion-conductive adhesive layer.

Description

translated from Japanese

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

[0001]

BACKGROUND OF THE INVENTION 1. Field of the Invention The present invention relates to a current collecting structure for a battery which minimizes energy loss due to internal resistance and effectively utilizes an electrode active material filled in an electrode.
In addition to improving the energy density of the battery and making the electrode reaction uniform, overcharging and overdischarging are suppressed.

[0002]

2. Description of the Related Art As portable electronic devices become smaller and thinner in recent years, batteries used as power sources for devices, especially secondary batteries which can be repeatedly charged and discharged, are required to be smaller, thinner and have improved performance. is coming. Above all, lithium ion secondary batteries have attracted attention as batteries that can drive electronic devices for a longer time, are lightweight, easy to carry, and have high capacities. Therefore, in the present invention, a lithium ion battery will be described as an example.

The structure of an electrode body composed of a negative electrode, a separator, and a positive electrode is known to be a bobbin type, a laminated type, or a spiral type. However, general portable devices such as personal computers and mobile phones require high pulse discharge. Generally, a spiral electrode structure is used.

In particular, in the case of a wound electrode body structure, the current collecting terminal structure has a structure in which a current is taken out from each of the positive and negative electrode ends. The negative electrode current collector terminal is generally formed by welding or crimping an elongated, foil-like metal such as copper or nickel to the electrode foil, while the positive electrode current collector terminal is generally made mainly of aluminum.

[0005]

[0006] Lithium ion secondary batteries are often used as power sources for small portable devices at present.
Further, it is also expected to be used as a power source for electric vehicles that require a large capacity, and it is considered that development of a high-output, high-capacity battery will proceed.

In such applications, it is common to use a plurality of cells (the minimum unit battery body composed of a negative electrode, a separator, and a positive electrode is referred to as a cell) in series or in parallel. Since it is necessary to increase the output and capacity of the battery unit in the minimum unit as compared with the conventional battery, long electrodes (negative electrode and positive electrode) are used, and accordingly, the current value is relatively large. .

At this time, in the conventional structure in which the current collecting terminal is attached to one position of the electrode end, the energy density is large.
When charging or discharging a battery having a large output density, the resistance of the current collecting terminal and the contact resistance between the current collecting terminal and the electrode cannot be ignored, which causes a reduction in charge / discharge efficiency, a decrease in discharge voltage, and the like. . Also, since the electrode is long, the portion of the electrode close to the current collecting terminal is easy to work, while the portion far from the current collecting terminal of the electrode is difficult to work, and current distribution occurs in the length direction of the electrode, so that the electrode surface in this case, there is a problem that overcharging and overdischarging are partially caused in the inside, and the temperature is locally increased due to the concentration of these currents.

[0008] The present invention solves the above-mentioned problems, and collects current by dispersing a current generated by an electrode reaction.
Another object is to reduce energy loss and suppress overcharge and overdischarge by making the electrode reaction distribution uniform.

[0009]

A first battery according to the present invention comprises a separator between each of a positive electrode comprising a positive electrode current collector and a positive electrode active material layer and a negative electrode comprising a negative electrode current collector and a negative electrode active material layer. And a battery container having a seal portion for hermetically sealing and housing the battery body, wherein each of the electrodes has a plurality of positive current collecting terminals and a negative current collecting terminal, each of which has a length equal to the length of each electrode. The positive electrode current collecting terminal and the negative electrode current collecting terminal are arranged so as not to overlap with each other.

A second battery according to the present invention is a battery according to the first battery, wherein a plurality of positive current collecting terminals and a plurality of negative current collecting terminals respectively extend out of the battery container from a sealing portion of the battery container. .

According to a third battery of the present invention, in the second battery, the positive current collecting terminal and the negative current collecting terminal extend out of the battery container from the opposite side of the battery container.

A fourth battery according to the present invention is the above-mentioned second battery, wherein each of the positive electrode current collecting terminal and the negative electrode current collecting terminal is
It is one that has come out of the battery container from the opposite side of the battery container.

A fifth battery according to the present invention is the battery according to any one of the first to fourth aspects, wherein at least one of the separator and the positive electrode or the separator and the negative electrode is bonded with an ionic conductive adhesive layer. .

[0014]

DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS Embodiments of the present invention will be described below in detail with reference to FIGS. 1 to 7 by taking a lithium ion secondary battery as an example. Embodiment 1 FIG. (Production of Positive Electrode) 91 parts by weight of a positive electrode active material made of $LiCoO_2$, 6 parts by weight of artificial graphite as a conductive material, and polyvinylidene fluoride as a binder (hereinafter abbreviated as PVDF)

A cathode active material paste prepared by dispersing 3 parts by weight of N-methylpyrrolidone (hereinafter abbreviated as NMP) is coated and dried by a doctor blade method on a cathode current collector made of an aluminum foil having a thickness of 20 μm. , Coating) to form a positive electrode active material film. Further, a positive electrode active material paste is applied to the back surface of the positive electrode current collector by a doctor blade method, and a positive electrode active material film is formed on both surfaces of the positive electrode current collector.) Was prepared. The thickness of the positive electrode active material on each side of the aluminum foil was 90 μm.

The above prepared positive electrode is 129 mm × 300 m
The electrode was cut to a size of m, and two uncoated portions for welding the current collecting terminals were provided at two positions 100 mm from the longitudinal end of the electrode. The length of this uncoated part is 129 mm and the width is 5 mm
And A current collecting terminal made of an aluminum foil having a thickness of 0.1 mm and a width of 3 mm serving as a lead was attached to the uncoated aluminum foil by ultrasonic welding. Note that the current collecting terminal may be directly attached without setting the active material uncoated portion. Further, the positive electrode current collector is not limited to a foil, and may be a mesh.

(Preparation of Negative Electrode) 90 parts by weight of a negative electrode active material comprising mesophase carbon microbeads, and PVDF
The negative electrode active material paste prepared by dispersing 10 parts by weight in NMP was coated on a negative electrode current collector made of copper foil having a thickness of 12 μm by a doctor blade method, and the negative electrode active material coated portion was uncoated. A negative electrode active material film having a processed portion was formed. Further, a negative electrode active material paste was pattern-coated on the back surface of the negative electrode current collector to form a negative electrode active material film having a negative electrode active material coated portion and an uncoated portion, and then pressed to form a negative electrode. The thickness of the negative electrode active material on each surface of the negative electrode current collector was 90 μm.

The prepared negative electrode (electrode) was 130 mm ×
It was cut to a size of 380 mm. The uncoated portion of the copper foil is provided at the end in the longitudinal direction and has a length of 130 mm and a width of 5 mm, and is further provided at positions 100 mm and 200 mm from the end to have a length of 130 mm and a width of 5 mm. A current collecting terminal made of copper having a thickness of 0.1 mm and a width of 3 mm was attached to the uncoated portion by ultrasonic welding. The mounting method may include caulking the current collector foil and the current collector terminal, and the current collector terminal is not limited to copper but may be a conductive metal such as nickel. Further, the installation position of the negative electrode current collecting terminal may not be the active material uncoated portion.

FIG. 1 is a view showing the arrangement of current collecting terminals in this embodiment, and is shown as a developed view of a battery body manufactured using the above-mentioned electrodes and separator. As the separator 4, a 25 μm porous polypropylene sheet (Celgard, manufactured by Hoechst) was used. The positive

electrode current collector terminal 3 is attached to a portion of the positive electrode current collector 2 where the positive electrode active material layer 1 is not applied by ultrasonic welding. Attachment positions are two places, and are equal positions in the longitudinal direction of the positive electrode (the positive electrode active material layer 1 and the positive electrode current collector foil 2). On the negative electrode side, a negative electrode current collecting terminal 7 is attached to a portion of the negative electrode current collector 6 on which the negative electrode active material layer 5 is not applied, by ultrasonic welding, with the separator 4 interposed therebetween. There are three mounting positions, both ends of the negative electrode (negative electrode active material layer 5 and positive electrode current collector foil 6) and the center of the negative electrode. After winding the positive electrode, the negative electrode and the separator 4 one on top of the other, The three positive electrode current collecting terminals 3 are welded at the tip to combine them into one, and similarly, the three negative electrode current collecting terminals 7 are welded together at the tip to form a single battery body. Stored in a container,
After injecting the electrolyte, the battery container is sealed and hermetically sealed.
The number of the current collecting terminals is not limited to the above-mentioned number, and the present invention is characterized in that the positive terminal and the negative terminal are alternately arranged.

FIG. 2 shows a comparative example in which one positive electrode current collecting terminal and one negative electrode current collecting terminal are attached to each electrode. In the case of this comparative example, the current generated by the electrode reaction flows through the current collector and concentrates on one current collecting terminal. The current generated at the electrode portion farthest from the current collecting terminal needs to flow from one end to the other in the length direction (lateral direction in FIG. 2) of the current collector. If the total current value is larger than the length of the electrode, the voltage drop due to the resistance of the current collector cannot be ignored, current distribution in the electrode occurs, and the electrode reaction at the electrode near the current collection terminal occurs. Relatively large.

FIG. 3 is a diagram showing the calculation results of the electrode reaction distribution in the first embodiment. In a battery in which a plurality of current collecting terminals are arranged on each of the positive electrode and the negative electrode, 10 minutes have elapsed since the start of discharging. It shows an electrode reaction distribution at a later time. The calculation conditions are described below. Positive electrode size is 130m long
m, 300 mm in width, and the electrode geometrical area was 780 cm^2 assuming that the coating was applied to both sides of the electrode foil. The negative electrode had the same area for the sake of calculation. Assuming that the current is 2000 mA, a current flows from the tip of the positive current collecting terminal to the tip of the negative current collecting terminal as a starting point for supplying current to the tip of the three negative current collecting terminals and the tip of the two positive current collecting terminals. As
Electrode reaction resistance and solution resistance were calculated as constant conditions in the electrode plane. FIG. 3 shows the results calculated under the above conditions. A in FIG. 3 is a portion where the reaction current density is the lowest,
This is an area of 2.48 mA / cm^2 . B is a portion where the reaction current density is the highest and is a region of 2.64 mA / cm^2 , and the maximum and the minimum are the average reaction current density of 2.56 mA / cm^2.
It can be seen that the reaction current density distribution is only ± 3% with respect to cm^2 .

FIG. 4 is a diagram showing the calculation results of the electrode reaction distribution in the comparative example shown in FIG. In the figure, A is a region of 2.18 mA / cm^2 where the reaction current density is the lowest, and B is a region of 2.94 mA / cm^2 where the reaction current density is the highest. From this figure, it can be seen that the reaction current density distribution of ± 15% of the maximum and minimum with respect to the average reaction current density occurs, and the electrode reactions are particularly concentrated near the current collecting terminals.

As described above, when the electrode reaction concentrates on the electrode in the vicinity of the current collecting terminal, the temperature locally rises due to the heat generated by the electrode reaction, and the risk of thermal runaway of the battery increases. Although thermal runaway does not occur during normal charge / discharge, it is more likely to occur if terminals are shorted carelessly or a large current exceeding the standard is applied to the battery.

FIG. 5 is a diagram showing discharge curves of the first embodiment and a comparative example. The test conditions are as follows. The test temperature is 25 degrees Celsius, 3 hours at a 1C rate (current value at which discharge is completed in 1 hour), and a constant current of an upper limit voltage of 4.1 V /
After charging at a constant voltage for 10 minutes and resting, the battery was discharged to a battery voltage of 3 V at a rate of 1 C. In this embodiment in which a plurality of current collecting terminals are provided for each electrode, the discharge voltage is higher and the discharge time is longer than in the comparative example, and it can be seen that uniformity of the reaction current density distribution improves the battery discharge characteristics. .

Embodiment 2 FIG. FIG. 6 is a plan view of the battery according to the second embodiment, and has a structure in which each of the positive electrode current collecting terminal and the negative electrode current collecting terminal is taken out of the battery container from two places via the seal portion 9 . By adopting such a structure of the current collecting terminal, a plurality of current collecting terminals can be welded outside the battery container, so that a welded portion when the plurality of current collecting terminals are welded inside the battery container occupies. There is an advantage that the space can be effectively utilized, the effective electrode can be filled up to just before the battery container, and the volume energy density is improved, and at the same time, the welding step is eliminated in the step of forming the electrode into a winding form. In addition, as shown in the plan view of FIG. 7, each of the positive electrode current collecting terminal and the negative electrode current collecting terminal has a structure in which each of the positive electrode current collecting terminal and the negative electrode current it becomes unnecessary to weld the terminals and the negative current collecting terminals.

Embodiment 3 FIG. 8 is a plan view of the battery according to the third embodiment, and has a structure in which a positive electrode current collecting terminal and a negative electrode current collecting terminal are drawn out from the opposite direction of the battery container via a seal portion 9. With such a structure of the current collecting terminal, the electrode reaction distribution can be further flattened, and the local concentration of the reaction current density can be reduced. In addition, since the current collecting terminals are relatively far from each other, a short circuit due to careless handling can be suppressed, and handling during battery manufacturing or initial characteristic evaluation before shipping can be facilitated.

Embodiment 4 Embodiment 4 relates to an adhesive type battery. An adhesive is applied to each of the two separators on one side of the negative electrode manufactured in the first embodiment. Thereafter, before the adhesive is dried, it is brought into close contact with both sides of the negative electrode, bonded and then dried to form a negative electrode with a separator. As an adhesive, 7 parts by weight of PVDF was dissolved and 9 parts by weight of aluminum oxide powder were dispersed in N
Use MP solution. In the case of bonding with this adhesive, when the electrolytic solution is injected, an adhesive layer having ion conductivity holding the electrolytic solution is formed. A 25 μm porous polypropylene sheet is used as a separator. The adhesive is PV
In addition to DF, a polymer such as polyvinyl alcohol, polyvinyl butyrate, and polymethyl methacrylate may be used. The aluminum oxide powder is added so that the adhesive layer easily becomes a porous body, and may be a fine powder such as graphite or silica gel, or may not be added. Solvent is also NM
Not limited to P. The concentration is not limited to 9 parts by weight.

The positive electrode prepared in the first embodiment was sandwiched between the separator surfaces of the two negative electrodes with a separator to form a rolled-up battery body. The battery body was housed in a battery container, and an electrolyte was injected. Thereafter, the battery container is sealed and hermetically sealed.

Table 1 shows that the batteries shown in Embodiment 4 and Comparative Example were 4.18 V and 4.25 at an ambient temperature of 55 degrees Celsius.
V and 4.35 V, and the result is that a 2.5 mm diameter iron nail was inserted into the center of the battery. In the fourth embodiment, there is no abnormality under any conditions, and heat is generated by overdischarge by bonding the current collecting terminal structure, the electrode, and the separator.
It can be seen that ignition and the like can be suppressed.

[0028]

[Table 1]

Although the structure in which the negative electrode and the separator are bonded is shown in the fourth embodiment, the same effect can be obtained by bonding the positive electrode and the separator, or by bonding both the positive electrode and the negative electrode. Can be Furthermore, it is not necessary to bond the entire surface of the separator and the electrode, and it is sufficient that at least one portion is bonded.

[0031]

As described above, according to the first battery of the present invention, each electrode of the positive electrode comprising the positive electrode current collector and the positive electrode active material layer and the negative electrode comprising the negative electrode current collector and the negative electrode active material layer A battery including a battery body having a separator between the batteries, and a battery container having a seal portion for sealing and housing the battery body, wherein each of the electrodes has a plurality of positive current collecting terminals and a plurality of negative current collecting terminals. A plurality of electrodes are provided in the length direction of the electrode, and the positions of the positive electrode current collecting terminal and the negative electrode current collecting terminal are arranged so as not to overlap with each other.
This has the effect of making the distribution of the reaction current density uniform and improving the battery discharge characteristics.

According to the second battery of the present invention, since each of the plurality of positive current collecting terminals and the plurality of negative current collecting terminals extends out of the battery container from the sealing portion of the battery container, the plurality of current collecting terminals can be connected. Since welding can be performed outside the battery container, the space occupied by the welded portion when multiple current collecting terminals are welded inside the battery container can be effectively used, and the effective electrode can be filled just before the battery container. This has the effect of improving the volume energy density and eliminating the need for a welding step at the time of forming the electrode into a winding form.

According to the third battery of the present invention, since the positive electrode current collecting terminal and the negative electrode current collecting terminal extend outside the battery container from the opposite side of the battery container, the positive electrode current collecting terminals and the negative electrode current collecting terminal are separated from each other. There is no need to weld the electrical terminals.

According to the fourth battery of the present invention, since each of the positive electrode current collecting terminal and the negative electrode current collecting terminal comes out of the battery container from the opposite side of the battery container, the electrode reaction distribution is further flattened. Local concentration of the reaction current density can be reduced. In addition, since the current collecting terminals are relatively far from each other, short-circuiting due to careless handling can be suppressed, and there is an effect that handling at the time of battery manufacture or at the time of initial characteristic evaluation before shipping can be facilitated.

According to the fifth battery of the present invention, there is an effect that heat generation, ignition, and the like due to overdischarge in which at least one of the separator and the positive electrode or the separator and the negative electrode is bonded by the ionic conductive adhesive layer can be suppressed.

[Brief description of the drawings]

FIG. 1 is a layout diagram of a current collecting terminal according to the first embodiment.

FIG. 2 is a layout view of a current collecting terminal of a comparative example.

FIG. 3 is a diagram showing calculation results of an electrode reaction distribution according to the first embodiment.

FIG. 4 is a diagram showing a calculation result of an electrode reaction distribution in a comparative example.

FIG. 5 is a diagram showing discharge curves of the batteries of Embodiment 1 and Comparative Example.

FIG. 6 is a plan view of a first battery according to a second embodiment.

FIG. 7 is a plan view of a second battery according to a second embodiment.

FIG. 8 is a plan view of a battery according to a third embodiment.

[Explanation of symbols]

REFERENCE SIGNS LIST 1 positive electrode active material layer, 2 positive electrode current collector, 3 positive electrode current collector terminal, 4 separator, 5 negative electrode active material layer, 6 negative electrode current collector, 7 negative electrode current collector terminal, 8 battery container, 9 seal portion, A, A' Low reaction current density region, B, B' High reaction current density region,

---

※ Continuing on the front page (72) Inventor Hisashi Shioda 2-3-2 Marunouchi, Chiyoda-ku, Tokyo Mitsui Electric Co., Ltd. (72) Inventor Jun Arakane 2-3-2 Marunouchi, Chiyoda-ku, Tokyo 3 Rishi Electric Co., Ltd. (72) Inventor Makiko Yoshise 2-3-2 Marunouchi, Chiyoda-ku, Tokyo Mitsui Electric Co., Ltd. Inside (72) Inventor Daigo Takemura 2-3-2 Marunouchi, Chiyoda-ku, Tokyo Mitsubishi Electric Corporation (72) Inventor Takashi Nishimura 2-3-2 Marunouchi, Chiyoda-ku, Tokyo Mitsubishi Electric Corporation (72) Inventor Hiroki Ozaki 2-3-2 Marunouchi, Chiyoda-ku, Tokyo Mitsubishi Electric Corporation (72) Inventor Hideo Ichimura Maru, Chiyoda-ku, Tokyo 2-3-2 Uchi, Mitsubishi Electric Co., Ltd. (72) Inventor Kenji Kawaguchi 2-3-2 Marunouchi, Chiyoda-ku, Tokyo Tokyo (72) Masaharu Moriyasu, Inventor Marunouchi 2, Chiyoda-ku, Tokyo 2-3-2, Mitsui Electric Co., Ltd. (72) Inventor Shinji Nakaguchi 2-3-2, Marunouchi, Chiyoda-ku, Tokyo F-term (reference) 5H022 AA09 BB12 CC08 CC12 CC26 CC22 5H029 AJ02 AJ03 AK03 AL08 CJ05 DJ05 EJ01

Patent Citations (8)

Publication number	Priority date	Publication date	Assignee	Title
JPS58214273A *	1982-06-04	1983-12-13	Matsushita Electric Ind Co Ltd	Manufacture of lead-acid battery

JPS6314853A4 *	1986-12-10	1988-06-21	Matsushita Electric Ind Co Ltd	Separator for battery
JPH10189054A *	1996-12-26	1998-07-21	Mitsubishi Electric Corp	Manufacture of lithium ion secondary battery
JPH10208778A *	1997-01-22	1998-08-07	Sumitomo Electric Ind Ltd	Non-aqueous electrolyte battery
JPH10214606A *	1996-11-28	1998-08-11	Sanyo Electric Co Ltd	Thin type battery of laminated armor body
JPH10241744A *	1997-02-25	1998-09-11	Japan Storage Battery Co Ltd	Nonaqueous electrolyte secondary battery
JPH10261428A *	1997-03-19	1998-09-29	Sanyo Electric Co Ltd	Lithium secondary battery
JPH10261429A *	1997-03-18	1998-09-29	Japan Storage Battery Co Ltd	Battery
Family To Family Citations				

* Cited by examiner, † Cited by third party

Cited By (18)

Publication number	Priority date	Publication date	Assignee	Title
WO2001095421A1 *	2000-06-07	2001-12-13	Ga-Mekotec Co., Ltd.	Battery
JP2002358407A *	2000-08-02	2002-12-13	Matsushita Electric Ind Co Ltd	Nonaqueous electrolyte secondary cell and control method of charge and discharge
JP2007200691A *	2006-01-26	2007-08-09	Sanyo Electric Co Ltd	Lithium secondary battery
JP2009507339A *	2005-09-02	2009-02-19	エルジー・ケム・リミテッド	Batteries suitable for manufacturing battery modules
EP2075862A1	2007-12-28	2009-07-01	TDK Corporation	Electrode for electrochemical device and electrochemical device
JP2009245835A *	2008-03-31	2009-10-22	Sanyo Electric Co Ltd	Lithium secondary battery
US20100081042A1 *	2008-09-30	2010-04-01	Hideaki Morishima	Secondary battery
JP2011518246A *	2010-01-21	2011-08-04	Tai-Her Yang	Electrode plate
US8178269B2	2007-11-19	2012-05-08	Mitsubishi Electric Corporation	Electrical energy storage cell and electrical energy storage module including the same
JP2012195182A *	2011-03-16	2012-10-11	Toyota Motor Corp	Secondary battery
US8377581B2	2007-11-19	2013-02-12	Mitsubishi Electric Corporation	Electrical-discharge surface-treatment electrode and metal coating film formed using the same
KR101254691B1	2010-08-17	2013-04-15	주식회사 엘지화학	Secondary electric cell with enhanced lead structure
WO2014014118A1 *	2012-07-18	2014-01-23	住友精化株式会社	Adhesive layer, layer and composition
CN105977546A *	2015-10-26	2016-09-28	东莞新能源科技有限公司（北京）有限公司	Battery core
JP2017143036A *	2016-02-12	2017-08-17	トヨタ自動車株式会社	Layered battery
JP2020509539A *	2017-04-14	2020-03-26	エルジー・ケム・リミテッド	Electrode assembly
JP2020071949A *	2018-10-30	2020-05-07	トヨタ自動車株式会社	All-solid battery
WO2021129273A1 *	2019-12-25	2021-07-01	华为技术有限公司	Battery and terminal device
Family To Family Citations				

* Cited by examiner, † Cited by third party, ‡ Family to family citation

Similar Documents

Publication	Publication Date	Title
JP4639855B2	2011-02-09	Battery pack and manufacturing method thereof
JP4522448B2	2010-08-25	Rectangular battery electrode unit, rectangular battery, and method of manufacturing rectangular battery electrode unit
JP2000106167A	2000-04-11	Battery

JP4075034B2	2008-04-16	Nonaqueous electrolyte battery and manufacturing method thereof
JP5242364B2	2013-07-24	Flat secondary battery
JP4518830B2	2010-08-04	Secondary battery electrode plate, method for producing the same, and secondary battery using the electrode plate
JP3822443B2	2006-09-20	Electrochemical devices
JPH10270048A	1998-10-09	Nonaqueous electrolyte secondary battery
EP2302717A1	2011-03-30	Electrode assembly for a rechargeable battery
JPH11288528A	1999-08-31	Lithium secondary battery
JPH07249405A	1995-09-26	Battery
JP2000188111A	2000-07-04	Thin type battery
JP2019050076A	2019-10-17	Method for manufacturing electrode unit for battery cell and electrode unit
CN210993519U	2020-06-19	Secondary battery, electrode member for secondary battery, battery module, and device using secondary battery
JP2000348784A	2000-12-15	Rolled electrode type battery
KR102141240B1	2020-08-04	Electrode assembly and secondary battery comprising the same
JP2005317465A	2005-11-10	Bipolar electrode, method of manufacturing bipolar electrode, bipolar battery, battery pack and vehicle with these mounted thereon
JP4508723B2	2010-12-01	Winding electrode battery and method for manufacturing the same
JP2003007346A	2003-01-10	Secondary lithium battery and manufacturing method of the same
JPH11111259A	1999-04-23	Winding type battery
JP2011222108A	2011-11-04	Secondary battery
US20100143774A1	2010-06-10	Rechargeable battery and electrode assembly
KR20040079866A	2004-09-16	Lithium ion secondary battery
JP3511470B2	2004-03-29	Lithium secondary battery
JP4786329B2	2011-07-27	Lithium ion secondary battery

Priority And Related Applications

Priority Applications (1)

Application	Priority date	Filing date	Title
JP10276998A	1998-09-30	1998-09-30	Battery

Applications Claiming Priority (1)

Application	Filing date	Title
JP10276998A	1998-09-30	Battery

Legal Events

Date	Code	Title	Description
2004-06-30	R081	Notification of change of attorney	**Free format text**: JAPANESE INTERMEDIATE CODE: A7421 **Effective date**: 20040629
2005-04-08	A621	Written request for application examination	**Free format text**: JAPANESE INTERMEDIATE CODE: A621 **Effective date**: 20050407
2008-03-27	A977	Report on retrieval	**Free format text**: JAPANESE INTERMEDIATE CODE: A971007 **Effective date**: 20080327
2008-07-23	A131	Notification of reasons for refusal	**Free format text**: JAPANESE INTERMEDIATE CODE: A131

			Effective date: 20080722
2009-01-07	A02	Decision of refusal	**Free format text**: JAPANESE INTERMEDIATE CODE: A02 **Effective date**: 20090106

Concepts

machine-extracted

Download Filter table

Name	Image	Sections	Count	Query match
negative electrode material		claims,abstract,description	16	0.000
positive electrode material		claims,abstract,description	13	0.000
adhesive		claims,description	11	0.000
adhesive		claims,description	11	0.000
sealing		claims,description	6	0.000
chemical reaction		abstract,description	16	0.000
distribution		abstract,description	15	0.000
welding		abstract,description	11	0.000
electrolyte		abstract,description	3	0.000

Show all concepts from the description section

Data provided by IFI CLAIMS Patent Services

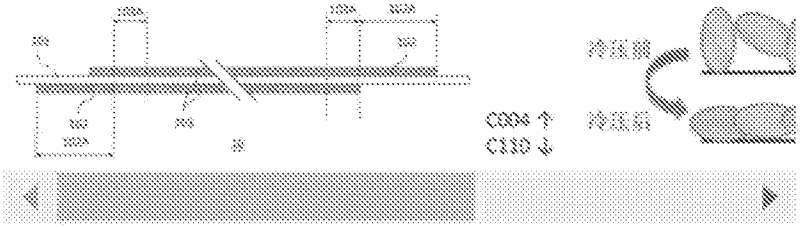
About Send Feedback Public Datasets Terms Privacy Policy Help

Negative electrode, and electrochemical device and electronic device including the same

Abstract

The present application relates to a negative electrode, and an electrochemical device and an electronic device including the same. The negative electrode includes: the negative electrode includes a negative electrode current collector, a first negative electrode active material layer, and a second negative electrode active material layer. The first negative electrode active material layer is disposed on one side of a first portion of the negative electrode current collector, and the second negative electrode active material layer is disposed on both sides of a second portion of the negative electrode current collector different from the first portion, wherein a ratio of a weight per unit area of the first negative electrode active material layer to that of the second negative electrode active material layer on the negative electrode current collector is 0.47 to 0.52, and a ratio of a compaction density of the first negative electrode active material layer to that of the second negative electrode active material layer is 0.9 to 1.1. By adopting the negative electrode, the polarization and lithium precipitation of the electrochemical device can be improved from the direction of the negative electrode structure, so that the cycle performance and the safety performance of the electrochemical device are improved.

Images (3)



Classifications

- H01M4/386 Silicon or alloys based on silicon

View 14 more classifications

CN111029527A

China

Download PDF Find Prior Art Similar

Other languages: Chinese

Inventor: [redacted]

Current Assignee : Ningde Amperex Technology Ltd

Worldwide applications

2019 CN ON WO 2020 US

Application CN201911267132.XA events

2019-12-11 Application filed by Ningde Amperex Technology Ltd

2019-12-11 Priority to CN201911267132.XA

2020-04-17 Publication of CN111029527A

2021-06-11 Application granted

2021-06-11 Publication of CN111029527B

Status Active

2039-12-11 Anticipated expiration

Show all events

Info: Patent citations (14), Cited by (17), Legal events, Similar documents, Priority and Related Applications

External links: Espacenet, Global Dossier, Discuss

Claims (11)

Hide Dependent

1. An anode, comprising:

a negative current collector;

a first negative electrode active material layer, wherein the single surface of the first negative electrode active material layer is arranged on a first part of the negative electrode current collector; and

a second negative electrode active material layer disposed on both sides of a second portion of the negative electrode current collector different from the first portion,

wherein a ratio of a weight per unit area of the first negative electrode active material layer to the second negative electrode active material layer on the negative electrode current collector is 0.47 to 0.52, and a ratio of a compacted density of the first negative electrode active material layer to the second negative electrode active material layer is 0.9 to 1.1.

2. The anode of claim 1, wherein the first anode active material layer and the second anode active material layer each independently comprise a silicon-based material and graphite, wherein the silicon-based material is selected from the group consisting of silicon oxide, silicon carbon, and combinations thereof.

3. The anode of claim 2, wherein a weight of the silicon-based material in the first anode active material layer and the second anode active material layer is greater than or equal to 5% and less than 100% based on a total weight of the silicon-based material and the graphite.

4. The negative electrode of claim 2, wherein the silicon-based material is in a crystalline state, an amorphous state, or a combination thereof, wherein the particle size Dv50 of the first negative electrode active material layer is 8.0 μm to 20 μm, and the particle size Dv50 of the second negative electrode active material layer is 8.0 μm to 20 μm.

5. The negative electrode of any one of claims 2 to 4, wherein the silicon-based material is at 500cm in Raman spectra^{-1}±10cm^{-1}Has a peak height of 1350cm^{-1}±10cm^{-1}is greater than 0.

6. The anode of any one of claims 2 to 4, wherein the silicon-based material further comprises a carbon cladding layer

7. The anode of any one of claims 2 to 4, wherein the first anode active material layer and the second anode active material layer each independently comprise a binder and a conductive agent, wherein the binder comprises a material selected from the group consisting of polyacrylates, polyimides, polyamides, polyamideimides, polyvinylidene fluoride, styrene butadiene rubber, sodium alginate, polyvinyl alcohol, polytetrafluoroethylene, polyacrylonitrile, sodium carboxymethylcellulose, potassium carboxymethylcellulose, and combinations thereof, and the conductive agent comprises a material selected from the group consisting of conductive carbon black, acetylene black, Ketjen black, graphene, and combinations thereof.

8. The anode according to claim 7, wherein the total weight of the silicon-based material and the graphite in the first anode active material layer is 94 to 96%, the weight of the binder is 2.8 to 4.0%, and the weight of the conductive agent is 0.4 to 1.6%, based on the total weight of the first anode active material layer; and

the total weight of the silicon-based material and the graphite in the second negative electrode active material layer is 94-96%, the weight of the binder is 2.8-4.0%, and the weight of the conductive agent is 0.4-1.6%, based on the total weight of the second negative electrode active material layer.

9. The anode of claim 1, wherein a thickness of the first anode active material layer is 40 to 60 μm, and a monolayer thickness of the second anode active material layer is 40 to 60 μm.

10. An electrochemical device, comprising:

a positive electrode;

an isolation film; and

the negative electrode according to any one of claims 1 to 9.

11. An electronic device comprising the electrochemical device of claim 10.

Description

Negative electrode, and electrochemical device and electronic device including the same

Technical Field

The present disclosure relates to the field of energy storage technologies, and more particularly, to a negative electrode, and an electrochemical device and an electronic device including the same.

Background

With the rapid development of mobile electronic technology, the frequency and experience requirements of people using mobile electronic devices such as mobile phones, tablets, notebook computers, unmanned planes and the like are higher and higher. Therefore, electrochemical devices (e.g., lithium ion batteries) that provide energy sources for electronic devices are required to exhibit higher energy density, greater rate, higher safety, and less capacity fade after repeated charge and discharge processes.

Lithium metal is precipitated due to polarization of a negative electrode in a cycle process of the lithium ion battery, and one of the main reasons for impairing the cycle performance of the lithium ion battery is. In view of this, there is a need to reduce the polarization of the negative electrode during battery cycling, and further research and optimization of the negative electrode structure is one of the feasible solutions.

Disclosure of Invention

The present application provides an anode and an electrochemical device and an electronic device including the same in an attempt to solve at least one of the problems existing in the related art to at least some extent.

According to one aspect of the present application, there is provided a negative electrode including: the negative electrode includes a negative electrode current collector, a first negative electrode active material layer, and a second negative electrode active material layer. The first negative electrode active material layer is disposed on one side of a first portion of the negative electrode current collector, and the second negative electrode active material layer is disposed on both sides of a second portion of the negative electrode current collector different from the first portion, wherein a ratio K of a weight per unit area of the first negative electrode active material layer to that of the second negative electrode active material layer on the negative electrode current collector is about 0.47 to 0.52, and a ratio R of a compacted density of the first negative electrode active material layer to that of the second negative electrode active material layer is about 0.9 to 1.1.

According to another aspect of the present application, there is provided an electrochemical device including: a positive electrode, a separator, and the negative electrode

According to another aspect of the present application, there is provided an electronic device comprising the electrochemical device described above.

Additional aspects and advantages of embodiments of the present application will be set forth in part in the description which follows, and in part will be obvious from the description, or may be learned by practice of embodiments of the present application.

Drawings

Drawings necessary for describing embodiments of the present application or the prior art will be briefly described below in order to describe the embodiments of the present application. It is to be understood that the drawings in the following description are only some of the embodiments of the present application. It will be apparent to those skilled in the art that other embodiments of the drawings can be obtained from the structures illustrated in these drawings without the need for inventive work.

Fig. 1 is a schematic structural view of a negative electrode according to an embodiment of the present application.

Fig. 2 is a schematic view of a negative active material obtained by mixing a silicon-based material with graphite before and after cold pressing.

FIG. 3 is a graph of the cycle capacity of example 4 of the present application and comparative example 2.

Detailed Description

Embodiments of the present application will be described in detail below. Throughout the specification, the same or similar components and components having the same or similar functions are denoted by like reference numerals. The embodiments described herein with respect to the figures are illustrative in nature, are

diagrammatic in nature, and are used to provide a basic understanding of the present application. The embodiments of the present application should not be construed as limiting the present application.

As used herein, the terms "substantially", "substantially" and "about" are used to describe and illustrate minor variations. When used in conjunction with an event or circumstance, the terms can refer to instances where the event or circumstance occurs precisely as well as instances where the event or circumstance occurs in close proximity. For example, when used in conjunction with numerical values, the term can refer to a range of variation that is less than or equal to ± 10% of the stated numerical value, such as less than or equal to ± 5%, less than or equal to ± 4%, less than or equal to ± 3%, less than or equal to ± 2%, less than or equal to ± 1%, less than or equal to ± 0.5%, less than or equal to ± 0.1%, or less than or equal to ± 0.05%. For example, two numerical values are considered to be "substantially" identical if the difference between the two numerical values is less than or equal to ± 10% (e.g., less than or equal to ± 5%, less than or equal to ± 4%, less than or equal to ± 3%, less than or equal to ± 2%, less than or equal to ± 1%, less than or equal to ± 0.5%, less than or equal to ± 0.1%, or less than or equal to ± 0.05%) of the mean of the values.

In this specification, unless specified or limited otherwise, relative terms such as: terms of "central," "longitudinal," "lateral," "front," "rear," "right," "left," "inner," "outer," "lower," "upper," "horizontal," "vertical," "above," "below," "top," "bottom," and derivatives thereof (e.g., "horizontally," "downwardly," "upwardly," etc.) should be construed to refer to the orientation as then described in the discussion or as shown in the drawing figures. These relative terms are for convenience of description only and do not require that the present application be constructed or operated in a particular orientation.

Additionally, amounts, ratios, and other numerical values are sometimes presented herein in a range format. It is to be understood that such range format is used for convenience and brevity, and should be interpreted flexibly to include not only the numerical values explicitly recited as the limits of the range, but also to include all the individual numerical values or sub-ranges encompassed within that range as if each numerical value and sub-range is explicitly recited.

In the detailed description and claims, a list of items linked by the term "at least one of," "at least one of," or other similar terms may mean any combination of the listed items. For example, if items a and B are listed, the phrase "at least one of a and B" means a only; only B, or A and B. In another example, if items A, B and C are listed, the phrase "at least one of A, B and C" means a only, or only B; only C; a and B (excluding C), a and C (excluding B); b and C (excluding A); or A, B and C. Item a may comprise a single element or multiple elements. Item B may comprise a single element or multiple elements. Item C may comprise a single element or multiple elements.

In the prior art, in order to pursue the optimal energy density and to achieve the stability and simplicity of the manufacturing process, a design of disposing active materials on both sides of the middle part of a pole piece and disposing active materials on one side of the end part of the pole piece is adopted for a winding type electrode assembly. Referring to fig. 1, due to limitations in the manufacturing process, lithium metal in the lithium ion battery of the related art tends to precipitate (hereinafter, the term "precipitate lithium" refers to precipitation of lithium metal) in a region 102A of the anode active material disposed on one side and a region 103A of the anode active material adjacent thereto (a region occupying 10% of the area of the entire anode active material layer coating region) disposed on both sides.

Meanwhile, replacing the negative active material with higher gram capacity is also a method for improving the energy density, wherein silicon has high theoretical gram capacity (4200mAh/g), and has wide application prospect in lithium ion batteries. However, in the charge-discharge cycle process of the silicon-based material, lithium is easy to be accumulated on the surface of the negative electrode during the insertion and extraction of lithium ions due to poor conductivity. Meanwhile, since the thermal expansion rate of the silicon-based material is high, when a negative electrode design in which an active material is arranged on both sides of the middle part and an active material is arranged on one side of the end part of the negative electrode is adopted, the junction between the area arranged on one side and the area arranged on both sides is more easily subjected to thermal deformation, and further lithium precipitation is aggravated. Lithium separation represents the loss of lithium ions in the lithium ion battery, which causes the capacity loss of the battery and accelerates the cycle decay, so that the cycle performance of the lithium ion battery is reduced. In addition, the lithium precipitation may cause excessive lithium ion extraction from the positive electrode to replace the lost lithium ion, thereby destroying the positive electrode structure.

This application improves polarization and lithium of separating from the negative pole structure direction through the setting weight of regulation and control list two-sided active material layer and the compaction density proportion of cold pressing in process list two-sided active material layer, promotes lithium ion battery's cyclicity and security.

Fig. 1 is a schematic structural view of a negative electrode according to an embodiment of the present application.

According to one aspect of the present application, there is provided a negative electrode 10 including: the negative electrode current collector comprises a negative electrode current collector 101, a first negative electrode active material layer 102 and a second negative electrode active material layer 103, wherein one surface of the first negative electrode active material layer 102 is arranged at a first part of the negative electrode current collector 10; and a second negative electrode active material layer 103, the second negative electrode active material layer 103 being bilaterally disposed on a second portion of the negative electrode current collector 10 different from the first portion, wherein a ratio R of a weight per unit area of the first negative electrode active material layer 102 to the second negative electrode active material layer 103 on the negative electrode current collector 10 is about 0.47 to about 0.52, and a ratio R of a packing density of the first negative electrode active material layer 102 to the second negative electrode active material layer 103 is about 0.9 to about 1.1.

In other embodiments, the ratio of the weight per unit area of the first negative active material layer 102 to the second negative active material layer 103 on the negative electrode current collector 10 is about 0.5, and the ratio of the compacted density of the first negative active material layer to the second negative active material layer is about 0.97 to about 1.0.

During the circulation process, when the weight per unit area of the negative electrode active material layer on the negative electrode current collector is inconsistent, the current density of the active material layer distribution with different weight per unit area is uneven, when the current density of the negative electrode is uneven, the retention condition of lithium ions is different, and the lithium ions are more easily retained on the surface under the condition that the lithium ion transmission is limited due to high current density, so that the lithium precipitation is caused. As the weights per unit area of the first negative electrode active material layer 102 and the second negative electrode active material layer 103 on the negative electrode current collector 10 become more uniform, the current density distribution of the negative electrode can be maintained, thereby reducing the state of lithium deposition

As used herein, the term "compacted density" is the weight of active material per unit area of current collector divided by the total thickness of the active material layer in a direction perpendicular to the surface of the current collector after cold pressing.

Fig. 2 is a schematic view of a negative active material obtained by mixing a silicon-based material with graphite before and after cold pressing.

As shown in fig. 2, the intensity C110 of the 110 crystal plane diffraction peak of the negative active material obtained by mixing the silicon-based material and the graphite is higher before cold pressing as measured by an X-ray diffraction method, which indicates that the crystal structure arrangement of the negative active material before cold pressing is 110 crystal planes. After cold pressing, the intensity of 004 crystal plane diffraction peaks of the negative electrode active material measured by an X-ray diffraction method is increased along with the increase of the compacted density, namely C004 crystal structure arrangement of the negative electrode active material gradually tends to 004 crystal planes along with the increase of the compacted density. When the crystal structure of the negative active material is arranged to be 004 crystal planes, the resistance to insertion and extraction of lithium ions is large. Therefore, the higher the compaction density of the anode active material layer is, the more easily lithium is precipitated.

When the first anode active material layer 102 and the second anode active material layer 103 have the more uniform compacted density, the more average the lithium deposition is in the region 102A of the anode active material disposed on one side and the region 103A adjacent to the region disposed on both sides. Therefore, it is not easy to cause a large amount of lithium deposition in any single place of the region 102A of the negative electrode active material disposed on one side or the region 103A adjacent to the region disposed on both sides, thereby reducing the lithium deposition and improving the cycle performance of the electrochemical device.

In some embodiments, the compacted densities of the first negative electrode active material layer and the second negative electrode active material layer are each independently about 1.3g/cm^{3}To about 2.0g/cm^3,

In some embodiments, the first negative active material layer and the second negative active material layer each independently comprise a silicon-based material and graphite, wherein the silicon-based material is selected from the group consisting of silicon oxide, silicon carbon, and combinations thereof. In some embodiments, the silicon oxide is of the formula SiO_xWherein x is 0.5-1.6.

In some embodiments, the weight of the silicon-based material in the first negative electrode active material layer and the second negative electrode active material layer is greater than or equal to about 5% and less than about 100% by total weight of the silicon-based material and the graphite. In other embodiments, the weight of the silicon-based material in the first negative electrode active material layer and the second negative electrode active material layer is about 10% to about 40%. In other embodiments, the weight of the silicon-based material in the first negative electrode active material layer and the second negative electrode active material layer is about 15%.

Since the negative electrode active materials of the first negative electrode active material layer and the second negative electrode active material layer include the silicon-based material and the graphite, wherein said silicon-based material has a Dv99 of less than about 20 μm, but graphite has a Dv99 of greater, typically up to about 30 μm, and the compacted thickness of the pole piece is at least greater than the particle size of the individual particles which would otherwise be crushed, resulting in accelerated cycle decay.

In some embodiments, the individual layer thicknesses of the first and second negative electrode active material layers are each independently about 40 μm to about 60 μm. In some embodiments, the total thickness of the second negative active material layer is about 80 μm to about 120 μm.

In some embodiments, the particle size Dv50 of the first negative electrode active material layer and the second negative electrode active material layer is about 8.0 μm to about 20 μm. In other embodiments, the particle size Dv50 of the first and second negative electrode active material layers is approximately, for example, about 8.0 μm, about 9.0 μm, about 10.0 μm, about 12.0 μm, about 14.0 μm, about 16.0 μm, about 18.0 μm, about 20.0 μm, or a range consisting of any two of these values.

In some embodiments, the type of the silicon-based material comprises a crystalline state, an amorphous state, or a combination thereof.

In some embodiments, the silicon-based material has a particle size Dv50 of about 4.0 μm to about 10 μm. In other embodiments, the silicon-based material has a particle size Dv50 that is approximately, for example, about 4.0 μm, about 5.0 μm, about 6.0 μm, about 7.0 μm, about 8.0 μm, about 9.0 μm, about 10.0 μm, or a range consisting of any two of these values.

In some embodiments, the silicon-based material further comprises a carbon cladding layer.

In some embodiments, the silicon-based material exhibits Raman spectroscopy (Jobin Yvon LabRAM HR spectrometer, wavelength: 532nm, test range: 50cm^{-1} ~ 2000cm^{-1}) In about 500cm^{-1}±10cm^{-1}Has a peak height at a wavenumber of about 1350cm^{-1}±10cm^{-1}Is greater than 0. Wherein, is at about 500cm^{-1}Showing a Raman characteristic peak of silicon at a wavenumber of about 1350cm^{-1}Is the characteristic peak of the silicon surface coating carbon in wave number.

In some embodiments, the first negative active material layer and the second negative active material layer each independently comprise a binder and a conductive agent, wherein the binder comprises a material selected from the group consisting of polyacrylate, polyimide, polyamide, polyamideimide, polyvinylidene fluoride, styrene butadiene rubber, sodium alginate, polyvinyl alcohol, polytetrafluoroethylene, polyacrylonitrile, sodium carboxymethyl cellulose, potassium carboxymethyl cellulose, and combinations thereof, and the conductive agent comprises a material selected from the group consisting of conductive carbon black, acetylene black, ketjen black, graphene, and combinations thereof.

It is understood that the skilled person can choose to add any binder or conductive agent conventional in the art according to the actual needs, without being limited by the term.

In some embodiments, the total weight of the silicon-based material and the graphite in the first negative electrode active material layer is about 94% to about 96%, the weight of the binder is about 2.8% to about 4.0%, and the weight of the conductive agent is about 0.4% to about 1.6%, based on the total weight of the first negative electrode active material layer.

In some embodiments, the total weight of the silicon-based material and the graphite in the second negative electrode active material layer is about 94% to about 96%, the weight of the binder is about 2.8% to about 4.0%, and the weight of the conductive agent is about 0.4% to about 1.6%, based on the total weight of the second negative electrode active material layer.

In some embodiments, a method of making a negative electrode of the present application comprises the steps of:

taking a certain amount of silicon-based material and graphite, mixing the silicon-based material and the graphite with a binder and a conductive agent according to a fixed weight ratio, and then melting the mixture into deionized water to be uniformly stirred. After stirring, a mixed slurry was obtained by screening. Wherein the viscosity of the mixed slurry is between about 2500mPa.S and about 4000mPa.S, and the solid content is about 35% to about 50%.

Respectively coating the mixed slurry on copper foil current collectors, wherein the unit area weight of the single-side coated part is about 65g/m^{2}To about 130g/m^{2}The weight per unit area of the double-coated part was about 130g/m^{2}To about 260g/m^{2}And drying. After drying, cold pressing treatment is carried out to obtain a first negative electrode active material layer and a second negative electrode active material layer, wherein the compaction density of the second negative electrode active material layer is about 1.3g/cm^{3}To about 2.0g/cm^{3}The compacted density ratio R of the first negative electrode active material layer to the second negative electrode active material layer is about 0.9 to about 1.1, and then a negative electrode is obtained through a cutting process.

It is to be understood that each step in the method for preparing the negative electrode in the embodiment of the present application may be selected or substituted for other conventional processing methods in the art according to specific needs without departing from the spirit of the present application, and is not limited thereto.

According to another aspect of the present application, some embodiments of the present application also provide an electrochemical device including the anode of the present application. In some embodiments, the electrochemical device is a lithium ion battery. The lithium ion battery includes: in the above embodiments, the negative electrode, the separator, and the positive electrode are provided, and the separator is disposed between the positive electrode and the negative electrode.

In some embodiments, the positive electrode current collector may be an aluminum foil or a nickel foil, and the negative electrode current collector may be a copper foil or a nickel foil, however, other positive electrode current collectors and negative electrode current collectors commonly used in the art may be used without limitation.

In some embodiments, the positive electrode includes a positive electrode material capable of absorbing and releasing lithium (Li) (hereinafter, sometimes referred to as "a positive electrode material capable of absorbing/releasing lithium Li"). Examples of the positive electrode material capable of absorbing/releasing lithium (Li) may include one or more of lithium cobaltate, lithium nickel cobalt manganese oxide, lithium nickel cobalt aluminate, lithium manganate, lithium iron manganese phosphate, lithium vanadium phosphate, lithium vanadyl phosphate, lithium iron phosphate, lithium titanate, and a lithium-rich manganese-based material.

In the above positive electrode material, the chemical formula of lithium cobaltate may be $Li_yCo_aM1_bO_{2-c}$, wherein M1 represents at least one selected from the group consisting of nickel (Ni), manganese (Mn), magnesium (Mg), aluminum (Al), boron (B), titanium (Ti), vanadium (V), chromium (Cr), iron (Fe), copper (Cu), zinc (Zn), molybdenum (Mo), tin (Sn), calcium (Ca), strontium (Sr), tungsten (W), yttrium (Y), lanthanum (La), zirconium (Zr), and silicon (Si), and y, a, b, and c values are respectively in the following ranges: y is more than or equal to 0.8 and less than or equal to 1.2, a is more than or equal to 0.8 and less than or equal to 1, b is more than or equal to 0 and less than or equal to 0.2, and c is more than or equal to 0.1 and less than or equal to 0.2.

In the above cathode material, the chemical formula of lithium nickel cobalt manganese oxide or lithium nickel cobalt aluminate may be $Li_zNi_dM2_eO_{2-f}$, wherein M2 represents at least one selected from the group consisting of cobalt (Co), manganese (Mn), magnesium (Mg), aluminum (Al), boron (B), titanium (Ti), vanadium (V), chromium (Cr), iron (Fe), copper (Cu), zinc (Zn), molybdenum (Mo), tin (Sn), calcium (Ca), strontium (Sr), tungsten (W), zirconium (Zr) and silicon (Si), and z, d, e and f values are respectively in the following ranges: z is more than or equal to 0.8 and less than or equal to 1.2, d is more than or equal to 0.3 and less than or equal to 0.98, e is more than or equal to 0.02 and less than or equal to 0.7, and f is more than or equal to 0.1 and less than or equal to 0.2;

In the cathode material, the chemical formula of lithium manganate is $Li_uMn_{2-g}M3_gO_{4-h}$, wherein M3 represents at least one selected from the group consisting of cobalt (Co), nickel (Ni), magnesium (Mg), aluminum (Al), boron (B), titanium (Ti), vanadium (V), chromium (Cr), iron (Fe), copper (Cu), zinc (Zn), molybdenum (Mo), tin (Sn), calcium (Ca), strontium (Sr), and tungsten (W), and z, g, and h values are respectively in the following ranges: u is more than or equal to 0.8 and less than or equal to 1.2, and g is more than or equal to 0<h is more than or equal to 1.0 and less than or equal to-0.2 and less than or equal to 0.2.

In some embodiments, the positive electrode can further include at least one of a binder and a conductive agent. It is to be understood that those skilled in the art can select the binder and the conductive agent, which are conventional in the art, according to actual needs without being limited thereto.

In some embodiments, the release film includes, but is not limited to, at least one selected from the group consisting of polyethylene, polypropylene, polyethylene terephthalate, polyimide, and aramid. For example, the polyethylene includes at least one component selected from the group consisting of high density polyethylene, low density polyethylene, and ultra high molecular weight polyethylene. Particularly polyethylene and polypropylene, which have a good effect on preventing short circuits and can improve the stability of the battery through a shutdown effect.

The lithium ion battery of the present application further includes an electrolyte, which may be one or more of a gel electrolyte, a solid electrolyte, and an electrolyte including a lithium salt and a non-aqueous solvent.

In some embodiments, the lithium salt is selected from $LiPF_6$, $LiBF_4$, $LiAsF_6$, $LiClO_4$, $LiB(C_6H_5)_4$, $LiCH_3SO_3$, $LiCF_3SO_3$, $LiN(SO_2CF_3)_2$, $LiC(SO_2CF_3)_3$, $LiSiF_6$One or more of LiBOB and lithium difluoroborate. For example, the lithium salt is $LiPF_6$Since it can give high ionic conductivity and improve cycle characteristics.

The non-aqueous solvent may be a carbonate compound, a carboxylate compound, an ether compound, other organic solvent, or a combination thereof.

The carbonate compound may be a chain carbonate compound, a cyclic carbonate compound, a fluoro carbonate compound, or a combination thereof.

Examples of such other organic solvents are dimethylsulfoxide, 1, 2-dioxolane, sulfolane, methyl sulfolane, 1, 3-dimethyl-2-imidazolidinone, N-methyl-2-pyrrolidone, formamide, dimethylformamide, acetonitrile, trimethyl phosphate, triethyl phosphate, trioctyl phosphate, and phosphate esters and combinations thereof.

In some embodiments, the non-aqueous solvent is selected from the group consisting of ethylene carbonate, propylene carbonate, diethyl carbonate, dimethyl carbonate, ethyl methyl carbonate, propylene carbonate, methyl acetate, ethyl propionate, fluoroethylene carbonate, and combinations thereof.

It is to be understood that the preparation methods of the negative electrode, the positive electrode, the separator, and the lithium ion battery in the examples of the present application may be any suitable conventional methods in the art according to specific needs without departing from the spirit of the present application, and are not limited thereto. In one embodiment of the method of manufacturing an electrochemical device, the method of manufacturing a lithium ion battery includes: the negative electrode, the separator, and the positive electrode in the above embodiments are sequentially wound, folded, or stacked to form an electrode assembly, the electrode assembly is incorporated into, for example, an aluminum plastic film, and an electrolyte is injected, followed by vacuum packaging, standing, formation, shaping, and the like to obtain a lithium ion battery.

Although illustrated above as a lithium ion battery, one skilled in the art will appreciate after reading this application that the negative electrode of the present application may be used in other suitable electrochemical devices. Such an electrochemical device includes any device in which electrochemical reactions occur, and specific examples thereof include all kinds of primary batteries, secondary batteries, fuel cells, solar cells, or capacitors. In particular, the electrochemical device is a lithium secondary battery including a lithium metal secondary battery, a lithium ion secondary battery, a lithium polymer secondary battery, or a lithium ion polymer secondary battery.

Some embodiments of the present application further provide an electronic device comprising the electrochemical device in the embodiments of the present application.

The electronic device of the embodiment of the present application is not particularly limited, and may be any electronic device known in the art. In some embodiments, the electronic device may include, but is not limited to, a notebook computer, a pen-input computer, a mobile computer, an electronic book player, a cellular phone, a portable facsimile machine, a portable copier, a portable printer, a headphone, a video recorder, a liquid crystal television, a handheld cleaner, a portable CD player, a mini-disc, a transceiver, an electronic notebook, a calculator, a memory card, a portable recorder, a radio, a backup power source, a motor, an automobile, a motorcycle, a moped, a bicycle, a lighting fixture, a toy, a game machine, a clock, a power tool, a flashlight, a camera, a large household battery, a lithium ion capacitor, and the like.

DETAILED DESCRIPTION OF EMBODIMENT (S) OF INVENTION

The following examples and comparative examples are listed and the unit weight and the compaction density of the negative electrode are tested and the cycle performance and the lithium deposition of the electrochemical device (lithium ion battery) are tested to better illustrate the technical solution of the present application.

Test method

Laser particle size analysis:

laser particle size testing measures the particle size distribution based on the principle that different sized particles scatter the laser light at different intensities. The main indicators characterizing the particle size characteristics are Dv10, Dv10, Dv50, Dv90, Dv99 and the like, wherein Dv50 is referred to as particle size and represents the particle size of the sample when the volume is accumulated to 50% of the total volume from the small particle size in the particle size distribution on a volume basis. The examples and comparative examples of the present application use a Mastersizer 3000 laser particle size distribution tester to analyze the particle size of the particles of the samples: and dispersing a sample of the negative active material in 100mL of a dispersing agent (deionized water) to enable the shading degree to reach 8-12%. The sample was then sonicated for 5 minutes at a sonication intensity of 40KHz and 180 w. After ultrasonic treatment, the sample is subjected to laser particle size distribution analysis to obtain particle size distribution data.

Unit weight and compacted density test:

the areas of the first negative electrode active material layer and the second negative electrode active material layer on the negative electrode to be detected are 1540.25mm respectively along the surface of the negative electrode current collector^{2}A sample of active material from a small disc. After removing the negative current collector, the weight of the negative active material thereof was recorded. Each set was sampled for 12 different positions of the active material, and the weight per unit area of the first negative electrode active material layer and the second negative electrode active material layer was calculated.

The total thickness of the first negative active material layer and the second negative active material layer on the negative electrode in the direction perpendicular to the surface of the current collector was measured (the thickness of the current collector was removed). Each set was sampled for 12 different positions of the active material, and the compaction densities of the first negative electrode active material layer and the second negative electrode active material layer were calculated. The compacted density is the weight of the negative active material/total thickness in the direction perpendicular to the surface of the current collector.

And (3) testing the cycle performance:

the lithium ion batteries of the following examples and comparative examples were placed in a thermostat of 25 ℃, +-. 2 ℃ and left to stand for 2 hours, charged at a constant current of 0.5C to 4.45V, then charged at a constant voltage of 4.45V to 0.02C and left to stand for 15 minutes, discharging to 3.0V at a constant current of 0.5C, wherein the constant current is a charge-discharge cycle process, and recording the discharge capacity of the lithium ion battery in the first cycle, and then repeating the charge-discharge cycle process according to the method, recording the discharge capacity of each charge-discharge cycle process, and comparing the discharge capacity with the discharge capacity of the first cycle to obtain a cycle capacity curve.

And 4 lithium ion batteries are taken in each group, and the average value of the capacity retention rate of the lithium ion batteries is calculated. The cycle retention of the lithium ion battery was 400 th cycle discharge capacity (mAh)/100th of discharge capacity (mAh) after the first cycle.

Lithium separation test:

the lithium ion batteries of the following examples and comparative examples were placed in an incubator at 25 ℃, +-. 2 ℃ and left to stand for 2 hours, and were discharged to 3.00V at a constant current of 0.5C. After standing for 5 minutes, it was charged to 4.45V at a constant current of 0.7C, and then to 0.02C at a constant voltage of 4.45V. This is a single lithium analysis test cycle, after repeating the above-mentioned lithium analysis test cycle 10 times, discharging the lithium ion battery to 3.00V at a constant current of 0.5C, then disassembling the lithium ion battery and calculating the ratio S of the lithium analysis area (in gray) to the area of the negative active material layer. The degree of lithium deposition was judged from the ratio S of the area of fully charged negative electrode deposited lithium (in gray color) to the area of the negative electrode active material layer: less than 3% is slightly lithium separated, 3% to 5% is separated, and more than 5% is severely separated.

Second, preparation method

Preparation of the Positive electrode

Mixing lithium cobaltate ($LiCoO_2$) Conductive carbon black, polyvinylidene fluoride (PVDF)) According to the weight ratio of 95.7: 1.7: the positive electrode slurry was formed by dissolving the positive electrode slurry in an N-methylpyrrolidone (NMP) solution at a ratio of 1.6. And (3) adopting an aluminum foil as a positive current collector, coating the positive slurry on the positive current collector, and drying, cold pressing and cutting to obtain the positive electrode.

Preparation of the electrolyte

Lithium hexafluorophosphate, fluoroethylene carbonate (FEC) and a nonaqueous organic solvent (ethylene carbonate (EC): dimethyl carbonate (DMC): diethyl carbonate (DEC). 1: 1: 1, weight ratio) were formulated into an electrolyte having a fluoroethylene carbonate concentration of 10 wt% and a lithium hexafluorophosphate concentration of 1mol/L under an environment having a water content of less than 10 ppm.

Preparation of lithium ion battery

A Polyethylene (PE) porous polymer film is used as a separation film. The above-described positive electrode, separator and negative electrodes of the following examples and comparative examples were stacked in this order so that the separator was interposed between the positive electrode and the negative electrode to perform the separation function, and then wound into an electrode assembly. The electrode assembly was then packed in an aluminum plastic film pouch and, after dehydration at 80 ℃, a dry electrode assembly was obtained. And then injecting the electrolyte into a dry electrode assembly, and carrying out vacuum packaging, standing, formation, shaping and other procedures to finish the preparation of the lithium ion batteries of the following examples and comparative examples.

Example 1

400 g of SiO_x(x is more than or equal to 0.6 and less than or equal to 1.6), 2400 g of artificial graphite and 35 g of conductive carbon black are added into a stirrer and stirred for 120 minutes at the revolution speed of 20 circles/minute. Subsequently, 95 g of polyacrylic acid was added to the stirred mixture, stirred for 60 minutes at a revolution speed of 20 revolutions per minute and a rotation speed of 1200 revolutions per minute, and then added with deionized water and stirred for 120 minutes to obtain a mixed slurry. And filtering the mixed slurry by using a 170-mesh double-layer screen to obtain the cathode slurry.

Coating the negative electrode slurry on a negative electrode current collector by using copper foil as the negative electrode current collector, wherein the unit area weight of the part coated on one side is 76.6g/m^{2}The weight per unit area of the double-coated part was 153.2g/m^{2}Application of bothThe cloth weight ratio K is 0.5 and drying is carried out. After drying, cold pressing treatment is carried out to obtain a first negative electrode active material layer and a second negative electrode active material layer, wherein the compaction density of the second negative electrode active material layer is 1.78g/cm^{3}The compaction density ratio R of the first negative electrode active material layer to the second negative electrode active material layer was 0.9, and then the negative electrode was obtained by a cutting process.

Example 2

In the same manner as in example 1 except that the compacted density ratio R of the first anode active material layer to the second anode active material layer in example 2 was 0.95.

Example 3

In the same manner as in example 1 except that the compacted density ratio R of the first anode active material layer to the second anode active material layer in example 3 was 0.97.

Example 4

In the same manner as in example 1 except that the compaction density ratio R of the first anode active material layer to the second anode active material layer in example 4 was 1.0.

Example 5

In the same manner as in example 1 except that the compaction density ratio R of the first anode active material layer to the second anode active material layer in example 5 was 1.1.

Example 6

The same procedure was followed as in example 1, except that the one-side coated portion in example 6 had a weight per unit area of 76.6g/m^2The coating weight ratio K per unit area of the two was 0.47.

Example 7

The same procedure was followed as in example 1, except that the one-side coated portion in example 7 had a weight per unit area of 76.6g/m^2The coating weight ratio K per unit area of the two was 0.82.

Example 8

The same procedure was followed as in example 1, except that the silicon-based material used in example 8 was 400 g of silicon carbon (SiC).

Comparative example 1

In the same manner as in example 1 except that the compacted density ratio R of the first negative electrode active material layer to the second negative electrode active material layer in comparative example 1 was 0.85.

Comparative example 2

In the same manner as in example 1 except that the compaction density ratio R of the first negative electrode active material layer to the second negative electrode active material layer in comparative example 2 was 1.5.

Comparative example 3

The same procedure as in example 1 was repeated, except that in comparative example 3, the weight per unit area of the single-coated part was 76.6g/m^2The coating weight ratio K per unit area of the two was 0.4.

Comparative example 4

The same procedure as in example 1 was conducted except that the one-side coated portion in comparative example 4 had a weight per unit area of 76.6g/m^2The coating weight ratio K per unit area of the two was 0.85.

Comparative example 5

The same procedure as in comparative example 1 was followed except that the silicon-based material used in comparative example 5 was 400 g of silicon carbon (SiC).

Comparative example 6

In the same manner as in example 1 except that the silicon-based material used in comparative example 6 was 400 g of silicon carbon (SiC), and the compacted density ratio R of the first anode active material layer to the second anode active material layer was 1.2.

The negative electrodes of the above examples and comparative examples were subjected to unit weight and compaction density tests. And then, carrying out cycle performance test and storage expansion rate test on the lithium ion battery, and recording the test result.

The statistics of the negative electrodes of examples 1 to 8 and comparative examples 1 to 6 and the results of passing the unit weight and compacted density test, the cycle performance test and the lithium precipitation test are shown in table 1 below.

TABLE 1

实施例/对比例	硅基材料	新鲜负极K值	新鲜负极R值	循环保持率（-）	400圈循环后K值	400圈循环后R值	400圈循环后第一负极活性材料层区域（102A）S值	400圈循环后第二负极活性材料层与第一负极活性材料层的相邻区域（103A）S值	析锂测试循环S值
实施例1	氧化硅	0.5	0.9	90.3%	0.5	0.88	0	2.8%	2.6%
实施例2	氧化硅	0.5	0.95	91.1%	0.5	0.94	0	1.6%	2.0%
实施例3	氧化硅	0.5	0.97	91.7%	0.5	0.96	0	0	0
实施例4	氧化硅	0.5	1.0	92.1%	0.5	1.0	0	0	0
实施例5	氧化硅	0.5	1.1	91.9%	0.5	1.12	2.4%	0	2.5%
实施例6	氧化硅	0.47	1.0	89.7%	0.47	0.95	2.7%	0	2.8%
实施例7	氧化硅	0.52	1.0	90.6%	0.52	1.08	0	1.8%	2.0%
实施例8	硅碳	0.5	1.0	89%	0.5	1.0	0	0	0
对比例1	氧化硅	0.5	0.85	83.4%	0.5	0.78	2.0%	3.3%	20%
对比例2	氧化硅	0.5	1.5	80.3%	0.5	1.6	6%	4.5%	22%
对比例3	氧化硅	0.4	1.0	77.5%	0.4	0.83	8%	2.5%	30%
对比例4	氧化硅	0.55	1.0	82.5%	0.55	1.1	2.6%	8.9%	26%
对比例5	硅碳	0.5	0.85	73.1%	0.5	0.72	2.7%	4.3%	28%
对比例6	硅碳	0.5	1.2	79%	0.5	1.4	3.4%	3.1%	24%

As shown in table 1, the examples of the present application can effectively reduce the lithium deposition on the negative electrode and improve the cycle capacity retention rate of the lithium ion battery compared to the corresponding comparative examples.

As can be seen from comparing examples 1 to 5 and 8 with comparative examples 1,2, 5 and 6, the closer the compaction density ratio R of the first anode active material layer to the second anode active material layer is to 1, the more the lithium deposition of the anode can be reduced. When the ratio K of the weight per unit area of the first negative electrode active material layer to the weight per unit area of the second negative electrode active material layer is 0.5, the coating weight of the pole piece is uniform, the current density between the first negative electrode active material layer and the second negative electrode active material layer is the same, and when the R value is less than 1, the compaction density of the first negative electrode active material layer region is low, lithium ions are more easily inserted into and taken out of the first negative electrode active material layer region, and therefore no lithium precipitation exists in the first negative electrode active material layer region. When R > 1, it indicates that the compacted density of the first negative electrode active material layer region is larger, the lithium ion deintercalation resistance is larger, and it is easier to precipitate lithium in the first negative electrode active material layer region.

FIG. 3 is a graph of the cycle capacity of example 4 of the present application and comparative example 2.

As shown in fig. 3, the compaction density ratio R of the first negative electrode active material layer to the second negative electrode active material layer of the fresh negative electrode in example 4 was 1. After 400 cycles, the R value of the composite material is not changed too much due to the fact that the compacted density of the composite material is consistent and the composite material is not easy to expand and deform. Therefore, the lithium ion battery of example 4 can maintain an extremely high capacity retention rate at all times during cycling. In contrast, the compaction density ratio R of the negative electrode of comparative example 2 is 1.5, and after 400 cycles, the original inconsistent compaction density may cause the content of the silicon-based material of the first negative electrode active material layer and the second negative electrode active material layer on the negative electrode to be different, which may further cause the expansion rate to be inconsistent, thereby aggravating the change of the compaction density. Therefore, the capacity retention rate of the lithium ion battery of comparative example 2 rapidly decreased.

As can be seen from comparison of examples 4, 6 and 7 with comparative examples 3 and 4, the closer the weight ratio K per unit area of the first anode active material layer and the second anode active material layer is to 0.5, the more the lithium deposition of the anode can be reduced. When K is less than 0.5, it indicates that the negative electrode active material in the first negative electrode active material layer region is less, resulting in a large current density in the first negative electrode active material layer region during cycling and easier lithium deposition; when K is greater than 0.5, it indicates that the negative electrode active material in the first negative electrode active material layer region is more, resulting in a low current density in the first negative electrode active material layer region during cycling and difficulty in lithium deposition.

Through comparison between the above examples and comparative examples, it can be clearly understood that the degree of lithium deposition can be effectively reduced by controlling the ratio K of the weight per unit area to the ratio R of the compacted density of the first negative electrode active material layer to the second negative electrode active material layer, so as to improve the cycle performance of the lithium ion battery.

Reference throughout this specification to "some embodiments," "one embodiment," "another example," "an example," "a specific example," or "some examples" means that a particular feature, structure, material, or characteristic described in connection with the embodiment or example is included in at least one embodiment or example of the present application. Thus, throughout the specification, descriptions appear, for example: "in some embodiments," "in an embodiment," "in one embodiment," "in another example," "in one example," "in a particular example," or "by example," which do not necessarily refer to the same embodiment or example in this application. Furthermore, the particular features, structures, materials, or characteristics may be combined in any suitable manner in one or more embodiments or examples.

Although illustrative embodiments have been illustrated and described, it will be appreciated by those skilled in the art that the above embodiments are not to be construed as limiting the application and that changes, substitutions and alterations can be made to the embodiments without departing from the spirit, principles and scope of the application.

Patent Citations (14)

Publication number	Priority date	Publication date	Assignee	Title
US20070048615A1 *	2005-08-25	2007-03-01	Masatoshi Nagayama	Non-aqueous electrolyte secondary battery and battery pack using the same

CN101934269A *	2009-07-02	2011-01-05	宁波锦浪新能源科技股份有限公司	Coating process for cathode material lithium iron phosphate and lithium ion battery thereof
CN101944607A *	2010-02-09	2011-01-12	湖南科力远新能源股份有限公司	Preparation method of negative plate of chemical battery
CN102856538A *	2011-06-30	2013-01-02	Fdkwiceli株式会社	Negative electrode plate and cylindrical cell including same
CN103825044A *	2012-11-16	2014-05-28	索尼公司	Battery, battery pack, electronic apparatus, electric power storage apparatus, and electric power system
CN205376669U *	2016-02-01	2016-07-06	宁德新能源科技有限公司	Lithium ion battery cell and contain lithium ion battery of this electricity core
EP3387687A1 *	2015-12-09	2018-10-17	Nanoscale Components, Inc.	Methods for alkaliating roll anodes
Family To Family Citations				
US20130171502A1 *	2011-12-29	2013-07-04	Guorong Chen	Hybrid electrode and surface-mediated cell-based super-hybrid energy storage device containing same
CN102683701B *	2012-05-25	2015-03-25	浙江超威电源股份有限公司	High-capacity high-magnification square lithium ion power battery and manufacturing method thereof
KR102542849B1 *	2015-05-30	2023-06-09	삼성에스디아이 주식회사	Negative electrode for rechargeable lithium battery and rechargeable lithium battery including the same
US11349122B2 *	2016-10-06	2022-05-31	Nec Corporation	Spacer included electrodes structure and its application for high energy density and fast chargeable lithium ion batteries
CN108807849B *	2018-05-16	2019-11-15	宁德时代新能源科技股份有限公司	Negative electrode plate and secondary battery containing same
CN110010902A *	2019-03-29	2019-07-12	宁德新能源科技有限公司	Electrode plates and electrochemical appliance comprising the electrode plates
CN109768179AB *	2019-03-29	2021-07-20	东莞新能安科技有限公司	Electrode sheet and electrochemical device comprising same

* Cited by examiner, † Cited by third party

Cited By (17)

Publication number	Priority date	Publication date	Assignee	Title
CN111525194A *	2020-04-28	2020-08-11	宁德新能源科技有限公司	Electrochemical device and electronic device including the same
CN111540860A *	2020-05-08	2020-08-14	珠海冠宇电池股份有限公司	Negative plate, preparation method and lithium ion battery comprising negative plate
CN111540879A *	2020-05-08	2020-08-14	珠海冠宇电池股份有限公司	Positive plate, preparation method and lithium ion battery comprising positive plate
CN111540881A *	2020-05-08	2020-08-14	珠海冠宇电池股份有限公司	Negative plate, preparation method and lithium ion battery comprising negative plate
CN111916644A *	2020-08-13	2020-11-10	东莞新能安科技有限公司	Electrochemical device and electronic device
CN112018307A *	2020-09-01	2020-12-01	珠海冠宇电池股份有限公司	Negative plate, preparation method and battery
CN112310346A *	2020-11-03	2021-02-02	珠海冠宇电池股份有限公司	Negative plate for polymer lithium ion battery with ultrahigh energy density
CN112421031A *	2020-11-24	2021-02-26	宁德新能源科技有限公司	Electrochemical device and electronic device
CN112736218A *	2020-12-29	2021-04-30	珠海冠宇电池股份有限公司	Lithium battery negative plate, winding type battery cell and lithium ion battery
CN112750976A *	2020-12-29	2021-05-04	珠海冠宇电池股份有限公司	Lithium battery core and lithium ion battery
CN112952096A *	2020-12-30	2021-06-11	珠海冠宇电池股份有限公司	Electrode plate, secondary battery comprising same and device
CN113097431A *	2021-03-30	2021-07-09	宁德新能源科技有限公司	Electrochemical device and electronic device
CN113826242A *	2021-01-22	2021-12-21	宁德新能源科技有限公司	Pole piece, secondary battery and electronic device
WO2022174547A1 *	2021-02-22	2022-08-25	宁德新能源科技有限公司	Electrochemical device and electronic device comprising same

WO2022206877A1 *	2021-03-31	2022-10-06	[redacted]	Electrochemical device and electronic device
Family To Family Citations				
CN113745468A *	2021-09-08	2021-12-03	[redacted]	Lithium ion battery and electronic device
CN114050234B *	2021-11-15	2023-02-28	[redacted]	Negative plate and lithium ion battery comprising same

* Cited by examiner, † Cited by third party, ‡ Family to family citation

Similar Documents

Publication	Publication Date	Title
CN111029578	2021-06-11	Negative electrode, and electrochemical device and electronic device including the same
JP7280942B2	2023-05-24	Negative electrode materials and negative electrodes containing said negative electrode materials, and electrochemical devices
US20230026799A1	2023-01-26	Anode active material, and electrochemical device and electronic device using such anode active material
CN113708008	2021-08-18	Negative electrode active material, and electrochemical device and electronic device using same
CN113097438B	2022-08-12	Electrochemical device and electronic device
CN111525194B	2022-05-20	Electrochemical device and electronic device including the same
CN113823958	2021-06-29	Electrochemical device and electronic device
CN111146423B	2021-06-29	Negative electrode, and electrochemical device and electronic device comprising same
CN114038257A	2022-04-08	Negative electrode, electrochemical device, and electronic device
CN113597684A	2021-11-02	Negative electrode active material, and electrochemical device and electronic device using same
CN113921757B	2022-07-05	Electrochemical device and electronic device
CN116093381B	2023-08-18	Negative electrode active material, preparation method thereof, negative electrode plate and secondary battery
US20220223853A1	2022-07-14	Negative electrode material and electrochemical apparatus and electronic apparatus containing same
CN112421031B	2022-04-05	Electrochemical device and electronic device
US20210391567A1	2021-12-16	Negative electrode, and electrochemical apparatus and electronic apparatus including same
US20220311008A1	2022-09-29	Positive electrode plate, and electrochemical apparatus and electronic apparatus containing such positive electrode plate
WO2021138814A1	2021-07-15	Electrochemical device and electronic device comprising electrochemical device
CN113161553A	2021-07-23	Electrochemical device and electronic device comprising the same
CN115053366A	2022-09-13	Positive electrode material, and electrochemical device and electronic device each comprising same
CN113937298A	2022-01-07	Cathode material, electrochemical device and electronic device including the same, and method of preparing the cathode material
CN115663279A	2022-09-13	Electrochemical device and electronic device

Priority And Related Applications

Child Applications (1)

Application	Priority date	Filing date	Relation	Title
CN202110887888.7A	2019-12-11	2019-12-11	Division	Negative electrode, and electrochemical device and electronic device including the same

Priority Applications (4)

Application	Priority date	Filing date	Title
CN202110887888.7A	2019-12-11	2019-12-11	Negative electrode, and electrochemical device and electronic device including the same
CN201911267132.XA	2019-12-11	2019-12-11	Negative electrode, and electrochemical device and electronic device including the same
PCT/CN2019/130465	2019-12-11	2019-12-31	Negative electrode, electrochemical device comprising negative electrode, and electronic device

US17/707,129	2019-12-11	2022-03-29	Negative electrode and electrochemical apparatus containing same, and electronic apparatus

Applications Claiming Priority (1)

Application	Filing date	Title
CN201911267122.XA	2019-12-11	Negative electrode, and electrochemical device and electronic device including the same

Legal Events

Date	Code	Title	Description
2020-04-17	PB01	Publication	
2020-04-17	PB01	Publication	
2020-05-12	SE01	Entry into force of request for substantive examination	
2020-05-12	SE01	Entry into force of request for substantive examination	
2021-06-11	GR01	Patent grant	
2021-06-11	GR01	Patent grant	

Concepts

machine-extracted

Download Filter table

Name	Image	Sections	Count	Query match
negative electrode material		claims,abstract,description	124	0.000
silicon-based material		claims,description	35	0.000
anode active material		claims,description	31	0.000
carbon		claims,description	26	0.000
silicon carbon		claims,description	22	0.000
particle		claims,description	20	0.000
graphite		claims,description	15	0.000
graphite		claims,description	15	0.000
binding agent		claims,description	12	0.000
conductive agent		claims,description	12	0.000
material		claims,description	7	0.000
carbon black		claims,description	4	0.000
carboxy methyl cellulose		claims,description	4	0.000
silicium dioxide		claims,description	4	0.000
Polyimide		claims,description	3	0.000
Polyimide		claims,description	3	0.000
Raman spectroscopy		claims,description	3	0.000
carbon		claims,description	3	0.000
polyvinylidene fluoride		claims,description	3	0.000
silicon oxide		claims,description	3	0.000
Carboxymethyl cellulose		claims,description	2	0.000
PVDF binder		claims,description	2	0.000
Polyamide		claims,description	2	0.000

Polyamide-imide	claims,description	2	0.000
Polyvinyl alcohol	claims,description	2	0.000
Sodium alginate	claims,description	2	0.000
acetic acid;2,3,4,5,6-pentahydroxyhexanal;sodium	claims,description	2	0.000
acetylene black	claims,description	2	0.000
carboxy methyl cellulose	claims,description	2	0.000
carboxymethyl cellulose	claims,description	2	0.000
cladding	claims,description	2	0.000
graphene	claims,description	2	0.000
ketjen black	claims,description	2	0.000
polyacrylate	claims,description	2	0.000
polyacrylonitrile	claims,description	2	0.000
polyamide	claims,description	2	0.000
polyamide-imide	claims,description	2	0.000
polytetrafluoroethylene	claims,description	2	0.000
polytetrafluoroethylene	claims,description	2	0.000
polyvinyl alcohol	claims,description	2	0.000
potassium	claims,description	2	0.000
potassium	claims,description	2	0.000
potassium	claims,description	2	0.000
sodium 3,4,5,6-tetrahydroxyoxane-2-carboxylate	claims,description	2	0.000
sodium alginate	claims,description	2	0.000
sodium alginate	claims,description	2	0.000
sodium carboxymethyl cellulose	claims,description	2	0.000
sodium carboxymethylcellulose	claims,description	2	0.000
styrene butadiene rubber	claims,description	2	0.000
isolation	claims	1	0.000
lithium	abstract,description	44	0.000
lithium	abstract,description	40	0.000
compaction	abstract,description	18	0.000
precipitation	abstract,description	7	0.000

Show all concepts from the description section

(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2012-84412
(P2012-84412A)
(43)公開日　平成24年4月26日(2012.4.26)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
H01M 10/0587	***(2010.01)***	H01M	10/00	118	5H017
H01M 2/26	***(2006.01)***	H01M	2/26	A	5H029
H01M 2/30	***(2006.01)***	H01M	2/30	D	5H043
H01M 4/70	***(2006.01)***	H01M	4/70	A	5H050
H01M 4/13	***(2010.01)***	H01M	4/02	101	

審査請求 未請求　請求項の数 8　OL　（全 21 頁）

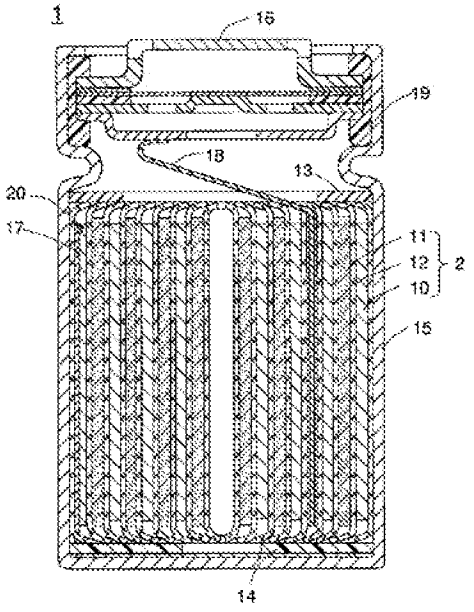
(21)出願番号　特願2010-230063 (P2010-230063)
(22)出願日　平成22年10月12日 (2010.10.12)

(71)出願人　000005821
パナソニック株式会社
大阪府門真市大字門真１００６番地
(74)代理人　100072431
弁理士　石井　和郎
(74)代理人　100117972
弁理士　河崎　眞一
(74)代理人　100133798
弁理士　江川　勝
(72)発明者　古結　原隆
大阪府門真市大字門真１００６番地　パナソニック株式会社内
(72)発明者　片山　仁
大阪府門真市大字門真１００６番地　パナソニック株式会社内

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】銅－珪素合金を含有する合金層を介して負極集電体と負極リードとが接続された珪素系負極を用いた捲回型電極群を備えた非水電解質二次電池において、負極リードの珪素系負極からの部分剥離や破断を抑制する。
【解決手段】帯状の負極１０と帯状の正極１１との間に帯状のセパレータ１２を介在させた積層体を略円筒型に捲回した捲回型電極群２と、非水電解質とを備え、捲回型電極群２の半径が３ｍｍ以上であり、負極１０が、集電体と、集電体表面に被着された珪素系活物質からなる活物質層と、銅－珪素合金を含む合金層２０を介して集電体に接続された短冊状のリード１７と、を備え、リード１７は捲回型電極群２の中心から半径３ｍｍ以上の捲回層に接続されており、短辺幅１ｍｍあたりの引張力が３Ｎ～５０Ｎである銅箔又は銅合金箔からなる、非水電解質二次電池。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
帯状の正極と帯状の負極との間に帯状のセパレータを介在させた積層体を略円筒型に捲回した捲回型電極群と、非水電解質と、を備えた非水電解質二次電池であって、
前記捲回型電極群の半径は３ｍｍ以上であり、
前記負極は、集電体と、前記集電体表面に被着された珪素系活物質からなる活物質層と、銅－珪素合金を含む合金層を介して前記集電体に接続された短冊状のリードと、を備え、
前記リードは前記捲回型電極群の中心から半径３ｍｍ以上の捲回周に接続されており、短辺幅１ｍｍあたりの引張力が３Ｎ～５０Ｎである銅箔又は銅合金箔からなることを特徴とする非水電解質二次電池。
【請求項２】
前記リードの短辺幅が３ｍｍ以下である請求項１に記載の非水電解質二次電池。
【請求項３】
前記リードがタフピッチ銅箔からなり、前記タフピッチ銅箔は厚み０．０５ｍｍ～０．３３ｍｍの焼鈍処理が施されたタフピッチ銅箔である請求項１又は２に記載の非水電解質二次電池。
【請求項４】
前記リードがタフピッチ銅箔からなり、前記タフピッチ銅箔は厚み０．１２ｍｍ以下の焼鈍処理が施されていないタフピッチ銅箔である請求項１又は２に記載の非水電解質二次電池。
【請求項５】
前記リードが厚み０．１ｍｍ以下のジルコニウム銅合金箔からなる請求項１又は２に記載の非水電解質二次電池。
【請求項６】
前記リードが厚み０．０６ｍｍ以下のコルソン銅合金箔からなる請求項１又は２に記載の非水電解質二次電池。
【請求項７】
前記集電体と前記リードとの接続が、プラズマ溶接により形成されたものである請求項１～６のいずれか１項に記載の非水電解質二次電池。
【請求項８】
前記集電体が、その表面に互いに離隔する複数の凸部を有し、前記活物質層が、前記凸部表面に支持されて、珪素系活物質からなる複数の柱状体を含む請求項１～７のいずれか１項に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に関する。より詳しくは、本発明は、珪素系負極活物質を用いた非水電解質二次電池における、負極と負極リードとの接続の改良に関する。
【背景技術】
【０００２】
リチウムと合金を形成することによりリチウムを吸蔵する、珪素系活物質を負極活物質として用いた非水電解質二次電池（以下「合金系二次電池」とする）が知られている。合金系二次電池は、負極活物質として黒鉛を用いた従来の非水電解質二次電池よりも高い容量及びエネルギー密度を有している。従って、合金系二次電池は、電子機器の電源としてだけでなく、輸送機器や工作機器等の主電源又は補助電源としても期待されている。
【０００３】
従来の負極は、例えば、銅箔等からなる集電体の表面に黒鉛等の活物質と結着剤とを含む活物質層が形成されており、その集電体の端部に出入力端子となるリードが数点の溶接部でスポット溶接されている。集電体表面のリードが溶接される部分には活物質層が形成

されておらず、集電体が露出している。この露出した部分に、リードが直接溶接されている。

【０００４】

図１１は、このようにリードがスポット溶接された、従来の電極１００の接続状態を模式的に示す上面図である。電極１００の集電体１０１が露出した部分には、電極１００の長手方向とリード１０３の長手方向とが直交し、電極１００の幅方向の一端部とリード１０３の長手方向の一端部とが重なるように、電極１００及びリード１０３が配置されている。そして、これらは、スポット溶接により複数の溶接部１０４で溶接されている。

【０００５】

ところで、合金系二次電池に用いられる負極として、結着剤を用いた活物質層を形成する代わりに、銅箔等からなる集電体の表面に真空蒸着等により珪素系活物を被着させた珪素系負極が知られている。このような珪素系負極においては、集電体にリードを接続することが煩雑であるという問題があった。詳しくは、従来の負極のような集電体が露出したリード接続部を形成するためには、例えば、真空蒸着等の際にリード接続部の形成領域をマスクすることにより、その領域に珪素系活物質が蒸着されないようにする必要があった。このような、マスク作業は、工程上非常に煩雑になる。

【０００６】

このような問題に対し、本発明者らは、珪素系活物質等からなる活物質層が両側表面に設けられた集電体と、ニッケル、ニッケル合金、銅及び銅合金よりなる群から選ばれる少なくとも１種を含有するリードとを、アーク溶接により接続する方法を提案した（特許文献１参照）。詳しくは、集電体の表面に形成された活物質層にリードの一部分を重ね、重ね合わせた部分をアーク溶接することにより、集電体とリードとの間に珪素系合金層が形成され、集電体とリードとが導通性良く接続される。このような珪素系合金層は、活物質層が集電体及びリードのそれぞれ一部と共に溶融し、再凝固することにより形成される。

【０００７】

図１２は、アーク溶接による珪素系負極１０の接続状態を模式的に示す上面図である。珪素系負極１０とリード１１７とをアーク溶接することにより、珪素系負極１０の集電体とリード１１７とが合金層１２０を介して接続されている。このように集電体の表面に形成された珪素系活物質層にリードの一部分を重ね、重ね合わせた部分をアーク溶接することにより、集電体の露出部を形成することなく溶接ができるために工業的に有利になる。

【０００８】

また、リードに関する先行技術として、特許文献２は、リードの薄肉化や軽量化を図るために、ニッケル、ニッケル合金又は鉄合金からなる溶接層と、銅又は耐熱銅合金からなる基層と、が積層されたリードを開示する。特許文献３は、電気自動車等の駆動電源として用いられる薄型電池において、平板の電極端子に折り目を付けることにより、電極端子とリードとの断線を抑制する技術を開示する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００９】

【特許文献１】国際公開第２０１０／０４１３９９号

【特許文献２】特開平１１－２９７３００号公報

【特許文献３】特開２００７－７３４８５号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【００１０】

特許文献１に開示された技術によれば、珪素系負極にリードを溶接することが明らかに容易になる。しかしながら、本発明者らは、次のような新たな課題を見出した。

【００１１】

珪素系負極においては、アーク溶接により集電体とリードとの間に、機械的強度は高いが、脆さのある合金層が形成される。一方、捲回型電極群を作製する場合、リードは捲回

型電極群の曲率に沿って湾曲する。ところが、負極としてリードがアーク溶接された珪素系負極を用いた場合、リードの接続部分の湾曲が大きくなると、合金層が脆さを有することから、リードの珪素系負極からの部分的な剥離や破断が生じ易くなるおそれがあった。

【００１２】

本発明の目的は、銅－珪素合金を含有する合金層を介してリードが接続された珪素系負極を用いた捲回型電極群を備え、リードの珪素系負極からの部分剥離や破断が抑制された非水電解質二次電池を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【００１３】

本発明の非水電解質二次電池は、帯状の正極と帯状の負極との間に帯状のセパレータを介在させた積層体を略円筒型に捲回した捲回型電極群と、非水電解質とを備えた、捲回型電極群の半径が３ｍｍ以上であり、負極が、集電体と、集電体表面に被着された珪素系活物質からなる活物質層と、銅－珪素合金を含む合金層を介して集電体に接続された短冊状のリードと、を備え、リードは捲回型電極群の中心から半径３ｍｍ以上の捲回周に接続されており、短辺幅１ｍｍあたりの引張力が３Ｎ～５０Ｎである銅箔又は銅合金箔からなることを特徴とする。

【００１４】

このような構成によれば、珪素系負極を用いた捲回型電極群において、半径３ｍｍ以上の捲回周に負極リードを接続することにより、負極リード及び銅－珪素合金を主成分とする合金層が大きく湾曲することを抑制することができる。また、リード材として、短辺幅１ｍｍあたりの引張力が３～５０Ｎである銅箔又は銅合金箔を用いることにより、リードの剛性が低下する。このために、リードの湾曲によりリードの接続部分に発生する内部応力が低減され、捲回型電極群の湾曲に対する負極リード及び合金層の追従性が向上する。その結果、組み立て時や使用時において、リードの珪素系負極からの部分剥離や破断等を抑制できる。

【発明の効果】

【００１５】

本発明によれば、銅－珪素合金を主成分とする合金層を介してリードが接続された珪素系負極を用いた捲回型電極群を備えた非水電解質二次電池において、電池の組み立て時及び使用時における、リードの珪素系負極からの部分剥離や破断の発生を抑制できる。

【図面の簡単な説明】

【００１６】

【図１】本発明の第１実施形態である非水電解質二次電池の構成を模式的に示す縦断面図である。

【図２】図１に示す非水電解質二次電池の上面からの部分透視図である。

【図３】アーク溶接による負極とリードとの接続状態を模式的に示す上面図である。

【図４】負極リードの負極への接続方法を説明するための側面図である。

【図５】電極群製造装置の模式図である。

【図６】送給ローラ表面におけるリードが接続された負極の走行状態を示す斜視図である。

【図７】送給ローラ表面におけるリードが接続された負極の状態を模式的に示す側面図である。

【図８】電子ビーム式真空蒸着装置の構成を模式的に示す側面透視図である。

【図９】別形態の電子ビーム式真空蒸着装置の構成を模式的に示す側面透視図である。

【図１０】実施例６で作製される負極の構成を模式的に示す縦断面図である。

【図１１】従来の電極の接続状態を模式的に示す上面図である。

【図１２】従来の、アーク溶接による珪素系負極の接続状態を模式的に示す上面図である。

【発明を実施するための形態】

【００１７】

図１は、本発明の第１実施形態である非水電解質二次電池１の構成を模式的に示す縦断面図である。図２は、図１に示す非水電解質二次電池１の上面からの部分透視図である。図２では，電池１の捲回型電極群２における負極リード１７及び正極リード１８の接続位置のみを図示し、それ以外の構成の図示を省略している。

【００１８】

非水電解質二次電池１は、帯状の珪素系負極１０（以下単に「負極１０」とする）と帯状の正極１１とこれらの間に介在する帯状のセパレータ１２を有する電極群２と、電極群２の長手方向両端にそれぞれ装着される絶縁板１３、１４と、電極群２や非水電解質（図示せず）をその内部に収容し、負極端子として機能する有底円筒型の電池缶１５と、電池缶１５の開口を封口し、正極端子として機能する封口板１６と、負極１０と電池缶１５とを導通させる負極リード１７と、正極１１と封口板１６とを導通させる正極リード１８と、電池缶１５と封口板１６との間に介在してこれらを絶縁するガスケット１９とを備える円筒型電池である。

【００１９】

電極群２は，帯状の負極１０と帯状の正極１１との間に帯状のセパレータ１２を介在させた積層体を略円筒型に捲回した捲回型電極群であり、捲回軸方向の上方から見た場合に略真円形状を有する。電極群２の最外捲回周は，例えば、接着テープにより固定されている。

【００２０】

そして、電極群２は、上方から観察したときの略真円形状において、その半径（最外捲回周の円の半径）が３ｍｍ以上、好ましくは３ｍｍ～３０ｍｍ、更に好ましくは５ｍｍ～３０ｍｍである。電極群２の半径は、最外捲回周の円の半径であり、直径の半分である。なお、円に多少の歪がある場合には，電極群２の半径は、最外捲回周の円に囲まれた面積と同じ面積を有する真円の半径を意味する。

【００２１】

負極リード１７は短冊状の形状を有し、負極１０の長辺上の端部に，例えば、後述するようなプラズマアーク溶接により接続されている。なお、プラズマアーク溶接により集電体と負極リード１７との間には、後述するような、銅－珪素合金を主成分とする合金層２０が介在している。具体的には、図３に示すように、負極１０の長手方向と負極リード１７の長手方向とが直交し，負極１０の幅方向の一端部と負極リード１７の長手方向の一端部とが重なるように接続されている。

【００２２】

負極リード１７は、電極群２の中心から半径３ｍｍ以上、好ましくは３ｍｍ～３０ｍｍの範囲の捲回周に接続されている。このような位置に負極リード１７を接続した場合には、捲回された負極１０の曲率（湾曲）が小さくなるために、電池の組み立て時や使用時にリード接続部に発生する内部応力が低くなる。その結果、組み立て時や使用時に、負極１０から負極リード１７が部分剥離又は破断することを抑制できる。なお、電極群２の中心は、電極群２の上方からの正投影図の形状が真円である場合は、その真円の中心であり、前記正投影図が真円ではない場合は、正投影図の形状が内包し得る最大の真円の中心である。

【００２３】

なお、本実施形態では、正極リード１８は、負極リード１７よりも内側の捲回周の正極１１に接続されているのが，これに限定されず、負極リード１７と同じ捲回周又は負極リード１７よりも外側の捲回周の正極１１に接続されてもよい。

【００２４】

負極リード１７は短冊状の銅箔又は銅合金箔からなり、その短辺幅１ｍｍあたりの引張力が３Ｎ～５０Ｎである。なお、短辺幅１ｍｍあたりの引張力とは、負極リード１７の最大引張力を求め、得られた最大引張力を負極リード１７の短辺幅（ｍｍ）で除した値である。最大引張力は，次のようにして求められる。万能試験機（商品名、（株）島津製作所製）により、負極リード１７（長さ８０ｍｍ、幅３ｍｍ）を定められた条件（引張速度５

ｍｍ／秒、環境温度２５℃）で引っ張り、負極リード１７が破断したときの荷重を測定し、最大引張力とする。なお、この最大引張力の測定は、ＪＩＳ　Ｚ－２２４１に基づいて実施される。

【００２５】

負極リード１７の短辺幅１ｍｍあたりの引張力は３Ｎ／ｍｍ～５０Ｎ／ｍｍであり、好ましくは２０Ｎ／ｍｍ～４５Ｎ／ｍｍである。引張力が３Ｎ／ｍｍ未満の場合には負極リード１７自体の剛性が低下して、使用状態によっては破断するおそれがある。また、引張力が５０Ｎ／ｍｍを超える場合には、電極群２の湾曲に対する追従性が低下することにより、リード接続部分に発生する内部応力が大きくなるために、部分剥離や破断等が起こり易くなる。

【００２６】

なお、従来の非水電解質二次電池において、負極リードとして、厚み１００μｍ程度のＮｉ箔、又はＮｉ箔に銅を被覆した金属箔が広く用いられている。このようなＮｉ系金属箔は、５５Ｎ／ｍｍ程度の比較的高い引張力を有している。これは、従来技術では、負極リードの機械的強度を高めることにより、負極集電体と負極リードとの接続強度を高めようとしているためである。これに対し、本実施形態では、負極リード１７の機械的強度を低下させることにより、負極１０と負極リード１７との接続強度を高めようとしている。

【００２７】

負極リード１７を構成する銅箔及び銅合金箔としては、例えば、タフピッチ銅箔、ジルコニウム銅合金箔、コルソン銅合金箔等が挙げられる。珪素系活物質を含む負極１０を備える電池１において、このような銅箔及び銅合金箔からなる負極リード１７を用いることにより、集電性能が顕著に向上する。その結果、電池１の高出力特性等が向上し、高出力が必要になる電動工具や輸送機器の電源としても有用になる。

【００２８】

所定範囲の引張力を有する銅箔及び合金銅箔を得る方法としては、厚みを調整する方法が挙げられる。例えば、タフピッチ銅箔は厚み０．１２ｍｍ以下（好ましくは０．０２ｍｍ～０．１２ｍｍ）、ジルコニウム銅合金箔は厚み０．１ｍｍ以下（好ましくは０．０１ｍｍ～０．１ｍｍ）、コルソン銅合金箔は厚み０．０６ｍｍ以下（好ましくは０．０１ｍｍ～０．０６ｍｍ）に調整すれば、所定範囲の引張力を有する銅箔が得られる。

【００２９】

また、箔を焼鈍することによっても、銅箔及び合金銅箔の引張力を調整できる。例えば、タフピッチ銅箔を焼鈍した場合は、厚み０．３３ｍｍ以下、好ましくは０．０５～０．３３ｍｍのタフピッチ銅箔は、所定範囲の引張力を有している。この時、焼鈍条件は、アルゴン雰囲気中にて２００℃で１時間である。このように、厚み、焼鈍条件等を適宜選択することにより、所定範囲の引張力を有する銅箔が得られる。

【００３０】

更に、本実施形態の負極リード１７は、短辺幅（幅方向の長さ）が３ｍｍ以下であることが好ましく、２ｍｍ～３ｍｍであることが更に好ましい。これにより、電極群２の作製工程において、負極リード１７の負極１０からの部分剥離や破断が一層起こり難くなる。

【００３１】

負極リード１７の負極１０への接続は、例えば、図４に示す方法により実施できる。図４は、負極リード１７の負極１０への接続方法を説明するための側面図である。図４に示す方法は、（ａ）工程と（ｂ）工程とを含んでいる。

【００３２】

（ａ）工程では、まず、負極１０の長手方向と負極リード１７の長手方向とが直交するように、負極１０と負極リード１７とを重ね合わせる。そして、負極１０の幅方向の端面１０ａ及び負極リード１７の長手方向の端面１７ａが同一方向を向き、負極リード１７の端面１７ａが負極１０の端面１０ａよりも０．１ｍｍ～３ｍｍ程度突出するように配置する。その後、負極１０及び負極リード１７を押え治具２１で挟持して固定する。本実施形態では、端面１０ａ、１７ａが鉛直方向上方を向いているが、それに限定されず、水平方

向や斜め上方向等を向いていてもよい。

【００３３】

（ｂ）工程では、押え治具２１で挟持され固定された負極１０及び負極リード１７の鉛直方向上方からアーク溶接する。具体的には、端面１０ａ、１７ａに対して、アーク溶接用電極の溶接トーチから矢符２２の方向にエネルギーを照射し、アーク溶接を行う。これにより、負極１０の長辺上の所定位置に銅－珪素合金を主成分とする合金層２０が形成され、負極１０の内部に存在する負極集電体と負極リード１７とが接続される。

【００３４】

アーク溶接としては、プラズマ溶接が好ましい。プラズマ溶接は、市販されているプラズマ溶接機を用いて実施される。また、プラズマ溶接は、溶接電流値、溶接速度（溶接トーチの移動速度）、溶接時間、プラズマガス及びシールドガスの種類とそれらの流量等の条件を適宜選択して実施される。溶接電流値は、例えば、１Ａ～１００Ａの範囲から選択される。溶接トーチの掃引速度は、例えば、１ｍｍ／秒～１００ｍｍ／秒の範囲から選択される。プラズマガスには、アルゴンガス等を使用できる。プラズマガス流量は、例えば、１０ｍｌ／分～１０リットル／分の範囲から選択される。シールドガスには、アルゴン、水素等を使用できる。シールドガス流量は、例えば、１０ｍｌ／分～１０リットル／分の範囲から選択される。

【００３５】

本実施形態の負極１０は、負極リード１７の他に、負極集電体、負極集電体に支持された負極活物質層及び負極集電体と負極リード１７とを接続し、銅－珪素合金を主成分とする合金層２０を含んでいる。

【００３６】

負極集電体としては、非水電解質二次電池用の無孔の導電性基板を使用できる。無孔の導電性基板の形態としては、箔、シート、フィルム等が挙げられる。これらの形態の中でも、箔が好ましい。導電性基板の材質としては、ステンレス鋼、チタン、ニッケル、銅、銅合金等が挙げられる。これらの材質の中でも、銅及び銅合金が好ましい。銅箔には、圧延銅箔、電解銅箔等がある。導電性基板の厚みは特に限定されないが、通常は１μｍ～５００μｍ、好ましくは５μｍ～５０μｍ、さらに好ましくは１０～３０μｍである。

【００３７】

負極活物質層は、負極集電体の厚み方向の両方の表面に形成され、珪素系活物質からなる。負極活物質層は、その特性を損なわない範囲で、珪素系活物質とともに、珪素系活物質以外の公知の負極活物質、添加物等を含んでいてもよい。好ましい形態の負極活物質層は、珪素系活物質からなり且つ膜厚が３μｍ～５０μｍである非晶質又は低結晶性の薄膜である。

【００３８】

珪素系活物質は珪素を含有し、負極電位下で充電時にリチウムと合金化することによりリチウムを吸蔵し、且つ放電時にリチウムを放出する。珪素系活物質としては特に限定されないが、珪素、珪素化合物、珪素の部分置換体、珪素化合物の部分置換体、珪素化合物の固溶体等が挙げられる。珪素化合物の具体例としては、式：SiO_a（０．０５＜ａ＜１．９５）で表される珪素酸化物、式：SiC_b（０＜ｂ＜１）で表される珪素炭化物、式：SiN_c（０＜ｃ＜４／３）で表される珪素窒化物、珪素と異種元素Ａとの合金である珪素合金等が挙げられる。前記珪素合金において、異種元素Ａとしては、Ｆｅ、Ｃｏ、Ｓｂ、Ｂｉ、Ｐｂ、Ｎｉ、Ｃｕ、Ｚｎ、Ｇｅ、Ｉｎ、Ｓｎ及びＴｉよりなる群から選ばれる少なくとも１種の元素が挙げられる。

【００３９】

部分置換体は、珪素及び珪素化合物に含まれる珪素の一部を異種元素Ｂで置換した化合物である。異種元素Ｂとしては、Ｂ、Ｍｇ、Ｎｉ、Ｔｉ、Ｍｏ、Ｃｏ、Ｃａ、Ｃｒ、Ｃｕ、Ｆｅ、Ｍｎ、Ｎｂ、Ｔａ、Ｖ、Ｗ、Ｚｎ、Ｃ、Ｎ及びＳｎよりなる群から選ばれる少なくとも１種の元素が挙げられる。これらの珪素系活物質の中でも、珪素化合物が好ましく、珪素酸化物が更に好ましい。珪素系活物質は、１種を単独で使用でき又は２種以上を組

み合わせて使用できる。

【００４０】

負極活物質層は、気相法により、負極集電体表面に薄膜状に形成される。気相法としては、真空蒸着法、スパッタ法、イオンプレーティング法、レーザーアブレーション法、化学気相成長法、プラズマ化学気相成長法、溶射法等が挙げられる。これらの気相法の中でも、真空蒸着法が好ましい。

【００４１】

負極活物質層は、珪素系活物質からなるベタ膜でも良く、珪素系活物質からなる柱状体の集合体でも良い。負極活物質層が後者である場合、負極集電体の表面に規則的に配列された複数の凸部を設け、１つの凸部に１つの柱状体を形成するのが好ましい。凸部の高さは好ましくは３μｍ～２０μｍである。凸部の幅は好ましくは５μｍ～２０μｍである。凸部の配列としては、千鳥格子配置、格子配置、最密充填配置等が挙げられる。

【００４２】

また、不可逆容量に相当する量のリチウムを負極活物質層に吸蔵させてもよい。負極活物質層へのリチウムの吸蔵は、負極１０に負極リード１７を接続する前に行うのがよい。これにより、負極１０の負極集電体と負極リード１７との接続強度及び導通性が更に向上する。負極活物質層へのリチウムの吸蔵は、例えば、真空蒸着でリチウムの蒸気を負極活物質層表面に供給することにより行われる。

【００４３】

合金層２０は、負極１０の負極集電体と負極リード１７との間に介在し、負極集電体と負極リード１７とを接続するとともに、負極集電体と負極リード１７とを導通させる。本実施形態では、負極１０の一方の長辺上の一箇所のみに合金層２０が形成されている。

【００４４】

合金層２０は、負極１０の一方の負極活物質層と負極リード１７とを接触させた状態で、接触部分をアーク溶接することにより形成される。アーク溶接を行うと、負極活物質層、負極活物質層に接する負極集電体の少なくとも一部及び負極活物質層に接する負極リード１７の少なくとも一部が溶融する。この溶融部分において、負極集電体、負極活物質層及び負極リード１７に含有される金属元素や半金属元素が分散し，その後再凝固が起こって合金層２０が形成される。合金層２０は、主成分として珪素－銅合金を含有し、更に合金化されなかった金属元素及び半金属元素をも含有することがある。

【００４５】

次に、非水電解質二次電池１の負極１０及び負極リード１７以外の構成部材について説明する。

正極１１は、正極集電体、正極集電体の厚み方向の両方の表面に形成された正極活物質層及び正極集電体に接続された正極リード１８を含む。

【００４６】

正極集電体には、非水電解質二次電池用の導電性基板を使用できる。導電性基板の材質としては、ステンレス鋼，チタン、アルミニウム、アルミニウム合金等の金属材料、導電性樹脂等が挙げられる。導電性基板の形態としては、多孔性導電性基板、無孔の導電性基板等が挙げられる。多孔性導電性基板としては、メッシュ体、ネット体、パンチングシート、ラス体、多孔質体、発泡体，不織布等が挙げられる。無孔の導電性基板としては、箔、フィルム等が挙げられる。導電性基板の厚みは特に限定されないが、通常は１μｍ～５００μｍ、好ましくは５μｍ～５０μｍ、更に好ましくは１０μｍ～３０μｍである。

【００４７】

正極活物質層は、正極活物質を含み、さらに導電剤、結着剤等を含んでもよい。正極活物質としては、リチウムイオンを吸蔵及び放出できる物質を特に制限なく使用できるが、リチウム含有複合酸化物、オリビン型リン酸リチウム等が好ましい。

【００４８】

リチウム含有複合酸化物は、リチウムと遷移金属元素とを含む金属酸化物又は前記金属酸化物中の遷移金属元素の一部が異種元素によって置換された金属酸化物である。遷移金

属元素としては、Ｓｃ、Ｙ、Ｍｎ、Ｆｅ、Ｃｏ、Ｎｉ、Ｃｕ及びＣｒよりなる群から選ばれる少なくとも１種の遷移金属元素が挙げられる。これらの遷移金属元素の中でも、Ｍｎ、Ｃｏ、Ｎｉ等が好ましい。異種元素としては、Ｎａ、Ｍｇ、Ｚｎ、Ａｌ、Ｐｂ、Ｓｂ及びＢよりなる群から選ばれる少なくとも１種の異種元素が挙げられる。これらの異種元素の中でも、Ｍｇ、Ａｌ等が好ましい。

【００４９】

リチウム含有複合酸化物の具体例としては、Li_xCoO_2、Li_xNiO_2、Li_xMnO_2、$Li_xCo_aNi_{1-a}O_2$、$Li_xCo_aA_{1-a}O_b$、$Li_xNi_{1-a}A_aO_b$、$Li_xMn_2O_4$、$Li_xMn_{2-a}A_aO_4$（前記各式中、ＡはＳｃ、Ｙ、Ｍｎ、Ｆｅ、Ｃｏ、Ｎｉ、Ｃｕ、Ｃｒ、Ｎａ、Ｍｇ、Ｚｎ、Ａｌ、Ｐｂ、Ｓｂ及びＢよりなる群から選ばれる少なくとも１つの元素を示す。$0<X\leqq1$、２、$m=0\sim0.9$、$n=2.0\sim2.3$である。）等が挙げられる。これらのリチウム含有複合酸化物の中でも、$Li_xCo_aA_{1-a}O_b$が更に好ましい。リチウム含有複合酸化物は、酸素欠陥部分又は酸素過剰部分を含むことがある。

【００５０】

オリビン型リン酸リチウムの具体例としては、$LiYPO_4$、Li_2YPO_4F（前記各式中、Ｙは Ｃｏ、Ｎｉ、Ｍｎ及びＦｅよりなる群から選ばれる少なくとも１種の元素を示す。）等がある。

前記各式において、リチウムのモル比を示す値は正極活物質作製直後の値であり、充放電により増減する。正極活物質は１種を単独で使用でき又は２種以上を組み合わせて使用できる。

【００５１】

導電剤としては、非水電解質二次電池用の導電剤を使用でき、天然黒鉛、人造黒鉛等のグラファイト類；アセチレンブラック、ケッチェンブラック、チャンネルブラック、ファーネスブラック、ランプブラック、サーマルブラック等のカーボンブラック類；炭素繊維、金属繊維等の導電性繊維；フッ化カーボン；アルミニウム等の金属粉末類；酸化亜鉛ウィスカー等の導電性ウィスカー；酸化チタン等の導電性金属酸化物；フェニレン誘導体等の有機導電性材料等が挙げられる。導電剤は１種を単独で使用でき又は２種以上を組み合わせて使用できる。

【００５２】

結着剤としては、非水電解質二次電池用の結着剤を使用でき、ポリフッ化ビニリデン、ポリテトラフルオロエチレン、ポリヘキサフルオロプロピレン、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリアミド、ポリイミド、ポリアミドイミド、ポリアクリロニトリル、ポリアクリル酸、ポリアクリル酸メチル、ポリアクリル酸エチル、ポリアクリル酸ヘキシル、ポリメタクリル酸、ポリメタクリル酸メチル、ポリメタクリル酸エチル、ポリメタクリル酸ヘキシル、ポリ酢酸ビニル、ポリビニルピロリドン、ポリエーテル、ポリエーテルサルフォン等の樹脂材料；スチレンブタジエンゴム、変性アクリルゴム等のゴム材料；カルボキシメチルセルロース等の水溶性高分子化合物；等が挙げられる。

【００５３】

また、２種類以上のモノマー化合物を含有する共重合体を結着剤として使用できる。モノマー化合物としては、テトラフルオロエチレン、ヘキサフルオロプロピレン、パーフルオロアルキルビニルエーテル、フッ化ビニリデン、クロロトリフルオロエチレン、エチレン、プロピレン、ペンタフルオロプロピレン、フルオロメチルビニルエーテル、アクリル酸、ヘキサジエン等が挙げられる。結着剤は１種を単独で使用でき又は２種以上を組み合わせて使用できる。

【００５４】

正極活物質層は、例えば、正極合剤スラリーを正極集電体表面に塗布し、得られた塗膜を乾燥及び圧延することにより形成できる。正極合剤スラリーは、正極活物質及び必要に応じて導電剤、結着剤等を分散媒に溶解又は分散させることにより調製できる。分散媒としては、ジメチルホルムアミド、ジメチルアセトアミド、メチルホルムアミド、Ｎ－メチル－２－ピロリドン、ジメチルアミン、アセトン、シクロヘキサノン等を使用できる。

【００５５】
正極リード１８は、一端が正極集電体の集電体露出部に接続され、他端が封口板１６に接続される。これらの接続は、抵抗溶接、超音波溶接等の溶接により行われる。正極リード１８の材質としては、アルミニウム、アルミニウム合金等が挙げられる。アルミニウム合金の具体例としては、アルミニウム－珪素合金、アルミニウム－鉄合金、アルミニウム－銅合金、アルミニウム－マンガン合金、アルミニウム－マグネシウム合金、アルミニウム－亜鉛合金等が挙げられる。
【００５６】
セパレータ１２は、負極１０と正極１１との間に配置される。セパレータ１２には、所定のイオン透過度、機械的強度、絶縁性等を併せ持ち、内部に複数の細孔を有する多孔質シートを使用できる。多孔質シートとしては、例えば、微多孔膜、織布、不織布等が挙げられる。セパレータ１２の材料には各種樹脂材料を使用できるが、耐久性、シャットダウン機能、電池の安全性等を考慮すると、ポリエチレン、ポリプロピレン等のポリオレフィンが好ましい。セパレータ１２の厚みは、通常１０μｍ～３００μｍ、好ましくは１０μｍ～４０μｍである。セパレータ１２の空孔率は、好ましくは３０％～７０％である。空孔率とは、セパレータ１２の体積に対する、セパレータ１２が有する細孔の総容積の百分率である。
【００５７】
前述の負極１０、正極１１及びセパレータ１２を用いることにより、電極群２を作製することができる。電極群２は、例えば、図５に示す電極群製造装置により作製できる。図５は、電極群製造装置の模式図である。図６は、送給ローラ３８ａ、３８ｂ表面における負極リード１７が接続された負極１０の走行状態を示す斜視図である。図７は、送給ローラ３８ａ表面における負極リード１７が接続された負極１０の状態を示す側面図である。
【００５８】
図５に示すように、負極送り出しローラ３０から供給された負極１０は、送給ローラ３８ａに向けて走行する途中で、負極リード送り出しローラ３１から供給された負極リード１７と重ね合わされ、プラズマ溶接機３２によりアーク溶接される。負極リード１７が接続された負極１０は、図６に示すように送給ローラ３８ａ、３８ｂ表面を走行した後、一対の規制ローラ３９ａ、３９ｂの間隙に導入される。この間隙において、負極１０は、正極リード１８が接続された正極１１及び２枚のセパレータ１２と積層され、積層体が作製される。この積層体を芯ローラ４６表面に巻き付けることにより、電極群が作製される。そして、電極群が所定の直径になった時に、カッター４７により積層体が切断される。積層体を芯ローラ４６表面に巻き付ける際に、積層体には１Ｎ～１００Ｎの張力が付与されている。
【００５９】
このような製造工程において、負極リード１７が接続された負極１０が送給ローラ３８ａ表面を走行する際に、図７に示す問題が生じることがある。負極１０はその長手方向が走行方向に一致することから、送給ローラ３８ａの円形形状に追従し易い。これに対し、負極リード１７の幅方向が走行方向に一致することから、負極リード１７及び合金層２０の機械的強度が高い場合には、負極リード１７が送給ローラ３８ａの円形形状に追従できない。その結果、負極リード１７の幅方向の一端部が負極１０から矢符４８の方向に部分剥離するか又は負極リード１７が破断することがある。しかしながら、負極リード１７が、銅箔又は銅合金箔からなり、所定範囲の引張力を有することにより、送給ローラ３８ａ表面での負極リード１７の負極１０からの部分剥離や破断等を十分に抑制することができる。
【００６０】
このようにして作製された電極群２には、リチウムイオン伝導性を有する非水電解質が含浸される。非水電解質は、リチウム塩と非水溶媒とを含み、更に添加剤を含んでいてもよい。
【００６１】

リチウム塩としては、非水電解質二次電池用リチウム塩を使用でき、例えば、$LiClO_4$、$LiBF_4$、$LiPF_6$、$LiAlCl_4$、$LiSbF_6$、LiSCN、$LiCF_3SO_3$、$LiCF_3CO_2$、$LiAsF_6$、$LiB_{10}Cl_{10}$、低級脂肪族カルボン酸リチウム、LiCl、LiBr、LiI、$LiBCl_4$、ホウ酸塩類、イミド塩類等が挙げられる。リチウム塩は１種を単独で使用でき又は２種以上を組み合わせて使用できる。リチウム塩の非水溶媒に対する溶解量は、好ましくは０．５～２モル／Ｌである。

【００６２】

非水溶媒としては、非水電解質二次電池用非水溶媒を使用でき、例えば、プロピレンカーボネート、エチレンカーボネート等の環状炭酸エステル；ジエチルカーボネート、エチルメチルカーボネート、ジメチルカーボネート等の鎖状炭酸エステル；γ－ブチロラクトン、γ－バレロラクトン等の環状カルボン酸エステル；等が挙げられる。非水溶媒は１種を単独で又は２種以上を組み合わせて使用できる。

【００６３】

添加剤としては、ビニレンカーボネート、１又は２個の炭素数１～３のアルキル基が置換したビニレンカーボネート、ビニルエチレンカーボネート、ジビニルエチレンカーボネート等の、負極上で分解してリチウムイオン伝導性の高い被膜を形成し、充放電効率を向上させるカーボネート化合物、シクロヘキシルベンゼン、ビフェニル、ジフェニルエーテル等の、電池の過充電時に分解して電極表面に被膜を形成し、電池を不活性化するベンゼン化合物等が挙げられる。

【００６４】

絶縁板１３、１４及びガスケット１９は、電気絶縁性材料、好ましくは樹脂材料又はゴム材料を所定の形状に成形することにより作製できる。電池ケース１５及び封口板１６は、鉄、ステンレス鋼等の金属材料を所定の形状に成形することにより作製できる。

【００６５】

本実施形態では、非水電解質二次電池１は、電極群２を含む円筒形電池であるが、それに限定されず、種々の形態を採ることができる。その具体例としては、例えば、電極群２を含む角形電池、電極群２を扁平状に成形した扁平状電極群を含む角形電池等が挙げられる。なお、電極群２において、負極リード１７が所定の位置の負極１０に接続されている場合、この電極２を扁平状に成形しても、負極リード１７の負極１０からの部分剥離や破断は起こらない。

【実施例】

【００６６】

以下に実施例及び比較例を挙げ、本発明を具体的に説明する。

（実施例１）

（１）正極の作製

$NiSO_4$水溶液に、Ni：Co＝８．５：１．５（モル比）になるように$CoSO_4$を加えて金属イオン濃度２ｍｏｌ／Ｌの水溶液を調製した。この水溶液に撹拌下、２ｍｏｌ／Ｌの水酸化ナトリウム溶液を徐々に滴下することにより、$Ni_{0.85}Co_{0.15}(OH)_2$で示される組成を有する三元系の沈殿物を共沈法により生成させた。この沈殿物をろ過により分離し、水洗し、８０℃で乾燥し、複合水酸化物を得た。

【００６７】

得られた複合水酸化物を大気中にて９００℃で１０時間加熱し、$Ni_{0.85}Co_{0.15}O_2$で示される組成を有する複合酸化物を得た。得られた複合酸化物と水酸化リチウム１水和物とを、Ni及びCoの原子数の和とLiの原子数とが等量になるように混合した。得られた混合物を、大気中にて８００℃で１０時間加熱することにより、$LiNi_{0.85}Co_{0.15}O_2$で示される組成を有し、二次粒子の平均粒径が１０μｍであるリチウムニッケル含有複合酸化物（正極活物質）を得た。

【００６８】

上記で得られた正極活物質の粉末９３ｇ、アセチレンブラック（導電剤）３ｇ、ポリフッ化ビニリデン粉末（結着剤）４ｇ及びＮ－メチル－２－ピロリドン５０ｍｌを混合し、

正極合剤スラリーを調製した。この正極合剤スラリーを厚み１５μｍのアルミニウム箔（正極集電体）の両面に塗布し、得られた塗膜を乾燥及び圧延し、片面当たりの厚みが５０４０μｍである正極活物質層を形成し、５６ｍｍ×１０ｍの正極板を作製した。この正極板の両面の正極活物質層の一部（５６ｍｍ×５ｍｍ）を８００ｍｍの間隔で切除し、集電体露出部を設けた。

【００６９】

（２）正極リード

正極リードとしては、厚み０．１５ｍｍのアルミニウム箔から切り出した、幅４ｍｍ、長さ７０ｍｍの正極リードを用いた。

【００７０】

（３）負極の作製

図８は、電子ビーム式真空蒸着装置５０（以下「蒸着装置５０」とする）の構成を模式的に示す側面透視図である。図８では、蒸着装置５０の内部の部材を実線で示している。蒸着装置５０は、チャンバ５１と、搬送手段５２と、ガス供給手段５８と、プラズマ化手段５９と、シリコンターゲット６０ａ、６０ｂと、遮蔽板６１と、図示しない電子ビーム発生装置と、これらをその内部に収容する耐圧性容器であるチャンバ５１と、を含む。

【００７１】

搬送手段５２は、巻き出しローラ５３、キャン５４、巻き取りローラ５５及び搬送ローラ５６、５７を含む。巻き出しローラ５３には帯状負極集電体６２が捲き付けられている。キャン５４は、内部に図示しない冷却手段を備えている。巻き取りローラ５５には、一方の表面に負極活物質層が形成された負極集電体６２が巻き取られる。

【００７２】

ガス供給手段５８は、酸素、窒素等の原料ガスをチャンバ５１内に供給する。ガス供給手段５８が原料ガスを供給すると、珪素の酸化物、窒化物等からなる負極活物質層が形成され、原料ガスを供給しないと、珪素からなる負極活物質層が形成される。プラズマ化手段５９は、原料ガスをプラズマ化する。シリコンターゲット６０ａ、６０ｂは、珪素を含む負極活物質層を形成するのに用いられる。

【００７３】

遮蔽板６１は、キャン５４とシリコンターゲット６０ａ、６０ｂとの間に配置され、水平方向に移動する。遮蔽板６１の水平方向の位置は、負極集電体６２表面の負極活物質層の形成状況に応じて調整される。電子ビーム発生装置は、シリコンターゲット６０ａ、６０ｂに電子ビームを照射し、珪素の蒸気を発生させる。

【００７４】

蒸着装置５０によれば、シリコンターゲット６０ａ、６０ｂに電子ビームを照射することにより発生するシリコン蒸気は、キャン５４に向けて上昇する。一方、キャン５４の表面を走行中の負極集電体６２は、キャン５４により冷却される。負極集電体６２の表面に到達したシリコン蒸気が冷却され、負極集電体６２表面に析出する。ガス供給手段５８が原料ガスを供給した場合は、シリコンと原料ガスとの反応物が負極集電体６２表面に堆積する。これにより、負極活物質層が形成される。

【００７５】

蒸着装置５０を用いて、下記の条件で、負極集電体６２の両方の表面に、厚み５μｍの負極活物質層（シリコン薄膜、ベタ膜）を形成し、負極板を作製した。

チャンバ５１内の圧力：８．０×１０$^{-6}$Ｔｏｒｒ

負極集電体６２：粗面化処理した電解銅箔（古河電工（株）製、厚み３５μｍ、幅５９ｍｍ、長さ１０ｍ）

負極集電体６２の巻き取りローラ５５による巻き取り速度（負極集電体６２の搬送速度）：２ｃｍ／分

【００７６】

原料ガス：供給せず。

ターゲット６０ａ、６０ｂ：純度９９．９９９９％のシリコン単結晶（信越化学工業

（株）製）
電子ビームの加速電圧：－８ｋＶ
電子ビームのエミッション：３００ｍＡ
【００７７】
得られた負極板の負極活物質層の表面にリチウム金属を蒸着した。リチウム金属を蒸着することにより、負極活物質層に電池の初回充放電時に蓄えられる不可逆容量に相当するリチウムを補填した。リチウム金属の蒸着は、アルゴン雰囲気下にて、抵抗加熱蒸着装置（（株）アルバック製）を用いて行った。抵抗加熱蒸着装置内のタンタル製ボートにリチウム金属を装填し、負極活物質層がタンタル製ボートを臨むように負極板を固定し、アルゴン雰囲気内にて、タンタル製ボートに５０Ａの電流を通電して１０分間蒸着を行った。
【００７８】
（４）負極リード
負極リードとしては、タフピッチ銅箔（商品名：ＴＰＣ、厚み０．１ｍｍ、日立電線（株）製）から、長さ８０ｍｍ、幅３ｍｍの寸法に切り出した負極リードを用いた。ここで負極リードの最大引張力は１２０Ｎであり、負極リードの幅が３ｍｍであることから、この負極リードの短辺幅１ｍｍ当たりの引張力は、４０Ｎ／ｍｍであった。
【００７９】
（５）セパレータ
セパレータとしては、ポリエチレン微多孔膜（商品名：ハイポア、厚み２０μｍ、旭化成イーマテリアルズ（株）製）を用いた。セパレータの寸法は、幅６２ｍｍ、長さ１０ｍであった。
【００８０】
（６）電極群の作製
上記で得られた負極、負極リード、正極、正極リード及びセパレータを、それぞれ、負極１０、負極リード１７、正極１１、正極リード１８及びセパレータ１２として、図５に示す電極群製造装置の所定の送り出しローラ３０、３１、３３、３４、３６、３７に捲き付けた。そして、負極送り出しローラ３０と送給ローラ３８ａとにより張架された負極１０に対して、負極リード送り出しローラ３１から負極リード１７を供給した。
【００８１】
この時、負極１０の長手方向の捲回軸側端部から９００ｍｍの位置において、負極１０の長手方向と負極リード１７の長手方向とが直交するように重ね合わせ、且つ負極１０の長辺に対して負極リード１７の長手方向の端部が０．１ｍｍ突出するように配置した。この状態で、負極１０及び負極リード１７を、単軸ロボット（押え治具、（株）アイエイアイ製、不図示）により固定した。
【００８２】
次に、プラズマ溶接機（商品名：ＰＷ－５０ＮＲ、小池酸素工業（株）製）３２により、負極１０及び負極リード１７の隣接するそれぞれの端面に対して垂直な方向から、下記の条件でエネルギーを照射してプラズマ溶接を行い、合金層２０を形成した。これにより、図３に示すように、負極１０と負極リード１７とを接続した。同様にして、負極１０の長手方向の捲回軸側端部から９００ｍｍ毎に負極リード１７を接続した。
【００８３】
［プラズマ溶接条件］
電極棒：径１．０ｍｍ
電極ノズル：径１．６ｍｍ
トーチ距離：２．０ｍｍ
トーチ掃引速度：３０ｍｍ／ｓ
【００８４】
プラズマガス：アルゴン
プラズマガス流量：１００（ｓｃｃｍ）
シールドガス：水素、アルゴン

シールドガス流量（水素）：５００（ｓｃｃｍ）
シールドガス流量（アルゴン）：１（ｓｌｍ）
溶接電流：８．０Ａ

【００８５】

このようにして負極リード１７を接続した負極１０を、走行速度３０ｍｍ／秒で送給ローラ３８ａ、３８ｂ（いずれも直径６０ｍｍの鉄製ローラ）表面を走行させた。その結果、負極１０が送給ローラ３８ａ表面を走行する際に、負極リード１７の負極１０からの部分剥離や破断は発生しなかった。

【００８６】

その後，規制ローラ３９ａ、３９ｂにより、負極リード１７を接続した負極１０、セパレータ１２、所定の間隔で設けられた集電体露出部に正極リード１８を接続した正極１１及びセパレータ１２をこの順番で重ね合わせ，積層体を得た。この積層体に１０Ｎの引張力を付加しながら，この積層体を芯ローラ４６に巻き取り、電極群が所定の直径になったところで、カッター４７により積層体を切断した。こうして、断面形状がほぼ円形であり、直径が１６ｍｍであり、その中心から半径８ｍｍの所にある捲回周に負極リード１７が接続され、その中心から半径１１ｍｍの所にある捲回周に正極リード１８が接続された捲回型電極群を作製した。なお、負極リード１７及び正極リード１８は、捲回型電極群の長手方向において、それぞれ逆の方向に捲回型電極群から突出するように配置した。

【００８７】

（７）電池の作製

上記で得られた捲回型電極群の長手方向両端にポリエチレン製の絶縁板をそれぞれ装着した。また、正極リードの他端を封口板に溶接し、負極リードの他端を有底円筒形の鉄製電池ケースの底部内面に溶接した。次に、捲回型電極群を電池ケースに収容し、非水電解質を電池ケースに注液した。非水電解質としては、エチレンカーボネートとエチルメチルカーボネートとを体積比１：１の割合で含む混合溶媒に、$LiPF_6$を１．０ｍｏｌ／Ｌの濃度で溶解させた非水電解質を用いた。更に、電池ケースの開口に，ポリエチレン製のガスケットを介して封口板を装着し、電池ケースの開口端部を内側にかしめて電池ケースを封口し、円筒形非水電解質二次電池を作製した。

【００８８】

（実施例２）

下記に示す負極リードを用いる以外は、実施例１と同様にして、円筒形非水電解質二次電池を作製した。

タフピッチ銅箔（商品名：ＴＰＣ、厚み０．１５ｍｍ、日立電線（株）製）を、アルゴン雰囲気中にて２００℃で１時間焼鈍した。この焼鈍後のタフピッチ銅箔から、長さ８０ｍｍ、幅３ｍｍの負極リードを切り出した。この負極リードの最大引張力は９０Ｎであった。負極リードの幅が３ｍｍであることから、この負極リードの短辺幅１ｍｍ当たりの引張力は、３０Ｎ／ｍｍであった。

【００８９】

（実施例３）

下記に示す負極リードを用いる以外は、実施例１と同様にして、円筒形非水電解質二次電池を作製した。

ジルコニウム銅合金箔（商品名：ＨＣＬ－０２Ｚ、厚み０．０５ｍｍ、日立電線（株）製）から、長さ８０ｍｍ、幅３ｍｍの負極リードを切り出した。この負極リードの最大引張力は６６Ｎであった。負極リードの幅が３ｍｍであることから、この負極リードの短辺幅１ｍｍ当たりの引張力は、２２Ｎ／ｍｍであった。

【００９０】

（実施例４）

下記に示す負極リードを用いる以外は、実施例１と同様にして、円筒形非水電解質二次電池を作製した。

コルソン銅合金箔（商品名：ＨＣＬ－３０５、厚み０．０５ｍｍ、日立電線（株）製）

から、長さ８０ｍｍ、幅３ｍｍの負極リードを切り出した。この負極リードの最大引張力は１１１Ｎであった。負極リードの幅が３ｍｍであることから、この負極リードの短辺幅１ｍｍ当たりの引張力は３７Ｎ／ｍｍであった。

【００９１】

（実施例５）

負極リードの幅を３ｍｍから３．５ｍｍに変更する以外は、実施例１と同様にして、円筒形非水電解質二次電池を作製した。この負極リードの最大引張力は１４０Ｎであり、短辺幅１ｍｍ当たりの引張力は４０Ｎ／ｍｍであった。

【００９２】

（実施例６）

下記に示す方法により作製された負極を用いる以外は、実施例１と同様にして、円筒形非水電解質二次電池を作製した。

【００９３】

（１）負極の作製

図９は、電子ビーム式真空蒸着装置７０（以下「蒸着装置７０」とする）の構成を模式的に示す側面透視図である。図１０は、本実施例で作製される負極８０の構成を模式的に示す縦断面図である。

【００９４】

銅箔ローラ（大同マシナリー（株）製、直径５０ｍｍ、ロール幅１００ｍｍ）の表面に、レーザ加工により、複数の凹部を形成した。複数の凹部は、互いに隣り合う一対の凹部の軸線間距離が２０μｍである最密充填配置にした。凹部の開口形状は、長い対角線が１９．５μｍ、短い対角線が９．８μｍのほぼ菱形であった。凹部の深さは８μｍであり、その底部は中央がほぼ平面状であり、底部周縁と凹部の側面とが繋がる部分が丸みを帯びていた。このようにして、凸部用ローラを作製した。２つの凸部用ローラを、互いの軸線が平行になるように、線圧１ｔ／ｃｍで圧接させ、圧接ニップ部を形成した。

【００９５】

一方、全量に対して０．０３質量％の割合でジルコニウムを含有する合金銅箔（商品名：ＨＣＬ－０２Ｚ、厚み２０μｍ、日立電線（株）製）を、アルゴンガス雰囲気中、６００℃で３０分間加熱し、焼鈍した。この合金銅箔を圧接ニップ部に通過させて、合金銅箔を加圧成形し、図１０に示す負極集電体８１を作製した。凸部８２の平均高さは約８μｍであった。凸部８２の形状はほぼ菱形である。複数の凸部８２は、負極集電体８１の表面に最密充填配置されていた。なお、図１０では、負極集電体８１の片方の表面のみを示しているが、負極集電体８１は、両方の表面に複数の凸部８２を有している。

【００９６】

次に、蒸着装置７０を用い、上記で得られた負極集電体８１の各凸部８２の表面にそれぞれ１個の柱状体８４を形成し、負極８０を作製した。

【００９７】

蒸着装置７０は、負極集電体８１が巻き付けられた送り出しローラ７２と、搬送ローラ７３ａ、７３ｂ、７３ｃ、７３ｄ、７３ｅ、７３ｆと、蒸着源７６ａ、７６ｂと、各凸部８２の表面に珪素系活物質の層が形成された負極集電体８１を巻き取る巻き取りローラ７５と、珪素系活物質蒸気の供給領域を規制する一対の遮蔽板７７、７８と、酸素を供給する酸素ノズル（不図示）と、電子ビーム照射装置（不図示）と、これらを収容するチャンバ７１と、チャンバ７１内を減圧状態にする真空ポンプ７９と、を備えている。遮蔽板７７は、遮蔽片７７ａ、７７ｂ、７７ｃを備える。遮蔽板７８は、遮蔽片７８ａ、７８ｂ、７８ｃを備える。

【００９８】

蒸着装置７０では、負極集電体８１の搬送方向において、遮蔽片７７ａ、７７ｂ間に第１蒸着領域が設けられ、遮蔽片７７ｂ、７７ｃ間に第２蒸着領域が設けられ、遮蔽片７８ｃ、７８ｂ間に第３蒸着領域が設けられ、遮蔽片７８ｂ、７８ａ間に第４蒸着領域が設けられる。

【００９９】
珪素系活物質原料としては、スクラップシリコン（シリコン単結晶、純度９９．９９９９％、信越化学工業（株）製）を用い、これを蒸着源７６ａ、７６ｂに収容した。チャンバ７１内を真空ポンプ７９により５×１０$^{-3}$Ｐａまで排気した後、第１～第４蒸着領域にそれぞれ設置した酸素ノズル（図示せず）から、チャンバ７１内に酸素を５０ｓｃｃｍずつ供給した。次に、蒸着源７６ａ、７６ｂに電子ビーム（加速電圧：１０ｋＶ、エミッション：５００ｍＡ）を照射し、シリコン蒸気を発生させた。
【０１００】
一方、送り出しローラ７２から負極集電体８１を送給速度２ｃｍ／分で送り出し、第１蒸着領域を走行する負極集電体８１の各凸部８２表面に、シリコン蒸気と酸素との混合物を蒸着させ、図１１に示す塊８４ａを形成した。次に、第２蒸着領域を走行する負極集電体８１の凸部８２表面及び塊８４ａ表面に塊８４ｂを形成した。更に、第３及び第４蒸着領域においては、第１及び第２蒸着領域で塊８４ａ、８４ｂが形成された面とは反対側の面で、各凸部８２表面に塊８４ａ、８４ｂを積層した。
【０１０１】
次に、送り出しローラ７２及び巻き取りローラ７５の回転方向を逆転させることにより、負極集電体８１の送り方向を逆転させ、負極集電体８１の両面の塊８４ａ、８４ｂの表面に、塊８４ｃ、８４ｄを積層した。以下、同様にして１往復の蒸着を行い、負極集電体８１の両方の凸部８２表面に、塊８４ａ、８４ｂ、８４ｃ、８４ｄ、８４ｅ、８４ｆ、８４ｇ、８４ｈの積層体である柱状体８４を形成した。これにより、負極８０を得た。
【０１０２】
柱状体８４は、凸部８２の表面に支持され、負極集電体８１の外方に延びるように成長していた。柱状体８４の立体形状は、ほぼ円柱状であった。柱状体８４の平均高さは２０μｍ、平均幅は４０μｍであった。また、柱状体８４に含まれる酸素量を燃焼法により定量したところ、柱状体８４の組成は$SiO_{0.35}$であった。
【０１０３】
上記で得られた負極８０の複数の柱状体８４からなる負極活物質層８３に、抵抗加熱真空蒸着装置を用いて、不可逆容量分のリチウムを補填した。蒸着装置は、帯状負極８０が予め巻き付けられた送り出しローラと、冷却装置が内部に配置されたキャンと、リチウムが補填された負極８０を巻き取る巻き取りローラと、負極８０を搬送する搬送ローラと、金属リチウムを収容するタンタル製蒸発源と、リチウム蒸気の負極８０表面への供給を制限する遮蔽板と、これらを収容する耐圧チャンバと、を備えている。
【０１０４】
まず、蒸着装置のチャンバ内をアルゴン雰囲気に置換し、真空ポンプ（不図示）によりチャンバ内の真空度を１×１０$^{-1}$Ｐａとした。次に、蒸発源に５０Ａの電流を通電してリチウム蒸気を発生させると共に、負極８０を２ｃｍ／分の速度で送り出しローラから送り出し、負極８０がキャン表面を通過する際に、負極８０の負極活物質層表面に不可逆容量分のリチウムを蒸着させた。リチウムの蒸着は、負極８０の両方の負極活物質層８３に対して実施した。このようにして、リチウムを補填した負極８０を作製した。
【０１０５】
（比較例１）
下記に示す負極リードを用いる以外は、実施例１と同様にして円筒形非水電解質二次電池を作製した。
タフピッチ銅箔（商品名：ＴＰＣ、厚み０．１５ｍｍ、日立電線（株）製）から、長さ８０ｍｍ、幅３ｍｍの負極リードを切り出した。この負極リードの最大引張力は１８０Ｎであり、負極リードの幅が３ｍｍであることから、この負極リードの短辺幅１ｍｍ当たりの引張力は、６０Ｎ／ｍｍであった。
【０１０６】
（比較例２）
下記に示す負極リードを用いる以外は、実施例１と同様にして円筒形非水電解質二次電

池を作製した。
ジルコニウム銅合金箔（商品名：ＨＣＬ－０２Ｚ、厚み０．１３ｍｍ、日立電線（株）製）から、長さ８０ｍｍ、幅３ｍｍの負極リードを切り出した。この負極リードの最大引張力が１７５．５Ｎであり、負極リードの幅が３ｍｍであることから、この負極リードの短辺幅１ｍｍ当たりの引張力は、５８．５Ｎ／ｍｍであった。
【０１０７】
（比較例３）
下記に示す負極リードを用いる以外は、実施例１と同様にして円筒形非水電解質二次電池を作製した。
コルソン銅合金箔（商品名：ＨＣＬ－３０５、厚み０．１ｍｍ、日立電線（株）製）から、長さ８０ｍｍ、幅３ｍｍの負極リードを切り出した。この負極リードの最大引張力が２２５Ｎであり、負極リードの幅が３ｍｍであることから、この負極リードの短辺幅１ｍｍ当たりの引張力は、７５Ｎ／ｍｍであった。
【０１０８】
（比較例４）
負極の長手方向の捲回側端部に負極リードを接続する以外は、実施例１と同様にして、直径が１６ｍｍであり、電極群の中心から半径１．５ｍｍの位置にある最内捲回周に負極リードが接続された捲回型電極群を作製した。この捲回型電極群を用いる以外は、実施例１と同様にして、円筒形非水電解質二次電池を作製した。
【０１０９】
（評価）
実施例１～６及び比較例１～４の電池について、下記の評価を実施した。
［負極リードの負極からの部分剥離及び破断］
実施例１～６及び比較例１～４の電池を各１００個ずつ作製した。この作製過程において、負極リードの負極からの部分剥離又は破断の有無を目視により判定した。
まず、負極リードが接続された負極が送給ローラ表面を走行する際における、負極リードの負極からの部分剥離又は破断の有無を判定した。負極リードの部分剥離又は破断が起こらなかった負極の個数を数え、総作製個数（１００個）に対する百分率（％）を求めた。結果を表１に示す。
【０１１０】
次に、負極リードを接続した負極、セパレータ、正極リードを接続した正極及びセパレータを重ね合わせた積層体を捲回し、捲回終了後に、得られた捲回型電極群を解きほぐし、負極リードの負極からの部分剥離又は破断の有無を判定した。負極リードの部分剥離又は破断が起こらなかった負極の個数を数え、総作製個数（１００個）に対する百分率（％）を求めた。結果を表１に示す。なお、送給ローラ表面の走行時に負極リードの負極からの部分剥離又は破断が起こった個体については、捲回時の評価は実施しなかった。
【０１１１】
更に、実施例１～６及び比較例１～４の電池を各１０個ずつ作製し、下記（ａ）～（ｄ）の充放電（２５℃）を１００サイクル繰り返した後、各電池を分解し、負極リードの負極からの部分剥離又は破断の有無を判定した。負極リードの部分剥離又は破断が起こらなかった負極の個数を数え、総作製個数（１０個）に対する百分率（％）を求めた。結果を表１に示す。
【０１１２】
（ａ）定電流充電：電流値１Ｃ、充電終止電圧４．２Ｖ。
（ｂ）定電圧充電：電圧値４．２Ｖ、充電終止電流０．０５Ｃ。
（ｃ）２０分間休止
（ｄ）定電流放電：電流値１Ｃ、充電終止電圧２．５Ｖ。
【０１１３】
［サイクル特性］
実施例１～６及び比較例１～４の各電池について、上記（ａ）～（ｄ）の充放電（２５

℃）を１００サイクル繰り返した。１サイクル目の全放電容量に対する１００サイクル目の全放電容量の百分率を求め、容量維持率（％）として表１に示す。

【０１１４】

なお、比較例１～４の容量維持率については、１００サイクルの充放電中に、内部で負極リードの破断が起こらなかった電池は８９～９０％の比較的高い値を示し、内部で負極リードの破断が起こった電池は０％であった。

【０１１５】

【表１】

	負極リードの部分剥離又は破断			容量維持率（％）
	送給ローラ表面走行時	捲回時	充放電終了時	
実施例１	１００	１００	１００	８９
実施例２	１００	１００	１００	９０
実施例３	１００	１００	１００	９０
実施例４	１００	１００	１００	９０
実施例５	９８	９５	９０	８９
実施例６	１００	１００	１００	９３
比較例１	８７	７０	５０	８９又は０
比較例２	８５	７１	５０	８９又は０
比較例３	５６	３１	２０	９０又は０
比較例４	１００	７３	６０	９０又は０

【０１１６】

表１から、実施例１～６の電池は、その作製工程において負極リードの負極からの部分剥離及び破断が殆ど起こらず、工業的規模の生産においても不良品率を顕著に低下させ得ることが明らかである。特に、実施例１～４及び６の電池は、負極リードの負極からの部分剥離及び破断を抑制する効果が非常に大きいことが明らかである。また、実施例１～６の電池は、サイクル特性等の電池性能にも優れていることが明らかである。

【０１１７】

これに対し、比較例１～３の電池は、負極リードの短辺幅１ｍｍ当たりの引張力が本発明に規定の範囲を超えていることから、負極リードの負極からの部分剥離及び破断が多くなったものと考えられる。特に、比較例３の電池は、負極リードの短辺幅１ｍｍ当たりの引張力が非常に大きかったことから、送給ローラ表面の走行時、捲回時及び充放電終了時のいずれにおいても、負極リードの負極からの部分剥離及び破断が多く発生した。また、比較例４の電池は、負極リードの接続位置が、電極群の中心から半径３ｍｍ以内であったため、送給ローラ表面の走行時には負極リードの部分剥離及び破断は起こらなかったが、捲回時に負極リードの負極からの部分剥離及び破断が多く発生したと考えられる。

【産業上の利用可能性】

【０１１８】

本発明の非水電解質二次電池は、従来の非水電解質二次電池と同様の用途に使用でき、特に、電子機器、電気機器、工作機器、輸送機器、電力貯蔵機器等の主電源又は補助電源として有用である。電子機器としては、パーソナルコンピュータ、携帯電話、モバイル機器、携帯情報端末、携帯用ゲーム機器等が挙げられる。電気機器としては、掃除機、ビデオカメラ等が挙げられる。工作機器としては、電動工具、ロボット等が挙げられる。輸送機器としては、電気自動車、ハイブリッド電気自動車、プラグインハイブリッド電気自動車、燃料電池自動車等がある。電力貯蔵機器としては、無停電電源等が挙げられる。

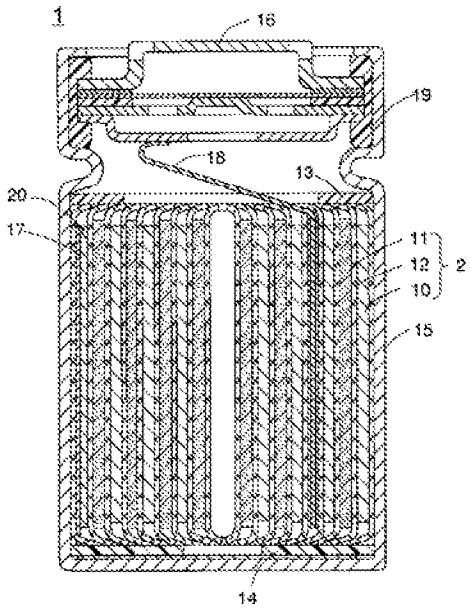
【符号の説明】

【０１１９】

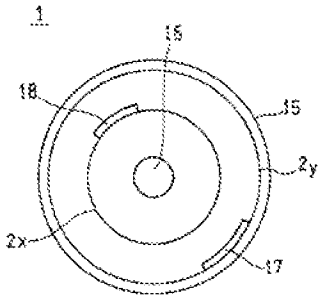
１　非水電解質二次電池

２　捲回型電極群
１０、８０　負極
１１　正極
１２　セパレータ
１３、１４　絶縁板
１５　電池ケース
１６　封口板
１７　負極リード
１８　正極リード
１９　ガスケット
２０　合金層

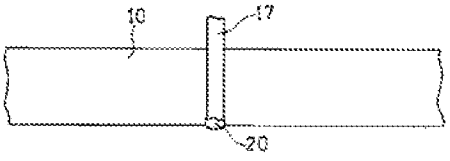
【図１】



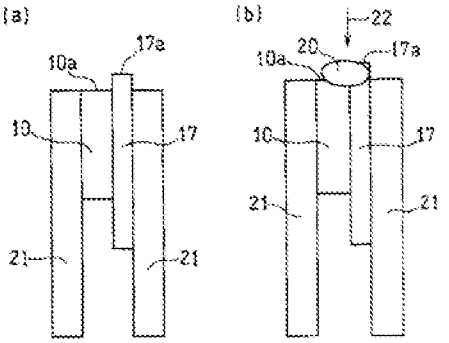
【図２】



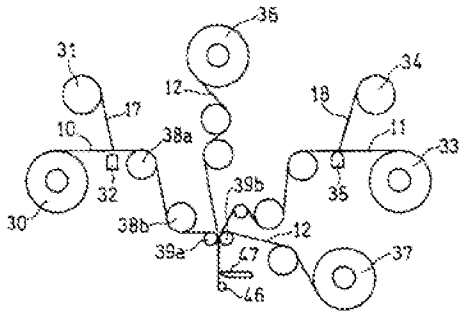
【図３】



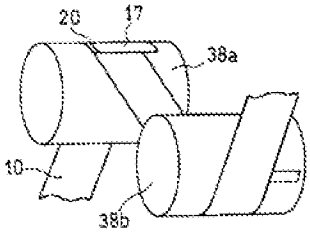
【図４】



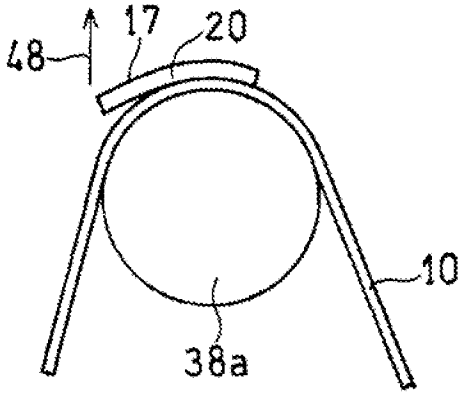
【図５】



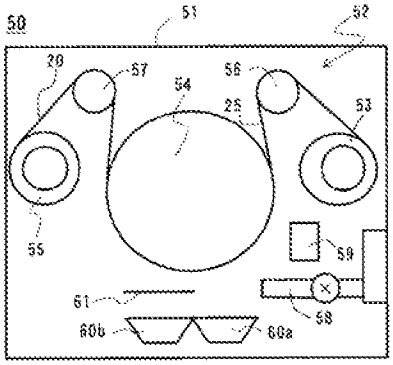
【図６】



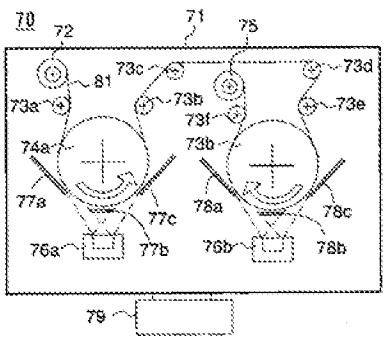
【図７】



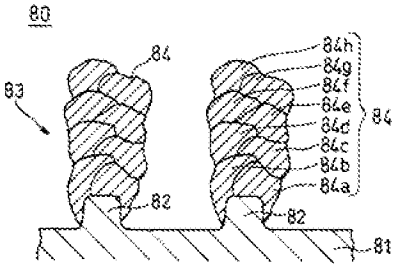
【図８】



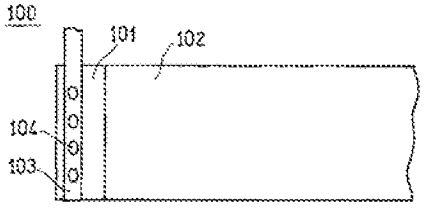
【図９】



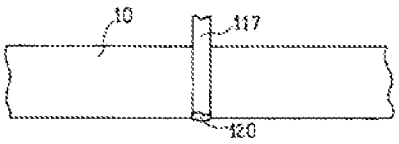
【図１０】



【図１１】



【図１２】



フロントページの続き

Ｆターム(参考) 5H017 AA03 AS01 AS10 CC01 DD01 EE01 HH00 HH03 HH05
5H029 AJ11 AJ14 AK01 AK03 AL01 AL02 AL11 AM03 AM05 AM07
BJ02 BJ14 CJ02 CJ05 DJ05 DJ07 DJ14 EJ01 HJ00 HJ03
HJ04 HJ12
5H043 AA01 AA02 AA11 AA12 AA13 AA19 BA18 CA02 CA12 CB09
CB10 EA02 EA15 HA15E HA29E JA13E KA08E LA00E LA02E LA21E
5H050 AA14 AA19 BA16 CA01 CA07 CA08 CA09 CB01 CB02 CB11
DA03 DA07 DA20 FA05 FA15 GA07 HA00 HA03 HA04 HA12

(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2017-59402
(P2017-59402A)
(43)公開日　平成29年3月23日(2017.3.23)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
H01M 2/06	(2006.01)	H01M	2/06	K	4F100
B32B 7/02	(2006.01)	B32B	7/02	104	5H011
B32B 27/30	(2006.01)	B32B	27/30	D	5H029
H01M 2/08	(2006.01)	H01M	2/08	K	5H043
H01M 2/02	(2006.01)	H01M	2/02	K	

審査請求 未請求　請求項の数 6　ＯＬ　（全 16 頁）　最終頁に続く

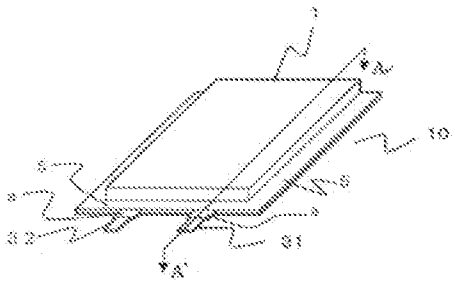
(21)出願番号　特願2015-182966(P2015-182966)
(22)出願日　平成27年9月16日(2015.9.16)

(71)出願人　000003193
凸版印刷株式会社
東京都台東区台東１丁目５番１号
(72)発明者　佐藤　美菜
東京都台東区台東１丁目５番１号　凸版印刷株式会社内

Ｆターム(参考)　4F100 AB10 AB33 AK07 AK17 AK17D AK51 AR00B AR00C AR00D AT00A BA04 BA07 CA02D CA16D EJ17 EJ42 EJ68 GB41 JD01B JG04 JG04D JJ03 JJ03D JL11 JL11C JL12D JL12E YY00D
5H011 AA03 AA09 AA17 CC02 CC06 CC10 EE04 FF04 GG08 GG09 HH02 HH12 HH19 KK01
最終頁に続く

(54)【発明の名称】非水電解質二次電池のタブシーラント耐熱性絶縁構造および非水電解質二次電池

(57)【要約】
【課題】ラミネートパック型の非水電解質二次電池において、タブリードと外装材のヒートシール部が加熱溶融し部分的に外装材のシーラント層が流れ出したとしても、外装材とタブリードの間に耐熱性絶縁層の介在により短絡することが無く、タブリードと外装材との密着性、およびタブリードと外装材の金属箔からなるバリア層との絶縁性を確保する。
【解決手段】外装材１０のシーラント層を内面側に電池部材を内包密封する非水電解質二次電池構造において、正極２１から外部に延伸する正極タブリード３１および負極２３から外部に延伸する負極タブリード３２の表裏面あるいは周囲を被覆形成してなる耐熱性絶縁層ａがシーラント層と熱融着(ヒートシール)により密着するタブシーラント耐熱性絶縁構造ｂを形成し、耐熱性絶縁層がフッ素系樹脂、硬化剤および密着性付与剤を含むタブシーラント耐熱性絶縁構造およびこれを有する非水電解質二次電池である。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
少なくとも基材層、バリア層、シーラント層を積層してなる非水電解質二次電池外装材と、前記シーラント層を内面側にして、正極および負極とそれぞれ接続かつ延伸される正極タブリードおよび負極タブリード、セパレータ、電解液を前記非水電解質二次電池外装材により内包してなる非水電解質二次電池構造において、前記シーラント層と前記正極タブリードおよび負極タブリードの表裏面あるいは周囲を被覆形成してなる耐熱性絶縁層とを、熱融着により密着してなるタブシーラント耐熱性絶縁構造を形成し、前記耐熱性絶縁層がフッ素系樹脂、硬化剤および密着性付与剤を含むことを特徴とする非水電解質二次電池のタブシーラント耐熱性絶縁構造。
【請求項２】
前記耐熱性絶縁層は、前記シーラント層との熱融着領域より大きく形成してなることを特徴とする請求項１に記載の非水電解質二次電池のタブシーラント耐熱性絶縁構造。
【請求項３】
前記耐熱性絶縁層に含まれる前記フッ素系樹脂は、フッ素以外の元素を有する官能基を含むことを特徴とする請求項１に記載の非水電解質二次電池のタブシーラント耐熱性絶縁構造。
【請求項４】
前記耐熱性絶縁層を構成する前記フッ素系樹脂が、硬化剤と反応するフッ素以外の元素を有する官能基を含むことを特徴とする請求項１に記載の非水電解質二次電池のタブシーラント耐熱性絶縁構造。
【請求項５】
前記耐熱性絶縁層の膜厚が３μｍ以上３０μｍ以下であることを特徴とする請求項１に記載の非水電解質二次電池のタブシーラント耐熱性絶縁構造。
【請求項６】
請求項１～５に記載のタブシーラント耐熱性絶縁構造を有す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】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、非水電解質二次電池のタブリードに使用するタブシーラント耐熱性絶縁構造とそのタブシーラント耐熱性絶縁構造を有する非水電解質二次電池に関する。
【背景技術】
【０００２】
エネルギー密度が高く近年注目されている非水電解質二次電池の代表的な存在であるリチウムイオン電池は、携帯電話の小型化のためその形態を缶型からラミネートパック型へ移行しつつある。ラミネートパックは、耐熱性基材層／アルミニウム箔層／熱融着性フィルム層（シーラント層）を備えた積層体からなる外装材の内側に、電極や電解液等の電池内容物を収納し貼り合せた周縁部の熱融着性フィルム層（以下、シーラント層）をヒートシールすることにより封止して作製される。電極からラミネートパック外部へは金属製のタブリードが延びており、このタブリードを介してリチウムイオン電池の充電および放電が行われる。
【０００３】
従来、タブリードは外装材で挟まれてヒートシールで固定されるため、タブリードを切削する際に発生したわずかなバリが外装材のシーラント層を傷つけることがあった。またシーラント層がヒートシール工程における加圧、加熱状態で溶融し加圧部から流れ出すため、タブリードが厚くなるとタブリードと接するヒートシール部のシーラント層が薄くなることがあった。また、外装材の外側には水分バリアの目的で金属箔層が使用されているため、前記のようにシーラント層が傷ついたり薄くなったりすると、金属箔層とタブリードが短絡してしまう問題があった。

【０００４】
例えば、図５に従来の非水電解質二次電池１４の一例の概略断面図を示した。従来の非水電解質二次電池の製造工程のヒートシール工程では、外装材１の内側に形成されるシーラント層（図示しない）は、ヒートシール部６の領域において加熱加圧により軟化、溶融し、向かい合う外装材１のシーラント層は熱融着するが、向かい合う外装材のシーラント層の間にタブリードがある場合に、熱融着する周囲にシーラント層の樹脂材料が流れ出すことによりシーラント層の厚さが薄くなる場合があり、これにより外装材１のシーラント層の絶縁性が低下し、シーラント層の外側にある金属箔層と、正極タブリード３１や負極タブリードとの間で短絡を生じる虞があり、さらにはシーラント層が流れ出た後に金属箔層が露出するような場合は、金属箔層と接触を生じ、短絡する虞があった。

【０００５】
そのため、例えば特許文献１のように、タブリードにあらかじめシーラントフィルムを巻いておく方法が考案されている。しかしこのタブリード用のシーラントフィルムも外装材のシーラント層と同じポリオレフィン類であるため耐熱性が低く、ヒートシール工程において、ヒートシール部でシーラント層が流れ出して薄くなるため、依然として短絡してしまう虞があった。

【先行技術文献】
【特許文献】
【０００６】
【特許文献１】特許第４４９１８４３号公報

【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００７】
上記の問題点を解決するため、本発明は、ラミネートパック型リチウムイオン電池などの非水電解質二次電池において、外装材により電池部材を内包し密封する際に、タブリードと外装材のヒートシール部分を加熱溶融し部分的に外装材のシーラント層がヒートシール部から流れ出したとしても、それらが短絡することが無く、タブリードと外装材の密着性と、タブリードと外装材の金属箔からなるバリア層の絶縁性を確保できるタブシーラント耐熱性絶縁構造およびこれを有する非水電解質二次電池を提供する。

【課題を解決するための手段】
【０００８】
上記の課題を解決する手段として、請求項１に記載の発明は、少なくとも基材層、バリア層、シーラント層を積層してなる非水電解質二次電池外装材と、前記シーラント層を内面側にして、正極および負極とそれぞれ接続かつ延伸される正極タブリードおよび負極タブリード、セパレータ、電解液を前記非水電解質二次電池外装材により内包してなる非水電解質二次電池構造において、前記シーラント層と前記正極タブリードおよび負極タブリードの表裏面あるいは周囲を被覆形成してなる耐熱性絶縁層とを、熱融着により密着してなるタブシーラント耐熱性絶縁構造を形成し、前記耐熱性絶縁層がフッ素系樹脂、硬化剤および密着性付与剤を含むことを特徴とする非水電解質二次電池のタブシーラント耐熱性絶縁構造。

【０００９】
また請求項２に記載の発明は、前記耐熱性絶縁層は，前記シーラント層との熱融着領域より大きく形成してなることを特徴とする請求項１に記載の非水電解質二次電池のタブシーラント耐熱性絶縁構造である。

【００１０】
また請求項３に記載の発明は、前記耐熱性絶縁層に含まれる前記フッ素系樹脂は、フッ素以外の元素を有する官能基を含むことを特徴とする請求項１に記載の非水電解質二次電池のタブシーラント耐熱性絶縁構造である。

【００１１】
また請求項４に記載の発明は、前記耐熱性絶縁層を構成する前記フッ素系樹脂が、硬化

剤と反応するフッ素以外の元素を有する官能基を含むことを特徴とする請求項１に記載の非水電解質二次電池のタブシーラント耐熱性絶縁構造である。

【００１２】

また請求項５に記載の発明は、前記耐熱性絶縁層の膜厚が３μｍ以上３０μｍ以下であることを特徴とする請求項１に記載の非水電解質二次電池のタブシーラント耐熱性絶縁構造である。

【００１３】

また請求項６に記載の発明は、請求項１～５に記載のタブシーラント耐熱性絶縁構造を有することを特徴とする非水電解質二次電池である。

【発明の効果】

【００１４】

本発明のタブシーラント耐熱性絶縁構造をタブリード上に設けた非水電解質二次電池は、タブリードと外装材の金属箔からなるバリア層との絶縁性が確保され、ヒートシール後も絶縁性を保持できる。またタブシーラント耐熱性絶縁構造には密着性付与剤が添加されているためタブリードとの密着性にも優れる。さらに付加的な効果として、耐熱性樹脂層はベースのフッ素系樹脂が有機溶媒に可溶であるために各種塗工方法で容易に形成することができ製造コストを低く抑えられる。

【図面の簡単な説明】

【００１５】

【図１】本発明の非水電解質二次電池の一例を示す外観斜視図である。

【図２】図１の切断線Ａ－Ａ´における概略断面図である。

【図３】本発明のタブシーラント耐熱性絶縁構造および電池部材の概略断面図である。（２つ電極からのタブリードは同一方向に延伸しているが、位置が左右にずれているため、断面図では１つのタブリードだけが示されている。）

【図４】タブリードおよび電池部材の概略構成図である。

【図５】図２に示した本発明の非水電解質二次電池の概略断面図と同一箇所における従来例の非水電解質二次電池の概略断面図である。

【発明を実施するための形態】

【００１６】

本発明の非水電解質二次電池のタブシーラント耐熱性絶縁構造の実施形態について図１～図４を用いて説明する。

【００１７】

図１は、本発明の非水電解質二次電池の実施形態の例を示した外観斜視図である。本発明の非水電解質二次電池の外装材１のシーラント層面が向かい合い、ヒートシールするヒートシール部５では、シーラント層が、正極タブリード３１と負極タブリード３２と重なった部分には、耐熱性絶縁層ａが形成され、タブシーラント耐熱性絶縁構造（図示せず）を形成している。

【００１８】

図２は、本発明の非水電解質二次電池の概略断面図の一例を示したものである。本発明の特徴であるタブシーラント耐熱性絶縁構造ｂは、図２に示すように、正極タブリード３１および負極タブリード（断面図では正極タブリードと重なっているため、図示せず）の少なくとも表裏面に耐熱性絶縁層ａが形成されている部分に、両側の外装材１により貼り合わされ、ヒートシールされた構造である。外装材１は、耐熱性基材層／バリア層（例えばアルミニウム、銅、ステンレス等の金属箔層）／熱融着性フィルム層（以下、シーラント層）からなる。この外装材１のシーラント層を内側に対向させ、正極タブリード３１および負極タブリード（図示せず）の少なくとも表裏面に耐熱性絶縁層ａが形成されている部分をヒートシールした構造である。正極タブリード３１および負極タブリード（図示せず）に形成される耐熱性絶縁層ａの領域の大きさは、ヒートシール部５と同一（外装材１の端部と耐熱性絶縁層ａの端部が一致した状態）であっても良いし、ヒートシール部５より大きい（外装材１の端部から耐熱性絶縁層ａがはみ出した状態）状態であっても良い。

【００１９】
図３は、本発明のタブシーラント耐熱性絶縁構造および電池部材の概略断面図である。２つの電極からのタブリードは同一方向に延伸し、位置が左右にずれているが、断面図では重なっているため、１つのタブリード（正極タブリード３１）だけが明示されている。
正極２１、負極２３およびセパレータ２２から構成される内部電極群２から外部に延伸した正極タブリード３１と負極タブリード（図示せず）から構成されるタブリード群の一部に、耐熱性絶縁層ａが形成されている状態の一例を示した概略断面図である。
【００２０】
本発明の非水電解質二次電池のタブシーラント耐熱性絶縁構造ｂは、基材、バリア層（金属箔層）、シーラント層を積層してなる非水電解質二次電池１０の外装材１の該シーラント層と、そのシーラント層を内面側として前記非水電解質二次電池１０の外装材１により内包される正極２１および負極２３とそれぞれ接続かつ延伸される正極タブリード３１および負極タブリード３２の表裏面あるいは周囲を被覆形成してなる耐熱性絶縁層ａと、を熱融着（ヒートシール）により密着してなるタブシーラント耐熱性絶縁構造ｂを形成し、前記耐熱性絶縁層ａがフッ素系樹脂、硬化剤および密着性付与剤を含む非水電解質二次電池１０のタブシーラント耐熱性絶縁構造ｂである。
【００２１】
耐熱性絶縁層ａは、フッ素系樹脂を主成分としており、それにフッ素系樹脂の硬化剤、フッ素系樹脂の密着力を増強するための密着増強剤を添加しているため、外装材のヒートシール材（シーラント）との高い密着性が得られると同時に、ヒートシール時の高温に晒されても溶融することが無いため、元の膜厚や構造を保持することができ、外装材のシーラント層がヒートシール時の加圧・加熱により溶融し、その周囲に流れだしても、耐熱性絶縁層は溶融することが無く、周囲に流れ出すことも無い。その結果、非水電解質二次電池の電気的な絶縁性を保持することが可能となる。
【００２２】
タブシーラント耐熱性絶縁構造ｂは、シーラント層との熱融着（ヒートシール）領域より大きく形成しても良い。
【００２３】
図４は、タブリードおよび電池部材の概略構成図である。電池部材７は、正極２１と負極２３とそれらの間に配置されたセパレータ２２からなる内部電極群２から構成されている。またタブリードは、電極（正極２１および負極２３）を外部回路と接続するための取り出し電極であり、正極２１から延伸した正極タブリード３１と負極２３から延伸した負極タブリード３２を備えているタブリード群３を構成している。
【００２４】
＜製造方法＞
次に、本発明の非水電解質二次電池の製造方法について図２を用いて説明する。
本発明の非水電解質二次電池の製造方法は、集電体の片面に正極活物質４１または負極活物質４２を形成することでそれぞれ正極２１または負極２３を製造する正極・負極製造工程と、集電体の片面に正極活物質４１を形成し、もう一方の面に負極活物質４２を形成することで内部電極群２の電極を製造する内部電極製造工程と、内部電極製造工程で製造した複数の電極を、セパレータ２２を介して正極活物質４１が形成された面と負極活物質４２が形成された面を対向させて積層することにより電池部材７を製造する電池部材製造工程と、電池部材製造工程で製造された電池部材７の最外部の負極活物質４２が形成された面を、セパレータ２２を介して正極２１と対向させ、最外部の正極活物質４１が形成された面を、セパレータ２２を介して負極２３と対向させて積層する積層工程と、電解質と共にその電池部材７の表裏面から外装材１を積層し、電池部材７の周縁部をヒートシールするヒートシール工程と、を備えている非水電解質二次電池製造方法において、正極・負極製造工程は、正極２１、負極２３、正極２１や負極２３から延伸する正極タブリード３１や負極タブリード３２の少なくともヒートシールされた部位（ヒートシール部５）にタブシーラント耐熱性絶縁構造ｂを形成する工程を備えていることを特徴とする非水電解質

二次電池の製造方法である。

【００２５】

または，正極・負極製造工程は，予め正極２１、負極２３、内部電極群２などから延伸するタブリードの少なくともヒートシールされた部位（ヒートシール部５）に耐熱性絶縁層ａを形成した部材を使用することでも良い。

【００２６】

次に、各構成要素について詳細に説明する。

【００２７】

〔外装材〕

外装材１は、電極部材７、タブリード３１、３２および電解液を封入する容器となるため、凹部１１を冷間成形で形成できる積層フィルムからなる。前記積層フィルムは，水分透過を防ぐためのバリア層の片面に、バリア層のピンホールおよび電解液腐食を防止するための保護層を形成し、前記バリア層のもう一方の面に、外装材１をヒートシールするためのシーラント層を、接着層を介して設けてなる。

【００２８】

バリア層としては、アルミニウム、ステンレス鋼等の各種金属箔を使用することができ、特に防湿性、展延性等の加工性、コストの面からアルミニウム箔が好ましい。アルミニウム箔としては、一般の軟質アルミニウム箔を用いることができる。中でも、耐ピンホール性、および成型時の展延性に優れる点から，鉄を含むアルミニウム箔が好ましい。

鉄を含むアルミニウム箔（１００質量％）中の鉄の含有量は、０．１質量％以上９．０質量％以下が好ましく、０．５質量％以上２．０質量％以下がより好ましい。鉄の含有量が０．１質量％以上であれば外装材１は耐ピンホール性、展延性に優れる。鉄の含有量が９．０質量％以下であれば外装材１は柔軟性に優れる。

【００２９】

バリア層の厚さは，バリア性、耐ピンホール性、加工性の点から、９μｍ以上２００μｍ以下が好ましく、１５μｍ以上１００μｍ以下がより好ましい。

【００３０】

バリア層の片面，または両面には、腐食防止処理層を設けることができる。腐食防止処理層は、電解液や、電解液と水の反応により発生するフッ酸による金属箔層の腐食を抑制する役割を果たす。腐食防止処理層としては、塗布型、または浸漬型の耐酸性の腐食防止処理剤によって形成された塗膜が好ましい。このような塗膜は、バリア層の酸に対する腐食防止効果に優れる。

【００３１】

腐食防止処理層を構成する塗膜としては，例えば、酸化セリウムとリン酸塩と各種熱硬化性樹脂からなる腐食防止処理剤によるセリアゾール処理によって形成される塗膜、クロム酸塩、リン酸塩、フッ化物と各種熱硬化性樹脂からなる腐食防止処理剤によるクロメート処理により形成される塗膜などが挙げられる。腐食防止処理層は、金属箔層の耐蝕性がベーマイト処理などによって形成した塗膜であってもよい。

【００３２】

腐食防止処理層は、単層であってもよく、複層であってもよい。また、腐食防止処理層には、シラン系カプリング剤などの添加剤が添加されていてもよい。

【００３３】

腐食防止処理層の厚さは，腐食防止機能、及びアンカーとしても機能の点から、１０ｎｍ以上５μｍ以下が好ましく、２０ｎｍ以上５００ｎｍ以下がより好ましい。

【００３４】

保護層は樹脂で形成され、フィルムを接着剤にて貼りつけるか、フィルムを熱融着させて貼り付けるか、あるいは接着剤等を介さずに直接塗工する方法で形成される。

【００３５】

保護層を形成する樹脂材料としては、ポリ塩化ビニル、イミド系樹脂、ポリエステル系樹脂、フッ素系樹脂、アクリル系樹脂、ウレタン系樹脂、ポリアミド系樹脂などを用いる

ことができ、中でもポリエステル系樹脂またはフッ素系樹脂が好ましい。これは、ポリエステル系樹脂またはフッ素系樹脂が高い電解液耐性を有し、高湿度下においても絶縁性を保持できるからである。

【００３６】

保護層を形成するフッ素系樹脂としては、例えば、四フッ化エチレン樹脂、四フッ化エチレン・パーフルオロアルコキシエチレン共重合樹脂、四フッ化エチレン・六フッ化プロピレン共重合樹脂、四フッ化エチレン・六フッ化プロピレン・フッ化ビニリデン共重合樹脂、四フッ化エチレン・エチレン共重合体、四フッ化エチレン・ビニル共重合樹脂、三フッ化塩化エチレン樹脂、四フッ化エチレン・パーフルオロジオキシソール共重合樹脂、パーフルオロアルケニルビニルエーテル樹脂、フッ化ビニリデン樹脂、フッ化ビニル樹脂などが挙げられる、中でも安定構造であり、高湿度下での絶縁性に優れる四フッ化型のフッ素樹脂が好ましい。フッ素系樹脂としては、１種類でも２種類以上を混合してもかまわない。

【００３７】

またフッ素系樹脂としては、溶剤可溶性を向上させるため、フッ素以外の官能基が付与されていることが望ましい。フッ素系樹脂の溶剤可溶性を向上させることで、一般的な塗液と同様の取り扱いが可能となり、塗布、塗工などの製造工程が容易となる。

【００３８】

フッ素以外の官能基としては、例えば、アルキル基、アルコキシ基、ハロゲン基、ハロゲン化アルキル基、ヒドロキシル基、フェノール基、カルボキシル基、アルデヒド基、ケトン基、アミノ基、ニトロ基、スルホ基、ジアゾ基、シアノ基、エーテル基、シラノール基、ビニル基、ビニルエステル基、ビニルエーテル基等が挙げられる。中でも多くの溶剤への可溶性が高いヒドロキシル基が好ましい。フッ素以外の官能基を付与する方法としては、共重合、グラフト重合、変性など各種方法を使用することができる。フッ素以外の官能基としては、１種類でもよく、２種類以上を付与してもかまわない。

【００３９】

上述したようなフッ素以外の官能基を付与したフッ素系樹脂の例としては、例えば、ヒドロキシル変性四フッ化エチレン・ビニル共重合樹脂、カルボキシル変性四フッ化エチレン・六フッ化プロピレン共重合樹脂などが挙げられる。

【００４０】

保護層を形成するポリエステル系樹脂としては、ポリエチレンテレフタレート、ポリトリメチレンテレフタレート、ポリブチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレート、ポリブチレンナフタレートなど、通常公知のポリエステル系樹脂を単独または組み合わせて使用することができる。前記ポリエステル系樹脂は溶剤可溶型の非結晶ポリエステルであることが好ましい。

【００４１】

また、前記フッ素系樹脂またはポリエステル系樹脂はイソシアネートで硬化させることが好ましい。イソシアネートで硬化させることにより、塗膜の耐熱性の向上、架橋構造が密になることによる高湿度下における絶縁性を確保できる。

【００４２】

保護層の厚さは３μｍ以上３０μｍ以下が好ましく、５μｍ以上２０μｍ以下がより好ましい。保護層の厚さが下限以上であれば絶縁性を確保でき、上限より厚くても性能は変わらず電池内容物を封入するスペースが減り体積密度が低下する一方となる。

【００４３】

接着層はバリア層とシーラント層を接着する層である。外装材１は、接着層を形成する接着成分によって、熱ラミネート構成とドライラミネート構成の大きく二つに分けられる。

【００４４】

熱ラミネート構成の場合、例えば、ポリオレフィン系樹脂を無水マレイン酸等の酸でグラフト変性した酸変性ポリオレフィン系樹脂が好ましい。酸変性ポリオレフィン系樹脂は

、無極性であるポリオレフィン系樹脂の一部に極性基が導入されていることから、ポリオレフィン系樹脂フィルム等で形成した無極性のシーラント層と、極性を有するバリア層または腐食防止処理層の両方と強固に密着することができる。また、酸変性ポリオレフィン系樹脂を使用することで、電解液等の内容物に対する耐性が向上し、電池内部でフッ酸が発生しても接着性の劣化による密着力の低下を防止しやすい。酸変性ポリオレフィン系樹脂は１種類でもよく、２種類以上でもよい。

【００４５】

酸変性ポリオレフィン系樹脂に用いるポリオレフィン系樹脂としては、例えば、低密度、中密度又は高密度のポリエチレン；エチレンーαオレフィン共重合体；ホモ、ブロック又はランダムポリプロピレン；プロピレンーαオレフィン共重合体等が挙げられる。また、前記のものにアクリル酸やメタクリル酸等の極性分子を共重合させた共重合体、架橋ポリオレフィン等の重合体等も使用できる。なお、ポリオレフィン系樹脂を変性する酸としては、カルボン酸、酸無水物等が挙げられ、特に無水マレイン酸が好ましい。

【００４６】

熱ラミネート構成の場合、接着層は、接着成分を押出し装置で押出すことで形成することができる。

【００４７】

ドライラミネート構成の場合、接着成分としては、例えば、ポリエステルポリオール、ポリエーテルポリオール、アクリルポリオール等の主剤に、硬化剤として２官能以上の芳香族系又は脂肪族系イソシアネート化合物を作用させる２液硬化型のポリウレタン系接着剤が挙げられる。ただし、ポリウレタン系接着剤はエステル基やウレタン基等の加水分解性の高い結合部を有しているため、より高い信頼性が求められる用途には熱ラミネート構成が好ましい。

【００４８】

ドライラミネート構成の接着層は、接着成分をバリア層上に塗工後、乾燥することで形成することができる。なお、ポリウレタン系接着剤を用いるのであれば、塗工後、例えば４０度で４日以上のエージングを行うことで、主剤の水酸基と硬化剤のイソシアネート基の反応が進行して強固な接着が可能となる。

【００４９】

接着層の厚さは、接着性、追随性、加工性等の観点から、２μｍ以上５０μｍ以下が好ましく、３μｍ以上２０μｍ以下がより好ましい。

【００５０】

シーラント層は、外装材１においてヒートシールによる封止性を付与する層である。シーラント層としては、ポリオレフィン系樹脂、又はポリオレフィン系樹脂に無水マレイン酸等の酸をグラフト変性させた酸変性ポリオレフィン系樹脂からなる樹脂フィルムが挙げられる。

ポリオレフィン系樹脂としては、例えば、低密度、中密度、高密度の武リエチレン；エチレンーαオレフィン共重合体；ホモ、ブロック、又はランダムポリプロピレン；プロピレンーαオレフィン共重合体等が挙げられる。これらポリオレフィン系樹脂は、１種を単独で使用してもよく、２種以上を併用してもよい。

酸変性ポリオレフィン系樹脂に使用される、ポリオレフィン系樹脂を変性する酸としては、例えば、カルボン酸、エポキシ化合物、酸無水物等が挙げられ、中でも無水マレイン酸が好ましい。

【００５１】

シーラント層は単層フィルムでも多層フィルムでもよく、必要とされる機能に応じて選択すればよい。例えば、防湿性を付与する点では、エチレン一環状オレフィン共重合体やポリメチルペンテン等の樹脂を介在させた多層フィルムが使用できる。

また、シーラント層は、難燃剤、スリップ剤、アンチブロッキング剤、酸化防止剤、光安定剤、粘着付与剤等の各種添加剤が配合されてもよい。

【００５２】

シーラント層の厚さは，１０μｍ以上１００μｍ以下が好ましく、２０μｍ以上６０μｍ以下がより好ましい。

【００５３】

［電極］

電極部材７は、正極２１、セパレータ２２および負極２３からなる。正極２１はアルミニウムやニッケル，チタンなどの金属箔からなる集電体上に、酸化物粉末、導電性付与剤、および結着剤からなる正極活物質４１層を設けて形成される。酸化物粉末としては、例えば、$LiCoO_2$、$LiNiO_2$、$LiMn_2O_2$などが用いられる。導電性付与剤としては、例えば、カーボンブラック、アセチレンブラック、黒鉛、カーボンナノチューブ、導電性酸化物の粉末等が使用される。結着剤としては，例えば、ポリフッ化ビニリデン（ＰＶＤＦ）、フッ素ゴム、カルボキシメチルセルロース（ＣＭＣ）、スチレンブタジエンゴム等が使用される。セパレータ２２は，例えば、ポリオレフィン、アラミド、ポリイミド等からなる多孔質膜や、ポリエステル、ナイロン、アセテート等からなる不織布が用いられる。負極２３は銅またはステンレスからなる集電体上に、黒鉛またはリチウム遷移金属複合酸化物、および結着剤からなる負極活物質４２層を設けて形成される。黒鉛としては、例えば、天然黒鉛や人造黒鉛等が使用される。リチウム遷移金属複合酸化物としては、例えば、リチウムーチタン複合酸化物、リチウムーシリコン合金，リチウムースズ合金等が使用される。

【００５４】

［タブリード］

タブリードは、正極タブリード３１、負極タブリード３２からなり、それぞれ正極２１および負極２３から外部に向って延在するか、正極２１および負極２３に接合されている。

タブリードは電流を取り出すため、正極２１および負極２３に接合していない、もう一方の先端を電池の外部に配している。タブリードは、例えば、アルミニウム、ニッケル、チタン，ステンレス，銅、これらの合金等からなる。あるいは、正極２１および負極２３などの電極の集電体の一部に活物質を塗らない部分を残して置き，この部分を加工することでも形成される。タブリードにはタブシーラント耐熱性絶縁構造ａを設ける。タブリードを挟んで外装材１をヒートシールする際に、タブリードの切削時のバリが外装材１のシーラント層を傷つけたり，タブリードが厚い場合に熱によりシーラント層が流れて薄くなったりして、タブリードと外装材１の金属箔からなるバリア層が短絡してしまう虞がある。それを防止するため、少なくともタブリードが外装材１とヒートシールする部分（ヒートシール部５）にタブシーラント耐熱性絶縁構造ａを設ける。

【００５５】

［タブシーラント耐熱性絶縁構造］

タブシーラント耐熱性絶縁構造ａは、タブリードが外装材１とヒートシールする部分（ヒートシール部５）に設けられる。タブシーラント耐熱性絶縁構造ａは、フッ素系樹脂、硬化剤、および密着性付与剤を含有してなる。フッ素系樹脂を硬化剤で硬化させることで、耐熱性および絶縁性を有する塗膜が得られる。本発明には、耐熱性を少なくとも外装材１のシーラント層（図示しない）とのシーラント加工のシーラント温度（熱溶融温度）に耐えることができることであり、本発明においては、２００℃の温度下で１０秒間曝されても、塗膜が流れ出てしまうことがないこと、また、絶縁性を３５Ｖの電圧を印加した時の絶縁抵抗値が５０００Ω（３分間）以上を保持できることとしている。フッ素系樹脂としては、例えば、上記の段落００３４に記載の保護層を形成するフッ素系樹脂を用いることができるが、これらに限定されない。このフッ素系樹脂は、溶剤可溶性を向上させ、硬化剤で硬化反応をさせるために、フッ素以外の官能基が付与されていることが望ましい。フッ素以外の官能基は共重合、グラフト重合、変性など各種方法を用いて付与される。フッ素系樹脂としては１種類でもよく２種類以上を混合してもかまわない。

【００５６】

硬化剤としては、一般的な樹脂硬化剤を使用することができる。例えば、ジイソシアネ

ート、ジカルボン酸、エポキシ、ヒドラジン、ジアミン、金属錯化合物、カルボジイミドなどが挙げられるが、これらに限定されない。硬化剤としてはフッ素系樹脂の官能基に応じて、それと反応する硬化剤を選定するのが望ましい。硬化剤としては、１種類でもよく２種類以上を混合してもかまわない。

【００５７】

硬化剤の添加量は、硬化剤中に含まれる，フッ素系樹脂の官能基と反応する官能基量で定められる。硬化剤の官能基量はフッ素系樹脂の官能基量の０．５倍以上５倍以下が好ましく、１倍以上３倍以下がより好ましい。硬化剤の官能基量が下限値未満だと絶縁性が得られず、上限値よりも多いと硬化に時間がかかり生産性が低下する。

【００５８】

密着性付与剤は、耐熱性絶縁層ａとタブリードとの密着性を上げるために添加する。密着性付与剤を添加することで、タブリードと耐熱性絶縁層ａの間に，例えば変性ポリオレフィン層のような接着層を設けなくても密着性が得られるため、薄膜化することが可能となる。密着性付与剤としては、金属の表面と相互作用あるいは反応するものが挙げられる。例えばポリカルボン酸樹脂、エポキシ樹脂、フェノール樹脂，ポリビニルアセタール樹脂、メラミン樹脂などがあげられる。密着性付与剤としては１種類でもよく２種類以上を混合してもかまわない。

【００５９】

密着性付与剤の添加量は、耐熱性絶縁層ａを構成する材料１００質量％中０．１質量％以上３０．０質量％以下が好ましく、１．０質量％以上１０．０質量％以下がより好ましい。密着性付与剤の添加量が、下限値未満だと密着性付与効果が得られず、上限値よりも多いと耐熱性絶縁層ａの引張応力が低下する。

【００６０】

耐熱性絶縁層ａとしては、密着性付与剤が添加されているため、耐熱性絶縁層ａの塗工液を電極タブリードに直接印刷または塗工して形成することができるが，別のフィルムに塗工した後に、電極タブリードに張りつける、または巻きつける、膜状に形成した耐熱性絶縁フィルムを電極タブリードに張りつける、または巻きつけるなどの他の方法で形成しても良い。

【００６１】

タブシーラント耐熱性絶縁構造ｂとしては、タブリードとの間に他の層があってもよく、なくてもよい。耐熱性絶縁層ａとタブリードの間には、例えば、接着性樹脂層を設けてもよい。接着性樹脂層としては、例えば、変性ポリオレフィン類が挙げられる。また耐熱性絶縁層ａのタブリードとの間には、他の面に他の層があってもよく，なくてもよい。耐熱性絶縁層ａのタブリードとの間の他の面には、例えば変性ポリオレフィン類のような接着性樹脂層を設けてもよい。

【００６２】

耐熱性絶縁層ａとしては、膜厚３μｍ以上３０μｍ以下が望ましい。膜厚が下限値以上だと外装材１とタブリードとの絶縁性が特に良好となるが、膜厚が上限値よりも厚くても外装材１とタブリードとの絶縁性は変わらないため、材料コストが無駄になるだけである。

【００６３】

タブリードの表面全体に耐熱性絶縁層ａを設けると導電性が得られないため，耐熱性絶縁層ａは、タブリードの外装材１でヒートシールされる部分（ヒートシール部５）のみに設けることが望ましい。耐熱性絶縁層ａがヒートシール部５からタブリードに沿ってはみ出していても構わない。

【実施例】

【００６４】

以下に本発明の実施例を示すが、これに限定されない。

【００６５】

＜実施例１＞

幅４ｍｍ、長さ３０ｍｍ、厚み１００μｍのアルミニウムシート１Ｎ３０－Ｏ材からなるタブリードに、浸漬法にてノンクロム系の表面処理を施した。表面処理を施したタブリードのヒートシールされる部分に、フッ素系樹脂２０質量％、ジイソシアネート硬化剤５１質量％、ポリカルボン酸樹脂２質量％およびトルエン２７質量％を混ぜた塗液を、乾燥後に膜厚３μｍとなるように塗工し、１４０℃、１分の条件で乾燥させ４０℃、４日間エージングし、耐熱性絶縁層を形成した。

フッ素系樹脂層、アルミニウム箔、酸変性ポリプロピレン、およびポリプロピレンからなる外装材を５０ｍｍ×９０ｍｍの大きさに切り出し、長辺で二つ折りとし、幅４５ｍｍとなった辺の片側に正極タブリードおよび負極タブリードを挟み込み、ヒートシールを行った。ヒートシールは、２００℃で１０秒行った。残り２ヶ所のタブリードの無い辺は、２００℃で５秒の条件でヒートシールを行った。まず折り返した辺の対面のヒートシールを行い、その後ジエチルカーボネート、エチレンカーボネートの混合液にＬｉＰＦ$_6$（六フッ化リン酸リチウム）を添加した電解液２ｍｌを充填し、最後にタブリードの対面のヒートシールを行った。これにより、ヒートシール部にタブシーラント耐熱性絶縁構造を有する、集電体等の電池要素が封入されていない評価用の非水電解質二次電池パックを作製した。

【００６６】

＜実施例２＞

耐熱性絶縁層の膜厚を５μｍとした以外は、実施例１と同様にして電池パックを作製した。

【００６７】

＜実施例３＞

耐熱性絶縁層の膜厚を２０μｍとした以外は、実施例１と同様にして電池パックを作製した。

【００６８】

＜実施例４＞

耐熱性絶縁層の膜厚を３０μｍとした以外は、実施例１と同様にして電池パックを作製した。

【００６９】

＜実施例５＞

耐熱性絶縁層のポリカルボン酸樹脂をエポキシ樹脂とした以外は実施例２と同様にして電池パックを作製した。

【００７０】

＜実施例６＞

耐熱性絶縁層のポリカルボン酸樹脂をフェノール樹脂とした以外は、実施例２と同様にして電池パックを作製した。

【００７１】

＜実施例７＞

耐熱性絶縁層のポリカルボン酸樹脂をポリビニルアセタール樹脂とした以外は、実施例２と同様にして電池パックを作製した。

【００７２】

＜実施例８＞

耐熱性絶縁層のポリカルボン酸樹脂をメラミン樹脂とした以外は、実施例２と同様にして電池パックを作製した。

【００７３】

＜比較例１＞

耐熱性絶縁層を設ける代わりに、５０μｍの酸変性ポリオレフィンからなるシーラントフィルムをタブリードのヒートシールされる部分に巻き付けた以外は、実施例１と同様にして電池パックを作製した。

【００７４】

＜比較例２＞
耐熱性絶縁層に硬化剤を添加しなかった以外は、実施例２と同様にして電池パックを作製した。
【００７５】
＜比較例３＞
耐熱性絶縁層に密着性付与剤を添加しなかった以外は、実施例２と同様にして電池パックを作製した。
【００７６】
［評価方法］
タブリードの絶縁性およびタブリードと外装材の密着性に関して評価を行った。以下に詳細を示す。
【００７７】
（絶縁性）
絶縁評価装置（菊水電子工業製）にて、外装材ヒートシール部分とタブリードの絶縁性を測定した。絶縁抵抗値が装置の測定限界に達すればＡ、測定限界には達しないがショートしなければＢ、ショートすればＣとした。
【００７８】
（タブリード密着性）
引張り試験機（島津製作所製）にて、剥離角度１８０度、剥離速度３０ｍｍ／ｍｉｎの条件で測定を行った。タブリードとタブリード上の層の剥離強度が２．５Ｎ／５ｍｍ以上であればＡ、２．５Ｎ／５ｍｍ未満であればＢとした。
【００７９】
結果は表１に示すとおり、タブリード上に耐熱性絶縁層を設けたことによりタブシーラント耐熱性絶縁構造を有する実施例１から８はヒートシール後も絶縁性を保持していた。タブシーラント耐熱性絶縁構造の膜厚が５μｍ以上である実施例２から８は特に絶縁性が優れていた。また実施例１から８は外装材とタブリードの密着性にも優れていた。一方でポリオレフィン系シーラントフィルムを用いた比較例１はシーラントフィルムがヒートシールの熱で流れて薄くなり、絶縁性が得られなかった。耐熱性絶縁層を設けたが硬化剤を添加しなかった比較例２は絶縁性が得られず，密着性付与剤を添加しなかった比較例３はタブリードとの密着性が得られない結果となった。
以上のように、フッ素系樹脂と、硬化剤と、密着性付与剤からなる耐熱性絶縁層を有するタブシーラント耐熱性絶縁構造を設けたタブリードは、ヒートシールをしても絶縁性を保ち、タブリードとの密着性も確保することができた。

【表１】

	絶縁性	タブリード密着性
実施例 1	B	A
実施例 2	A	A
実施例 3	A	A
実施例 4	A	A
実施例 5	A	A
実施例 6	A	A
実施例 7	A	A
実施例 8	A	A
比較例 1	C	A
比較例 2	C	A
比較例 3	A	B

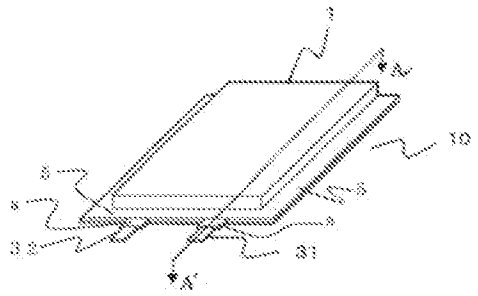
【符号の説明】

【００８０】

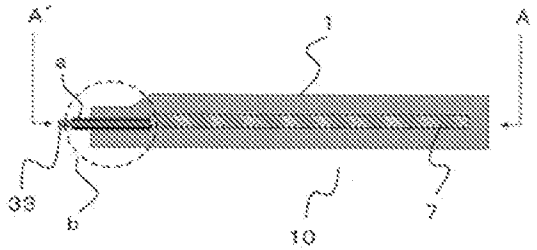
１　外装材
１１　凹部
２　内部電極群
２１　正極
２２　セパレータ
２３　負極
３　タブリード群
３１　正極タブリード
３２　負極タブリード
４１　正極活物質
４２　負極活物質
５、６　ヒートシール部
７　電池部材
１０、１４　非水電解質二次電池

a　耐熱性絶縁層
b　タブシーラント耐熱性絶縁構造

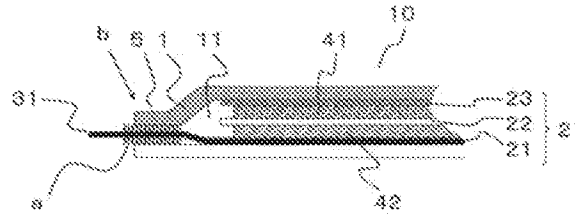
【図１】



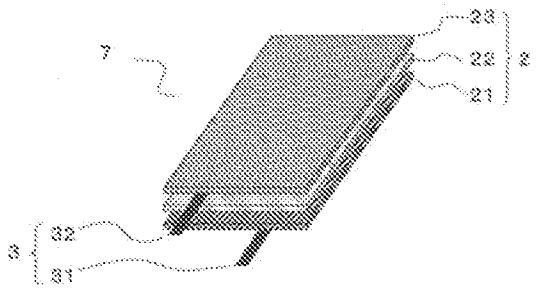
【図２】



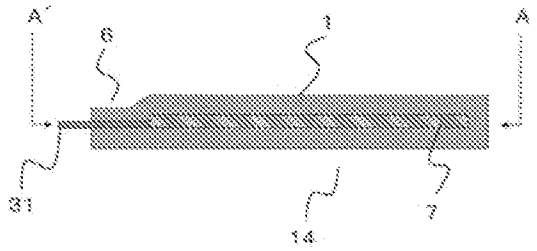
【図３】



【図４】



【図５】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
H01M 10/0566	*(2010.01)*	H01M	10/0566	
H01M 2/34	*(2006.01)*	H01M	2/34 B	

Fターム(参考) 5H029 AJ12 AJ14 AJ15 AK03 AL03 AL07 AL12 AM01 BJ04 BJ02
DJ03 DJ17 EJ12 HJ04
5H043 AA04 AA07 AA19 AA20 BA18 CA08 DA02 DA05 GA26 GA28
KA30D KA38D KA45D LA02D

(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2019-46592
(P2019-46592A)
(43)公開日　平成31年3月22日(2019.3.22)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
H01M 4/13	***(2010.01)***	H01M	4/13		5E078
H01M 4/02	***(2006.01)***	H01M	4/02	Z	5H043
H01M 2/26	***(2006.01)***	H01M	2/26	A	5H050
H01G 11/70	***(2013.01)***	H01G	11/70		
H01G 11/72	***(2013.01)***	H01G	11/72		

審査請求 未請求　請求項の数 6　ＯＬ　（全 15 頁）

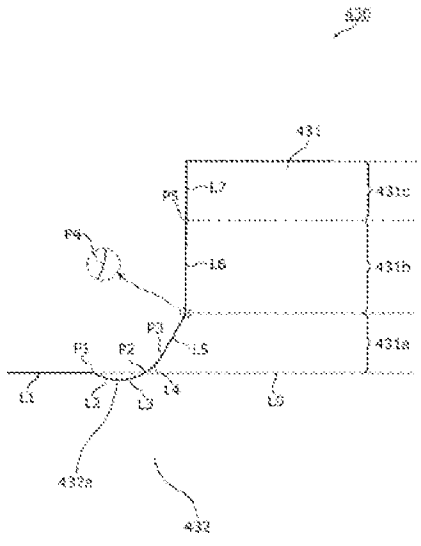
(21)出願番号　特願2017-166156(P2017-166156)
(22)出願日　平成29年8月30日(2017.8.30)

(71)出願人　507151526
株式会社ＧＳユアサ
京都府京都市南区吉祥院西ノ庄猪之馬場町１番地
(74)代理人　100153224
弁理士　中原　正樹
(72)発明者　河合　章雄
京都市南区吉祥院西ノ庄猪之馬場町１番地
株式会社ＧＳユアサ内

Ｆターム(参考)　5E078 AA10 FA07 FA12 FA21
5H043 AA01 BA19 EA07 JA04E LA22E
5H050 AA14 BA16 BA17 CA01 CA07
CA08 CA09 CB01 CB02 CB03
CB07 CB08 CB11 CB12 DA20
HA03 HA12

(54)【発明の名称】蓄電素子

(57)【要約】
【課題】極板が破断等損傷するのを抑制することができる蓄電素子を提供する。
【解決手段】正極板４３０を有する電極体４００を備える蓄電素子１０であって、正極板４３０は、本体部４３２と、本体部４３２から第一方向に突出したタブ４３１とを有し、本体部４３２は、タブ４３１との接続部分において、第一方向とは反対方向に曲線形状に凹んだ凹部４３２ａを有し、タブ４３１は、凹部４３２ａに接続される基端部４３１ａと、基端部４３１ａよりも第一方向側の中央部４３１ｂとを有し、基端部４３１ａは、第一方向とは反対方向に向かうほど、第一方向と交差する第二方向に広がり、かつ、広がる量が中央部４３１ｂよりも大きい。
【選択図】図５





【特許請求の範囲】
【請求項１】
極板を有する電極体を備える蓄電素子であって、
前記極板は、本体部と、前記本体部から第一方向に突出したタブとを有し、
前記本体部は、前記タブとの接続部分において、前記第一方向とは反対方向に曲線形状に凹んだ凹部を有し、
前記タブは、前記凹部に接続される基端部と、前記基端部よりも前記第一方向側の中央部とを有し、
前記基端部は、前記第一方向とは反対方向に向かうほど、前記第一方向と交差する第二方向に広がり、かつ、広がる量が前記中央部よりも大きい
蓄電素子。
【請求項２】
前記基端部は、曲率半径が前記凹部の曲率半径以上の曲線、及び、前記第一方向から傾斜した直線の少なくとも一方を含む外縁形状を有する
請求項１に記載の蓄電素子。
【請求項３】
前記基端部は、前記凹部と前記基端部との境界点から、前記境界点における前記凹部の接線方向に延びる前記曲線または前記直線を含む前記外縁形状を有する
請求項２に記載の蓄電素子。
【請求項４】
前記基端部と前記中央部との境界部分の外縁形状は、曲線で形成されている
請求項１～３のいずれか１項に記載の蓄電素子。
【請求項５】
前記凹部は、前記基端部に近い部分の曲率半径が、前記基端部から遠い部分の曲率半径以上の大きさとなる曲線で形成されている
請求項１～４のいずれか１項に記載の蓄電素子。
【請求項６】
前記凹部及び前記基端部は、前記中央部に向かうほど曲率半径が大きくなる曲線を含む外縁形状を有する
請求項１～５のいずれか１項に記載の蓄電素子。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、極板を有する電極体を備える蓄電素子に関する。
【背景技術】
【０００２】
従来、極板を有する電極体を備える構成において、極板にタブが形成された蓄電素子が広く知られている。例えば、特許文献１には、電極部と電極部の上辺から突出するように形成されたタブとを有する極板において、電極部の上辺とタブの側辺が曲線により連続しており、当該曲線によりタブおよび電極部に凹部が形成されているように構成することで、極板の破断を抑制する捲回型電極電池（蓄電素子）が開示されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】特開２０１３－７３７５７号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
しかしながら、上記従来の構成の蓄電素子では、極板が破断等損傷するのを十分には抑制できていないという問題がある。つまり、上記特許文献１に開示された構成では、タブ

の根元に凹部が形成されて極板の破断を抑制しているが、本願発明者は、この場合でも、タブに荷重が加わると当該凹部に応力が集中して、極板が破断等損傷するおそれがあることを見出した。蓄電素子において、極板が破断等損傷すると、極板上の活物質が剥がれ落ちたり極板の位置がずれたりして短絡等の不具合を引き起こすおそれがある。

【０００５】

本発明は、上記問題に鑑みてなされたものであり、極板が破断等損傷するのを抑制することができる蓄電素子を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【０００６】

上記目的を達成するために、本発明の一態様に係る蓄電素子は、極板を有する電極体を備える蓄電素子であって、前記極板は、本体部と、前記本体部から第一方向に突出したタブとを有し、前記本体部は、前記タブとの接続部分において、前記第一方向とは反対方向に曲線形状に凹んだ凹部を有し、前記タブは、前記凹部に接続される基端部と、前記基端部よりも前記第一方向側の中央部とを有し、前記基端部は、前記第一方向とは反対方向に向かうほど、前記第一方向と交差する第二方向に広がり、かつ、広がる量が前記中央部よりも大きい。

【０００７】

これによれば、蓄電素子において、極板の本体部は、タブとの接続部分において、曲線形状に凹んだ凹部を有し、タブは、当該凹部に接続される基端部が、中央部とは反対方向に向かうほど広がり、かつ、広がる量が中央部よりも大きい。つまり、タブの根元の凹部との接続箇所に、中央部よりも大きく広がる基端部を形成する。これにより、タブに荷重が加わった場合でも、タブの根元の凹部にかかる応力を基端部側に分散して、当該凹部に応力が集中するのを抑制することができるため、極板が破断等損傷するのを抑制することができる。

【０００８】

また、前記基端部は、曲率半径が前記凹部の曲率半径以上の曲線、及び、前記第一方向から傾斜した直線の少なくとも一方を含む外縁形状を有することにしてもよい。

【０００９】

これによれば、タブの基端部は、曲率半径がタブの根元の凹部の曲率半径以上の曲線、及び、傾斜した直線の少なくとも一方を含む外縁形状を有している。このように、タブの基端部の外縁形状を、凹部の曲率半径以上の曲線または傾斜した直線を含む形状にすることで、凹部に集中する応力を基端部側にさらに分散することができるため、極板が破断等損傷するのをさらに抑制することができる。

【００１０】

また、前記基端部は、前記凹部と前記基端部との境界点から、前記境界点における前記凹部の接線方向に延びる前記曲線または前記直線を含む前記外縁形状を有することにしてもよい。

【００１１】

これによれば、タブの基端部は、タブの根元の凹部との境界点から、当該凹部の接線方向に延びる曲線または直線を含む外縁形状を有している。このように、タブの基端部の外縁が凹部の接線方向に延びる形状であることで、基端部と凹部との境界部分において応力が集中するのを抑制することができるため、極板が破断等損傷するのをさらに抑制することができる。

【００１２】

また、前記基端部と前記中央部との境界部分の外縁形状は、曲線で形成されていることにしてもよい。

【００１３】

これによれば、タブの基端部と中央部との境界部分の外縁形状が曲線で形成されているため、当該境界部分において応力が集中するのを抑制することができ、極板が破断等損傷するのをさらに抑制することができる。

【００１４】
また、前記凹部は、前記基端部に近い部分の曲率半径が、前記基端部から遠い部分の曲率半径以上の大きさとなる曲線で形成されていることにしてもよい。
【００１５】
これによれば、タブの根元の凹部が、タブの基端部に近い部分の曲率半径が遠い部分の曲率半径以上の大きさとなる曲線で形成されていることで、凹部の基端部側に応力がかかるのを抑制することができ、極板が破断等損傷するのをさらに抑制することができる。
【００１６】
また、前記凹部及び前記基端部は、前記中央部に向かうほど曲率半径が大きくなる曲線を含む外縁形状を有することにしてもよい。
【００１７】
これによれば、タブの根元の凹部及びタブの基端部が、タブの中央部に向かうほど曲率半径が大きくなる曲線を含む外縁形状を有していることで、凹部及び基端部にかかる力を分散することができ、極板が破断等損傷するのをさらに抑制することができる。
【００１８】
なお、本発明は、このような蓄電素子として実現することができるだけでなく、当該蓄電素子が備える電極体の極板としても実現することができる。
【発明の効果】
【００１９】
本発明に係る蓄電素子によれば、極板が破断等損傷するのを抑制することができる。
【図面の簡単な説明】
【００２０】
【図１】実施の形態に係る蓄電素子の外観を示す斜視図である。
【図２】実施の形態に係る蓄電素子の分解斜視図である。
【図３】実施の形態に係る電極体の構成を示す斜視図である。
【図４Ａ】実施の形態に係る正極板の構成を示す平面図である。
【図４Ｂ】実施の形態に係る負極板の構成を示す平面図である。
【図５】実施の形態に係る正極板の本体部の凹部及びタブの構成を示す平面図である。
【図６Ａ】実施の形態に係る蓄電素子が奏する効果を説明するための図である。
【図６Ｂ】実施の形態に係る蓄電素子が奏する効果を説明するための図である。
【図７】実施の形態の変形例に係る電極体の構成を示す斜視図である。
【発明を実施するための形態】
【００２１】
以下、図面を参照しながら、本発明の実施の形態に係る蓄電素子について説明する。なお、以下で説明する実施の形態は、いずれも包括的または具体的な例を示すものである。以下の実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置位置及び接続形態などは、一例であり、本発明を限定する主旨ではない。また、以下の実施の形態における構成要素のうち、最上位概念を示す独立請求項に記載されていない構成要素については、任意の構成要素として説明される。また、各図において、寸法等は厳密に図示したものではない。
【００２２】
また、以下実施の形態での説明及び図面中において、蓄電素子が有する一対の電極端子の並び方向、一対の集電体の並び方向、または、容器の短側面の対向方向をＸ軸方向と定義する。また、容器の長側面の対向方向、容器の短側面の短手方向、容器の厚さ方向、または、電極体の極板の積層方向をＹ軸方向と定義する。また、蓄電素子の容器本体と蓋体との並び方向、容器の短側面の長手方向、電極体の巻回軸方向、または、上下方向をＺ軸方向と定義する。これらＸ軸方向、Ｙ軸方向及びＺ軸方向は、互いに交差（本実施の形態では直交）する方向である。なお、使用態様によってはＺ軸方向が上下方向にならない場合も考えられるが、以下では説明の便宜のため、Ｚ軸方向を上下方向として説明する。また、以下の説明において、例えば、Ｘ軸方向プラス側とは、Ｘ軸の矢印方向側を示し、Ｘ

軸方向マイナス側とは、Ｘ軸方向プラス側とは反対側を示す。Ｙ軸方向やＺ軸方向についても同様である。

【００２３】

（実施の形態）

［１　蓄電素子１０の全般的な説明］

まず、図１及び図２を用いて、本実施の形態における蓄電素子１０の全般的な説明を行う。図１は、本実施の形態に係る蓄電素子１０の外観を示す斜視図である。また、図２は、本実施の形態に係る蓄電素子１０の分解斜視図である。

【００２４】

蓄電素子１０は、電気を充電し、また、電気を放電することのできる二次電池であり、具体的には、リチウムイオン二次電池などの非水電解質二次電池である。蓄電素子１０は、例えば、電気自動車（ＥＶ），ハイブリッド電気自動車（ＨＥＶ）またはプラグインハイブリッド電気自動車（ＰＨＥＶ）等の自動車用電源や、電子機器用電源、電力貯蔵用電源などに使用される。なお、蓄電素子１０は、非水電解質二次電池には限定されず、非水電解質二次電池以外の二次電池であってもよいし、キャパシタであってもよい。また、蓄電素子１０は、二次電池ではなく、使用者が充電をしなくても蓄えられている電気を使用できる一次電池であってもよい。また、本実施の形態では、矩形状（角型）の蓄電素子１０を図示しているが、蓄電素子１０の形状は、矩形状には限定されず、円柱形状や長円柱形状等であってもよいし、ラミネート型の蓄電素子とすることもできる。

【００２５】

図１に示すように、蓄電素子１０は、容器本体１１０及び蓋体１２０を有する容器１００と、正極端子２００と、負極端子３００とを備えている。また、図２に示すように、容器１００内方には、正極集電体１３０，負極集電体１４０及び電極体４００等が収容されている。

【００２６】

なお，蓋体１２０と正極端子２００及び負極端子３００との間、並びに、蓋体１２０と正極集電体１３０及び負極集電体１４０との間には、絶縁性及び気密性を高めるためにガスケット等が配置されているが、同図では省略して図示している。また、容器１００の内部には、電解液（非水電解質）が封入されているが、図示は省略する。なお、当該電解液としては、蓄電素子１０の性能を損なうものでなければその種類に特に制限はなく、様々なものを選択することができる。また、上記の構成要素の他、電極体４００の側方や上方に配置されるスペーサ、容器１００内の圧力が上昇したときに当該圧力を開放するためのガス排出弁、容器１００内に電解液を注入するための注液部、または，電極体４００等を包み込む絶縁フィルムなどが配置されていてもよい。

【００２７】

容器１００は、矩形筒状で底を備える容器本体１１０と、容器本体１１０の開口を閉塞する板状部材である蓋体１２０とで構成された直方体形状（箱型）のケースである。また、容器１００は、電極体４００等を容器本体１１０の内方に収容後、蓋体１２０と容器本体１１０とが溶接等されることにより、内部を密封することができるものとなっている。なお、蓋体１２０及び容器本体１１０の材質は特に限定されないが、例えばステンレス鋼、アルミニウム、アルミニウム合金、鉄、メッキ鋼板など溶接可能な金属であるのが好ましい。

【００２８】

電極体４００は、正極板と負極板とセパレータとを備え、電気を蓄えることができる発電要素である。具体的には、電極体４００は、正極板と負極板との間にセパレータが挟み込まれるように層状に配置されたものが巻回されて形成されている。これにより、電極体４００は、正極板のタブが積層されて形成されたタブ束４１０と、負極板のタブが積層されて形成されたタブ束４２０とを有する。なお、本実施の形態では，電極体４００の断面形状として長円形状を図示しているが、楕円形状、円形状、多角形状などでもよい。この電極体４００の構成の詳細な説明については、後述する。

【００２９】
正極端子２００は、正極集電体１３０を介して、電極体４００の正極板に電気的に接続された電極端子である。負極端子３００は、負極集電体１４０を介して、電極体４００の負極板に電気的に接続された電極端子である。つまり、正極端子２００及び負極端子３００は、電極体４００に蓄えられている電気を蓄電素子１０の外部空間に導出し、また、電極体４００に電気を蓄えるために蓄電素子１０の内部空間に電気を導入するための金属製の電極端子である。正極端子２００及び負極端子３００は、蓋体１２０に取り付けられている。なお、正極端子２００及び負極端子３００は、アルミニウムまたはアルミニウム合金などで形成されている。

【００３０】
正極集電体１３０及び負極集電体１４０は、電極体４００と蓋体１２０との間に配置され、電極体４００と正極端子２００及び負極端子３００とを電気的に接続する側面視Ｕ字状の板状部材である。本実施の形態では、正極集電体１３０は、電極体４００の正極側のタブ束４１０と溶接等により接合され、負極集電体１４０は、電極体４００の負極側のタブ束４２０と溶接等により接合されている。また、正極集電体１３０は、アルミニウムまたはアルミニウム合金などで形成され，負極集電体１４０は，銅または銅合金などで形成されている。

【００３１】
［２　電極体４００の構成の説明］
次に、電極体４００の構成について、詳細に説明する。図３は，本実施の形態に係る電極体４００の構成を示す斜視図である。なお、同図では、電極体４００の巻回状態を一部展開して図示している。

【００３２】
同図に示すように、電極体４００は、正極板４３０及び負極板４４０と、セパレータ４５０ａ及び４５０ｂとが交互に積層されかつ巻回されることで形成されている。つまり、電極体４００は、正極板４３０と、セパレータ４５０ａと、負極板４４０と、セパレータ４５０ｂとがこの順に積層され，巻回されることで形成されている。

【００３３】
正極板４３０は、アルミニウムまたはアルミニウム合金などからなる長尺帯状の金属箔である正極基材層の表面に、正極活物質層が形成された極板（電極板）である。ここで，正極活物質層に用いられる正極活物質としては，リチウムイオンを吸蔵放出可能な正極活物質であれば、適宜公知の材料を使用できる。例えば、正極活物質として、$LiMPO_4$、$LiMSiO_4$、$LiMBO_3$（ＭはＦｅ，Ｎｉ、Ｍｎ、Ｃｏ等から選択される１種または２種以上の遷移金属元素）等のポリアニオン化合物、チタン酸リチウム、$LiMn_2O_4$や$LiMn_{1.5}Ni_{0.5}O_4$等のスピネル型リチウムマンガン酸化物，$LiMO_2$（ＭはＦｅ，Ｎｉ、Ｍｎ、Ｃｏ等から選択される１種または２種以上の遷移金属元素）等のリチウム遷移金属酸化物等を用いることができる。

【００３４】
負極板４４０は、銅または銅合金などからなる長尺帯状の金属箔である負極基材層の表面に、負極活物質層が形成された極板（電極板）である。ここで、負極活物質層に用いられる負極活物質としては、リチウムイオンを吸蔵放出可能な負極活物質であれば，適宜公知の材料を使用できる。例えば、負極活物質として、リチウム金属、リチウム合金（リチウムーケイ素、リチウムーアルミニウム、リチウムー鉛、リチウムー錫、リチウムーアルミニウムー錫，リチウムーガリウム、及びウッド合金等のリチウム金属含有合金）の他、リチウムを吸蔵・放出可能な合金、炭素材料（例えば黒鉛、難黒鉛化炭素，易黒鉛化炭素、低温焼成炭素、非晶質カーボン等）、ケイ素酸化物、金属酸化物、リチウム金属酸化物（$Li_4Ti_5O_{12}$等）、ポリリン酸化合物、あるいは、一般にコンバージョン負極と呼ばれる、Co_3O_4やFe_2P等の、遷移金属と第１４族乃至第１６族元素との化合物などが挙げられる。

【００３５】

セパレータ４５０ａ及び４５０ｂは，樹脂からなる微多孔性のシートである。なお、セパレータ４５０ａ及び４５０ｂの素材としては、蓄電素子１０の性能を損なうものでなければ、通宣公知の材料を使用できる。

【００３６】

ここで、正極板４３０は、巻回軸方向の一端において外方に突出する複数の矩形状のタブ４３１を有している。負極板４４０も同様に、巻回軸方向の一端において外方に突出する複数の矩形状のタブ４４１を有している。これら、複数のタブ４３１及び複数のタブ４４１は、活物質が塗工されず基材層が露出した部分（活物質未塗工部）である。なお、巻回軸とは、正極板４３０及び負極板４４０等を巻回する際の中心軸となる仮想的な軸であり、本実施の形態では、電極体４００の中心を通るＺ軸方向に平行な直線である。

【００３７】

そして、複数のタブ４３１と複数のタブ４４１とは、巻回軸方向の同一側の端（同図では、Ｚ軸方向プラス側の端）に配置され、正極板４３０及び負極板４４０が積層されることにより、電極体４００の所定の位置で積層される。その結果、電極体４００には、複数のタブ４３１が積層されることで形成されたタブ束４１０と、複数のタブ４４１が積層されることで形成されたタブ束４２０とが形成される。タブ束４１０及び４２０は、例えば積層方向（Ｙ軸方向）の中央に向かって寄せ集められて、正極集電体１３０及び負極集電体１４０と溶接等により接合される。

【００３８】

［３　正極板４３０及び負極板４４０の構成の説明］

次に、正極板４３０及び負極板４４０の構成について、さらに詳細に説明する。図４Ａは、本実施の形態に係る正極板４３０の構成を示す平面図である。また、図４Ｂは、本実施の形態に係る負極板４４０の構成を示す平面図である。なお、図４Ａは、図３における正極板４３０のタブ４３１の周辺を拡大して示す図であり、図４Ｂは、図３における負極板４４０のタブ４４１の周辺を拡大して示す図である。

【００３９】

まず、図４Ａに示すように、正極板４３０は、本体部４３２と，本体部４３２からＺ軸方向プラス側（以下、第一方向ともいう）に突出した上述のタブ４３１とを有している。つまり、本体部４３２の直線状の端縁を連ねた直線Ｌ０よりもＺ軸方向マイナス側が本体部４３２であり、直線Ｌ０よりもＺ軸方向プラス側がタブ４３１である。また、本体部４３２は、タブ４３１との接続部分において、Ｚ軸方向マイナス側（第一方向とは反対方向）に曲線形状に凹んだ凹部４３２ａを有している。具体的には、凹部４３２ａは、直線Ｌ０から凹んだ部分であり、本体部４３２は、タブ４３１の両側（Ｘ軸方向両側）に，タブ４３１と隣接して配置される２つの凹部４３２ａを有している。

【００４０】

また、本体部４３２の凹部４３２ａよりもＺ軸方向マイナス側には、正極活物質層４３３が形成されている。つまり、正極板４３０は、本体部４３２の正極活物質層４３３を除いた部分とタブ４３１とで上述の正極基材層を構成し、当該正極基材層に正極活物質層４３３が形成されている。このように、凹部４３２ａは、正極活物質層４３３まで達しない程度の深さであり、凹部４３２ａには正極活物質層４３３は形成されていないため、正極活物質層４３３の領域に凹部４３２ａを形成することで正極活物質層４３３が剥がれ落ちるようなことを防ぐことができる。なお、正極活物質層４３３のＺ軸方向プラス側には、凹部４３２ａを覆う位置まで、絶縁性のエッジコート層が形成されていてもよい。

【００４１】

ここで、タブ４３１は，凹部４３２ａに接続される基端部４３１ａと，基端部４３１ａよりもＺ軸方向プラス側（第一方向側）の中央部４３１ｂと、中央部４３１ｂよりもＺ軸方向プラス側の先端部４３１ｃとを有している。

【００４２】

基端部４３１ａは、凹部４３２ａに隣接して配置される、タブ４３１の本体部４３２側（Ｚ軸方向マイナス側）の端部である。例えば、Ｚ軸方向において、基端部４３１ａは、

タブ４３１の２０％～４０％程度の領域である。また、基端部４３１ａは、Ｚ軸方向プラス側に向けてＸ軸方向の幅が狭くなる形状、つまりＺ軸方向マイナス側に向けてＸ軸方向の幅が広くなる形状を有している。言い換えると、基端部４３１ａは、Ｚ軸方向マイナス側（第一方向とは反対方向）に向かうほど、Ｘ軸方向両側（第一方向と交差する第二方向）に広がる形状を有している。

【００４３】

中央部４３１ｂは、基端部４３１ａに接続されて配置される、タブ４３１のＺ軸方向中央部分の部位であって、Ｘ軸方向の幅が同じ形状（矩形状）を有している。先端部４３１ｃは、中央部４３１ｂに接続されて配置される、タブ４３１の本体部４３２とは反対側（Ｚ軸方向プラス側）の端部であって、Ｘ軸方向の幅が同じ形状（矩形状）を有している。例えば、Ｚ軸方向において、中央部４３１ｂは、タブ４３１の２０％～６０％程度の領域であり、先端部４３１ｃは、タブ４３１の２０％～４０％程度の領域である。

【００４４】

このように、先端部４３１ｃ及び中央部４３１ｂは、Ｚ軸方向に平行な連続した端縁を有している。これにより、基端部４３１ａは、Ｘ軸方向へ広がる量が、先端部４３１ｃ及び中央部４３１ｂよりも大きい。

【００４５】

また、図４Ｂに示すように、負極板４４０は、本体部４４２と、本体部４４２からＺ軸方向プラス側（第一方向）に突出した上述のタブ４４１とを有している。また、本体部４４２は、タブ４４１との接続部分において、Ｚ軸方向マイナス側（第一方向とは反対方向）に曲線形状に凹んだ凹部４４２ａを有している。また、タブ４４１は、凹部４４２ａに接続される基端部４４１ａと、基端部４４１ａよりもＺ軸方向プラス側（第一方向側）の中央部４４１ｂと、中央部４４１ｂよりもＺ軸方向プラス側の先端部４４１ｃとを有している。そして、基端部４４１ａは、Ｚ軸方向マイナス側に向かうほど、Ｘ軸方向両側に広がり、かつ、広がる量が、先端部４４１ｃ及び中央部４４１ｂよりも大きい。

【００４６】

また、負極板４４０においても、正極板４３０と同様に、本体部４４２の凹部４４２ａよりもＺ軸方向マイナス側に、負極活物質層４４３が形成されている。詳細な構成については、正極板４３０と同様であるため省略するが、電極体４００を形成したときに、負極活物質層４４３が正極活物質層４３３を覆う位置に配置されるように、負極活物質層４４３は、正極活物質層４３３よりも外側（図４ＢではＺ軸方向プラス側）の位置まで形成されているのが好ましい。なお、負極活物質層４４３は、本体部４４２の凹部４４２ａよりもＺ軸方向プラス側まで形成されていてもよい。つまり、負極活物質層４４３は、タブ４４１の基端部４４１ａの途中まで形成されていることにしてもよいし、中央部４４１ｂの途中まで形成されていることにしてもよい。また、その他の負極板４４０が有する各構成要素は、上述の正極板４３０が有する各構成要素と同様のため、詳細な説明は省略する。

【００４７】

［４　正極板４３０の本体部４３２の凹部４３２ａ及びタブ４３１の構成の説明］

次に、正極板４３０の本体部４３２の凹部４３２ａ及びタブ４３１の構成について、さらに詳細に説明する。図５は、本実施の形態に係る正極板４３０の本体部４３２の凹部４３２ａ及びタブ４３１の構成を示す平面図である。具体的には、同図は、図４Ａの正極板４３０の本体部４３２の凹部４３２ａ及びタブ４３１の構成を拡大して示す図である。なお、上述の通り、負極板４４０の本体部４４２の凹部４４２ａ及びタブ４４１の構成については、正極板４３０の構成と同様のため、図示及びその説明は省略する。

【００４８】

［４．１　凹部４３２ａの構成の説明］

図５に示すように、正極板４３０の本体部４３２には、本体部４３２の直線状の外縁Ｌ１からＺ軸方向マイナス側に凹んだ凹部４３２ａが形成されている。つまり、凹部４３２ａは、外縁Ｌ１を含む直線Ｌ０からＺ軸方向マイナス側に凹んだ凹部であり、外縁Ｌ１側の境界点Ｐ１から基端部４３１ａ側の境界点Ｐ２まで至る曲線形状の外縁を有している。

【００４９】
具体的には、凹部４３２ａは、基端部４３１ａに近い部分の曲率半径が、基端部４３１ａから遠い部分の曲率半径以上の大きさとなる曲線で形成されている。つまり、凹部４３２ａは、基端部４３１ａから遠い部分の外縁Ｌ２と基端部４３１ａに近い部分の外縁Ｌ３とを有しており、外縁Ｌ３の曲率半径が、外縁Ｌ２の曲率半径以上の大きさとなっている。本実施の形態では、凹部４３２ａは、基端部４３１ａに近い部分の曲率半径と、基端部４３１ａから遠い部分の曲率半径とが同じ大きさの曲線で形成されている。つまり、凹部４３２ａは、外縁Ｌ２と外縁Ｌ３とが同じ曲率半径となる円弧状の外縁形状を有している。

【００５０】
例えば、凹部４３２ａのＸ軸方向の幅（境界点Ｐ１と境界点Ｐ２との直線距離）は、タブ４３１のＸ軸方向の幅の２０％～３０％程度（５ｍｍ程度）であり、凹部４３２ａのＺ軸方向の深さは、タブ４３１のＺ軸方向の高さの２％～５％程度（０．５ｍｍ～１ｍｍ程度）である。ただし、凹部４３２ａの外縁Ｌ２及び外縁Ｌ３の曲率半径を大きくするほど凹部４３２ａにかかる応力集中をより緩和させることができるため、凹部４３２ａは、上記の大きさにはかかわらず曲率半径を大きく形成するのが好ましい。

【００５１】
なお、凹部４３２ａは、基端部４３１ａに近い部分の曲率半径が、基端部４３１ａから遠い部分の曲率半径よりも大きい曲線で形成されていてもよい。つまり、凹部４３２ａは、外縁Ｌ３の曲率半径が、外縁Ｌ２の曲率半径よりも大きく形成されていてもよい。

【００５２】
また、凹部４３２ａの外縁Ｌ１側の境界点Ｐ１における外縁形状は特に限定されないが、境界点Ｐ１においては、直線状の外縁Ｌ１と円弧状の外縁Ｌ２とが交差することになるため、尖った形状を有することとなる。このため、境界点Ｐ１における外縁形状を、曲線で形成するのが好ましい。これにより、正極板４３０が、凹部４３２ａの境界点Ｐ１において、セパレータ４５０ａまたは４５０ｂを損傷させるのを抑制することができる。また、負極板４４０においても同様である。なお、負極板４４０において、凹部４４２ａを覆う位置に負極活物質層４４３が形成されている場合には、負極活物質層４４３が剥がれ落ちるのを抑制することもできる。

【００５３】
また、凹部４３２ａの基端部４３１ａ側の境界点Ｐ２における外縁形状は、凹部４３２ａの外縁Ｌ３と基端部４３１ａの外縁Ｌ４とが滑らかに繋がる形状となっている。つまり、基端部４３１ａは、凹部４３２ａと基端部４３１ａとの境界点Ｐ２から、境界点Ｐ２における凹部４３２ａの接線方向に延びる曲線または直線を含む外縁形状を有している。本実施の形態では、基端部４３１ａは、曲率半径が凹部４３２ａの曲率半径と同じ円弧状の外縁Ｌ４を含む外縁形状を有している。つまり、基端部４３１ａは、境界点Ｐ２から凹部４３２ａの接線方向に延びる曲線状の外縁Ｌ４を有している。言い換えれば、凹部４３２ａの外縁Ｌ２及びＬ３と基端部４３１ａの外縁Ｌ４とで、円弧状の外縁を形成している。

【００５４】
［４．２　タブ４３１の構成の説明］
タブ４３１の基端部４３１ａは、Ｚ軸方向から傾斜した直線状の外縁Ｌ５を含む外縁形状を有している。つまり、基端部４３１ａは、境界点Ｐ３から、境界点Ｐ３における外縁Ｌ４の接線方向に延びる直線状の外縁Ｌ５を有している。なお、外縁Ｌ５のＺ軸方向からの傾斜角は特に限定されないが、１５°以上４５°以下であるのが好ましく、２０°以上４０°以下であるのがより好ましく、２５°以上３５°以下であるのがさらに好ましく、３０°前後であるのがさらに好ましい。また、外縁Ｌ５のＺ軸方向の高さは、タブ４３１のＺ軸方向の高さの５％～１５％程度（２ｍｍ～３ｍｍ程度）である。

【００５５】
以上のように、基端部４３１ａは、曲率半径が凹部４３２ａの曲率半径以上の曲線、及び、Ｚ軸方向プラス側（第一方向）から傾斜した直線の少なくとも一方（本実施の形態で

は双方）を含む外縁形状を有している。

【００５６】

なお、基端部４３１ａは、凹部４３２ａと基端部４３１ａとの境界点Ｐ２から、境界点Ｐ２における凹部４３２ａの接線方向に延びる直線を含む外縁形状を有していてもよい。つまり、基端部４３１ａの外縁Ｌ４は、凹部４３２ａの接線方向に延びる直線状の外縁であることにしてもよい。また、基端部４３１ａの外縁Ｌ４は、曲率半径が凹部４３２ａの曲率半径よりも大きい曲線状の外縁であることにしてもよい。また、基端部４３１ａの外縁Ｌ５は、曲率半径が凹部４３２ａの曲率半径以上の曲線状の外縁であることにしてもよい。

【００５７】

また、基端部４３１ａの中央部４３１ｂ側の境界点Ｐ４における外縁形状は、基端部４３１ａの外縁Ｌ５と中央部４３１ｂの外縁Ｌ６とが滑らかに繋がる形状となっている。つまり、基端部４３１ａと中央部４３１ｂとの境界部分の外縁形状は、曲線で形成されている。本実施の形態では、中央部４３１ｂの外縁Ｌ６は、Ｚ軸方向に延びる直線状の外縁であるため、基端部４３１ａの直線状の外縁Ｌ５との交差部分に凹んだ角が形成されないように、境界点Ｐ４における外縁形状が曲線形状となっている。

【００５８】

また、中央部４３１ｂの先端部４３１ｃ側の境界点Ｐ５における外縁形状は、中央部４３１ｂの外縁Ｌ６と先端部４３１ｃの外縁Ｌ７とが滑らかに繋がる形状となっている。本実施の形態では、先端部４３１ｃの外縁Ｌ７は、中央部４３１ｂの外縁Ｌ６との境界点Ｐ５からＺ軸方向に延びる直線状の外縁であるため、外縁Ｌ６と外縁Ｌ７とは、境界点Ｐ５で滑らかに繋がっている。

【００５９】

このような構成により、基端部４３１ａは、Ｚ軸方向マイナス側に向かうほど、Ｘ軸方向に広がり、かつ、広がる量が先端部４３１ｃ及び中央部４３１ｂよりも大きい。なお、基端部４３１ａのＸ軸方向へ広がる量が、先端部４３１ｃ及び中央部４３１ｂよりも大きいのであれば、先端部４３１ｃ及び中央部４３１ｂは、Ｚ軸方向マイナス側に向かうほどＸ軸方向に広がる形状を有していてもよい。または、基端部４３１ａのＸ軸方向へ広がる量が、中央部４３１ｂよりも大きいのであれば、先端部４３１ｃは、Ｚ軸方向マイナス側に向かうほど基端部４３１ａまたは中央部４３１ｂよりもＸ軸方向に広がる形状を有していてもよい。ただし、先端部４３１ｃ及び中央部４３１ｂのＸ軸方向へ広がる量が大きいと、製造時において正極板４３０をプレスする際（ローラで圧縮する際）にタブ４３１が立ち上がってしまうので、当該広がる量は小さい方が好ましい。

【００６０】

［５　効果の説明］

次に、蓄電素子１０が奏する効果について、詳細に説明する。図６Ａ及び図６Ｂは、本実施の形態に係る蓄電素子１０が奏する効果を説明するための図である。具体的には、図６Ａは、極板５１０の本体部５１２に凹部５１２ａが形成されているのみで、タブ５１１の基端部５１１ａを中央部５１１ｂよりも大きく広がる形状にしていない場合の構成を示す図であり、図５に対応している。また、図６Ｂは、極板５２０の本体部５２２に凹部を形成せずに、タブ５２１の基端部５２１ａを中央部５２１ｂよりも大きく広がる形状にした場合の構成を示す図であり、図５に対応している。

【００６１】

まず、図６Ａに示すように、極板５１０の本体部５１２に凹部５１２ａが形成されていれば、凹部５１２ａが形成されていない場合と比べて、タブ５１１に荷重が加わったときの応力集中は分散される。しかし、本願発明者は、この構成では、凹部５１２ａの底部Ｐ１０付近に応力が集中するために、凹部５１２ａの底部Ｐ１０を起点として極板が破断等損傷するおそれがあることを見出した。このため、この応力集中を避けるために、凹部５１２ａを大きく形成する（凹部５１２ａの外縁の曲率半径を大きくする）必要がある。しかし、凹部５１２ａを大きく形成するためのスペースがなかったり、凹部５１２ａを大き

く形成できたとしても、本体部５１２に形成できる活物質層の面積が少なくなって蓄電素子の容量が減少したりするという問題が生じる。

【００６２】

また、図６Ｂに示すように、タブ５２１の基端部５２１ａを中央部５２１ｂよりも大きく広がる形状にすれば、基端部５２１ａを中央部５２１ｂよりも大きく広げない場合と比べて、タブ５２１に荷重が加わったときの応力集中は分散される。しかし、本願発明者は、この構成では、基端部５２１ａと本体部５２２との境界点Ｐ２０に応力が集中するために、境界点Ｐ２０を起点として極板が破断等損傷するおそれがあることを見出した。このため、この応力集中を避けるために、基端部５２１ａをさらに大きく広げる（基端部５２１ａの外縁の曲率半径を大きくする）必要がある。しかし、基端部５２１ａを大きく広げると、絶縁するのが困難になり、異極の極板との短絡が起こりやすくなるという問題が生じる。

【００６３】

これらのように、本願発明者は、図６Ａに示す構成も、図６Ｂに示す構成も、問題を有していることに着目し、本発明の構成を見出すに至った。つまり、図６Ａ及び図６Ｂに示す構成によって極板が破断等損傷するのを抑制する効果はあるため、従来は、これ以上に極板が破断等損傷するのを抑制しようというような発想はなかったが、本願発明者は、極板が破断等損傷するのをさらに抑制しようと考えた。そして、本願発明者は、図６Ａの構成のように極板の本体部の凹部を大きく形成したり、図６Ｂの構成のようにタブの基端部をさらに大きく広げたりすることなく、極板が破断等損傷するのをさらに抑制することができる蓄電素子１０の構成を見出すに至った。

【００６４】

具体的には、本発明の実施の形態に係る蓄電素子１０は、極板の本体部（正極板４３０の本体部４３２、負極板４４０の本体部４４２）は、タブ（正極板４３０のタブ４３１、負極板４４０のタブ４４１）との接続部分において、曲線形状に凹んだ凹部（凹部４３２ａ、凹部４４２ａ）を有している。そして、タブは、当該凹部に接続される基端部（基端部４３１ａ、基端部４４１ａ）が、中央部（中央部４３１ｂ、中央部４４１ｂ）とは反対方向に向かうほど広がり、かつ、広がる量が中央部よりも大きい。つまり、タブの根元の凹部との接続箇所に、中央部よりも大きく広がる基端部を形成する。これにより、タブに荷重が加わった場合でも、タブの根元の凹部にかかる応力を基端部側に分散して、当該凹部に応力が集中するのを抑制することができるため、極板が破断等損傷するのを抑制することができる。

【００６５】

また、タブの基端部は、曲率半径がタブの根元の凹部の曲率半径以上の曲線、及び、傾斜した直線の少なくとも一方を含む外縁形状を有している。このように、タブの基端部の外縁形状を、凹部の曲率半径以上の曲線または傾斜した直線を含む形状にすることで、凹部に集中する応力を基端部側にさらに分散することができるため、極板が破断等損傷するのをさらに抑制することができる。

【００６６】

また、タブの基端部は、タブの根元の凹部との境界点から、当該凹部の接線方向に延びる曲線または直線を含む外縁形状を有している。このように、タブの基端部の外縁が凹部の接線方向に延びる形状であることで、基端部と凹部との境界部分において応力が集中するのを抑制することができるため、極板が破断等損傷するのをさらに抑制することができる。

【００６７】

また、タブの基端部と中央部との境界部分の外縁形状が曲線で形成されているため、当該境界部分において応力が集中するのを抑制することができ、極板が破断等損傷するのをさらに抑制することができる。

【００６８】

また、タブの根元の凹部が、タブの基端部に近い部分の曲率半径が遠い部分の曲率半径

以上の大きさとなる曲線で形成されていることで、凹部の基端部側に応力がかかるのを抑制することができ、極板が破断等損傷するのをさらに抑制することができる。

【００６９】

なお、蓄電素子１０において、極板が破断等損傷すると、極板上の活物質が剥がれ落ちたり極板の位置がずれたりして短絡等の不具合を引き起こすおそれがあるが、極板が破断等損傷するのを抑制することができれば、これらの不具合が生じるのを抑制することができる。特に、負極板４４０において、本体部４４２の凹部４４２ａを覆う位置に負極活物質層４４３が形成されている場合には、凹部４４２ａが破断等損傷するのを抑制することができているため、負極活物質層４４３が剥がれ落ちるのを抑制することができる。このため、極板が破断等損傷するのを抑制することで、蓄電素子特有の有益な効果を得ることができる。

【００７０】

［６　実施の形態の変形例の説明］

以上、本発明の実施の形態に係る蓄電素子１０について説明したが、本発明は、この実施の形態に限定されるものではない。つまり、今回開示された実施の形態は全ての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味及び範囲内での全ての変更が含まれることが意図される。

【００７１】

例えば、上記実施の形態では、電極体は、Ｚ軸方向の巻回軸を有するいわゆる横巻きの巻回型形状であることとした。しかし、電極体は、例えば、Ｘ軸方向の巻回軸を有するいわゆる縦巻きの巻回型形状や、極板を蛇腹状に折り畳んだ形状であってもよい。また、図７に示すように、複数枚の平板状極板（正極板４６０及び負極板４７０）を積層したスタック型形状の電極体４０１であってもよい。つまり、正極板４６０及び負極板４７０の本体部及びタブに、上記実施の形態の構成を適用してもよい。図７は、本実施の形態の変形例に係る電極体４０１の構成を示す斜視図である。このように、上記実施の形態における構成は、タブを有する極板を備えたどのような電極体にも適用可能である。

【００７２】

また、上記実施の形態では、正極板及び負極板の両方が、上記構成を有していることとした。しかし、正極板または負極板が上記構成を有していないことにしてもよい。

【００７３】

また、上記実施の形態では、極板は、タブの両側において、上記構成の本体部の凹部及び広がる基端部を有していることとした。しかし、極板は、タブの片側のみにしか上記構成の本体部の凹部及び広がる基端部を有していないことにしてもよい。

【００７４】

また、極板の本体部の凹部及びタブの基端部の外縁形状は、上記実施の形態には限定されず、以下のようであってもよい。つまり、当該凹部は、基端部に近い部分の曲率半径が、基端部から遠い部分の曲率半径未満の大きさとなる曲線で形成されていてもよい。また、基端部は、凹部との境界点から凹部の接線方向に延びる外縁形状を有していなくてもよい。また、基端部は、曲率半径が凹部の曲率半径未満の曲線を含む外縁形状を有していてもよい。

【００７５】

また、極板の本体部の凹部及びタブの基端部は、タブの中央部に向かうほど曲率半径が大きくなる曲線を含む外縁形状を有していてもよい。この構成により、当該凹部及び基端部にかかる力を分散することができ、極板が破断等損傷するのをさらに抑制することができる。具体的には、当該凹部及び基端部の外縁形状は、例えば、緩和曲線に従って曲率が変化する曲線であってもよい。ここで、当該緩和曲線とは、クロソイド曲線、サイン半波長逓減曲線、マッコーネル曲線、レムニスケート曲線及び３次放物線のうちの少なくとも１つの曲線を含む曲線である。クロソイド曲線とは、曲線の長さに比例して曲率が変化する曲線であり、サイン半波長逓減曲線とは、曲線の長さに対して曲率がＳｉｎ状に変化す

る曲線であり、主に道路や線路の設計などに利用され、また、マッコーネル曲線とは、主に自転車競技場などで自転車の走行経路の設計に利用される緩和曲線である。また、レムニスケート曲線とは、曲線の弦の長さに比例して曲率が変化する曲線であり、３次放物線とは、３次関数で定義される曲線である。なお、これらの緩和曲線については、従来、特定の分野で活用されている関数を使用できるため、詳細な説明は省略する。

【００７６】

また、上記実施の形態及びその変形例を任意に組み合わせて構築される形態も、本発明の範囲内に含まれる。

【００７７】

また、本発明は、このような蓄電素子１０として実現することができるだけでなく、蓄電素子１０が備える電極体の極板としても実現することができる。

【産業上の利用可能性】

【００７８】

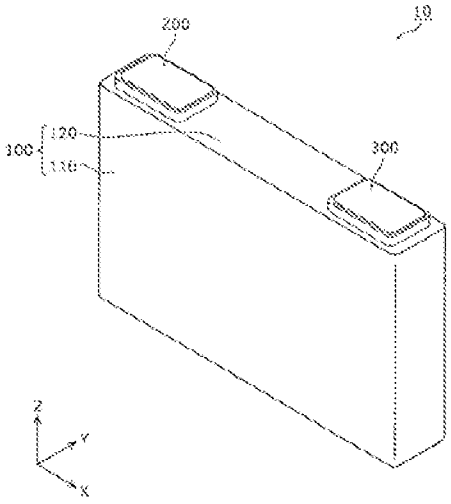
本発明は、リチウムイオン二次電池などの蓄電素子等に適用できる。

【符号の説明】

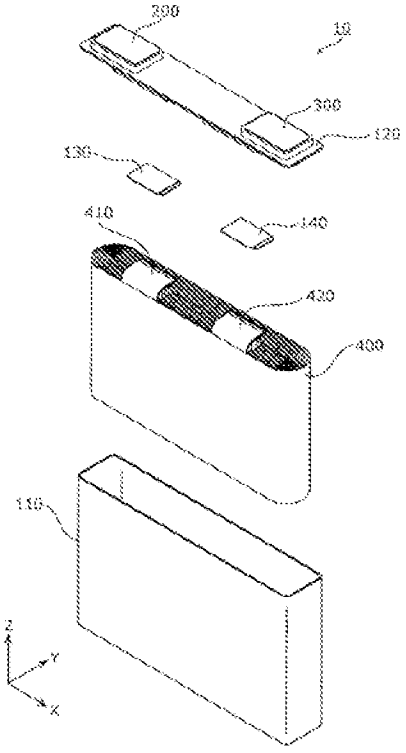
【００７９】

１０　蓄電素子
１００　容器
１１０　容器本体
１２０　蓋体
１３０　正極集電体
１４０　負極集電体
２００　正極端子
３００　負極端子
４００、４０１　電極体
４１０、４２０　タブ束
４３０、４６０　正極板
４３１、４４１、５１１、５２１　タブ
４３１ａ、４４１ａ、５１１ａ、５２１ａ　基端部
４３１ｂ、４４１ｂ、５１１ｂ、５２１ｂ　中央部
４３１ｃ、４４１ｃ　先端部
４３２、４４２、５１２、５２２　本体部
４３２ａ、４４２ａ、５１２ａ　凹部
４３３　正極活物質層
４４０、４７０　負極板
４４３　負極活物質層
４５０ａ、４５０ｂ　セパレータ
５１０、５２０　極板

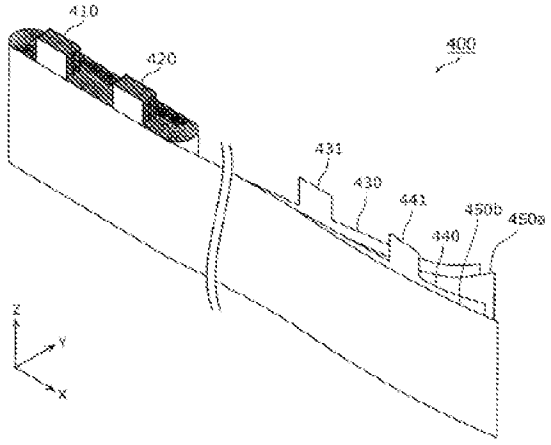
【図１】



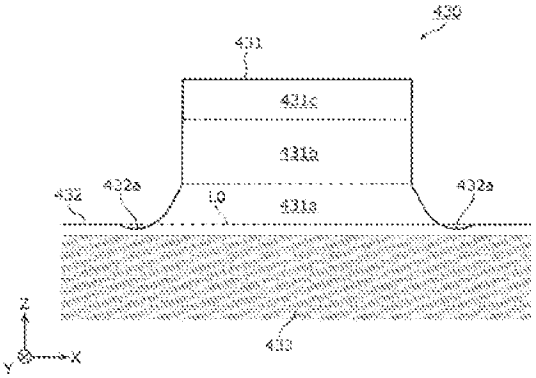
【図２】



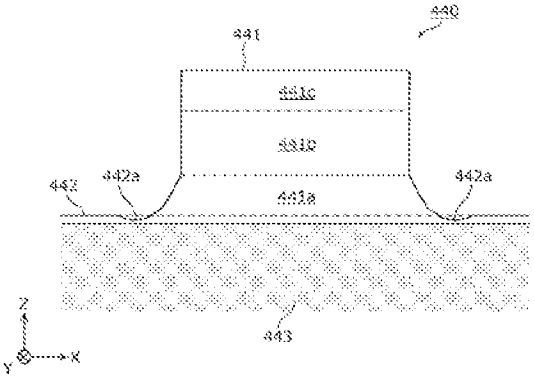
【図３】



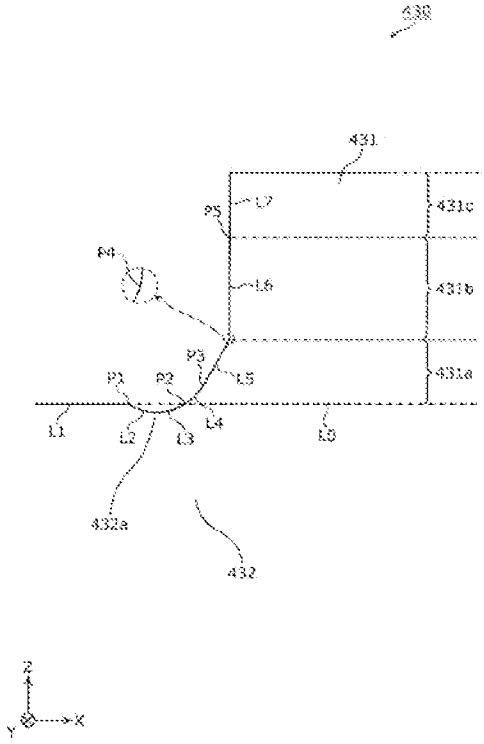
【図４Ａ】



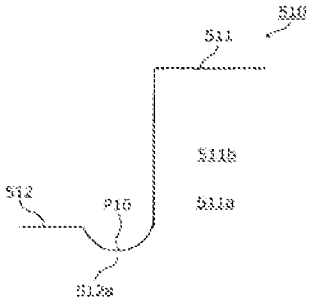
【図４Ｂ】



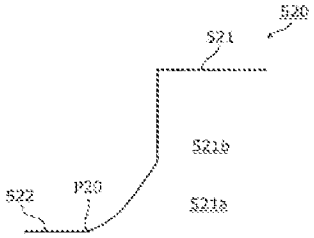
【図５】


430
431
431c
431b
431a
P5
L7
P4
L6
P3
P1
P2
L5
L1
L2
L3
L4
L0
432a
432
Z
X
Y

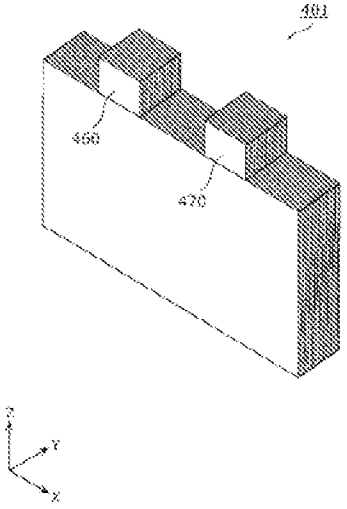
【図６Ａ】


510
511
511b
512
P10
511a
512a

【図６Ｂ】


520
521
521b
522
P20
521a

【図７】


401
460
470
Z
Y
X

Nonaqueous electrolyte secondary battery

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a nonaqueous electrolyte secondary battery in which high safety can be ensured even if internal short circuit occurs in the battery during an abnormal time.SOLUTION: In a polar plate different from the pole of a battery can, a first exposed collector body not coated with an active material layer but exposed over a length of one round or more on the outermost peripheral side of an electrode group is provided. The first exposed collector body is provided with a first current collector tab, a polar plate connected with a sealing plate is further provided with a second exposed collector body not coated with an active material layer but exposing the collector body, and the second exposed collector body is provided with a second current collector tab. The first current collector tab and the second current collector tab are connected on the outside of the electrode group.

Classifications

H01M10/0587 Construction or manufacture of accumulators having only wound construction elements, i.e. wound positive electrodes, wound negative electrodes and wound separators

View 5 more classifications

JP2014225326A

Japan

Download PDF Find Prior Art Similar

Other languages: Japanese

Inventor: 泰田 [redacted], Yasunari Sugita, 康成 [redacted], 遠藤 [redacted], Kazuki Endo, [redacted] 藤井, Kazunobu Fujikawa, 万樹 [redacted], [redacted] 西野, Hajime Nishino, [redacted]

Current Assignee : Panasonic Corp

Worldwide applications

2011 JP 2012 WO

Application JP2011266480A events

2011-09-14 Application filed by Panasonic Corp

2011-09-14 Priority to JP2011266480A

2012-09-13 Priority to PCT/JP2012/006846

2014-12-04 Publication of JP2014225326A

Status Withdrawn

Info: Patent citations (2), Cited by (6), Legal events, Similar documents, Priority and Related Applications

External links: Espacenet, Global Dossier, Discuss

Claims (8)

Hide Dependent translated from Japanese

Winding through a separator between a positive electrode plate coated with a positive electrode active material layer on both sides of the positive electrode current collector and a negative electrode plate coated with a negative electrode active material layer on both sides of the negative electrode current collector in a non-aqueous electrolyte secondary battery comprising an electrode group, a battery can forming a terminal of one of the electrodes of the electrode group, and a sealing plate forming a terminal of the other electrode sealed through the battery can and an insulator,
The electrode plate connected to the sealing plate has a first exposed current collector portion in which the current collector is exposed without being coated with an active material layer over a length of one or more rounds on the outermost circumference side of the electrode group And a second exposed current collector portion in which the current collector is exposed without being coated with an active material layer, and the first exposed current collector portion is provided with a first current collecting tab, The second exposed current collector portion is provided with a second current collecting tab, and the first current collecting tab and the second current collecting tab are connected outside the electrode group. Non-aqueous electrolyte secondary battery. 2. The nonaqueous electrolyte secondary battery according to claim 1, wherein the second exposed current collector portion has a length of one or more rounds in a winding direction. 3. The nonaqueous electrolyte secondary battery according to claim 1, wherein a current collector is also exposed in a current collector portion opposite to the second exposed current collector portion. 4. 4. The nonaqueous electrolyte secondary battery according to claim 1, wherein a current collector is also exposed in a current collector portion opposite to the first exposed current collector portion. 5. The electrode plate connected to the sealing plate is coated with an active material layer having a length of one or more rounds in the winding direction separately from the first exposed current collector portion and the second exposed current collector portion. 5. The nonaqueous electrolyte secondary battery according to claim 1, further comprising a third exposed current collector portion in which the current collector is exposed. 6 6. The current collector portion is exposed at a portion of the electrode plate having the same polarity as that of the battery can and facing the first exposed current collector portion. 6. Non-aqueous electrolyte secondary battery. 4. The current collector portion is exposed at a portion of the electrode plate having the same polarity as that of the battery can and facing the second exposed current collector portion. 5. Non-aqueous electrolyte secondary battery. The non-aqueous electrolyte secondary according to claim 5, wherein a portion of the electrode plate having the same polarity as the battery can and facing the third exposed current collector portion is exposed. battery.

Description

translated from Japanese

The present invention relates to a non-aqueous electrolyte secondary battery, and more particularly to a suitable electrode plate structure and current collecting structure.

In recent years, with the widespread use of portable devices such as notebook personal computers and mobile phones, the demand for batteries as power sources has increased. In particular, there is an increasing demand for secondary batteries that are small and lightweight, have high energy density, and can be repeatedly charged and discharged. Recently, new demand for power sources for driving electric tools, hybrid cars, electric vehicles and the like is increasing.

In response to such demand, research and development of non-aqueous electrolyte secondary batteries represented by lithium ion secondary batteries are being actively conducted. Non-aqueous electrolyte secondary batteries have come to have larger energy as the performance of devices increases and the output increases, and the amount of heat generated at the time of abnormality is also large. The abnormal heat generation of the battery is, for example, heat generation during internal short circuit or overcharge of the battery. In the case of a short circuit between the positive electrode and the negative electrode in the electrode group due to deformation of the battery can and the electrode group due to external foreign objects such as nail penetration, even if the internal short circuit of the battery is caused, heat generation due to the short circuit current to the positive electrode active material Safety becomes a problem.

Various studies have been conducted to improve the safety of high capacity and high output non-aqueous electrolyte secondary batteries.

For example, in Patent Document 1 or 2, in a nonaqueous electrolyte secondary battery in which a wound electrode group is housed in a battery can, a negative electrode current collector exposed portion is opposed to a positive electrode current collector exposed portion. It has been proposed to form at least one round. In particular, the configuration in which the exposed portion of the positive electrode current collector and the exposed negative electrode current collector portion are formed on the outermost peripheral portion of the wound electrode group is highly useful for the impact on the battery can by external foreign matter. It is stated.
The exposed portion of the positive electrode and negative electrode current collector provided on the outermost peripheral side of the electrode group is first contacted and short-circuited, which is considered to suppress rapid temperature rise of the battery due to short-circuiting between metals with low electrical resistance. ing

Patent Document 3 proposes forming an exposed metal portion on which the positive electrode mixture layer is not applied on the side edge portion of the positive electrode current collector, and forming a plurality of positive electrode leads on the exposed metal portion.

Japanese Patent Laid-Open No. 08-153542 Japanese Patent Laid-Open No. 09-180761 Japanese Patent Laid-Open No. 09-306470

With the recent increase in capacity and output of non-aqueous electrolyte secondary batteries, the short-circuit current when an internal short-circuit of the battery occurs has increased, and it is not possible to sufficiently deal with the above measures alone.

In a non aqueous electrolyte secondary battery in which a wound electrode group is housed in a battery can, when a foreign object such as a nail is stabbed outside the battery can, the battery can be deformed and stress is applied to the electrode group. The positive electrode and the negative electrode on the outermost peripheral side are likely to be short-circuited. Furthermore, when stress from the outside is applied, short circuits are sequentially generated from the outer peripheral side of the electrode group toward the inside. In this case, as proposed in Patent Documents 1 and 2, if the current collector exposed portion of the negative electrode facing the current collector exposed portion of the positive electrode of the electrode group is formed on the outer peripheral portion side, this outer peripheral portion The short circuit between the metal collectors on the side has a smaller resistance than the short circuit between the positive electrode mixture and the negative electrode mixture inside, and therefore, it is considered that the short circuit current is intensively generated. However, even when a short circuit occurs between the metal current collectors on the outer peripheral side, the active material on the inner peripheral side of the electrode group has electric potential, that is, electric energy. A short-circuit current flows through the body toward the short-circuit point. That is, a short-circuit current is generated in a direction from the inner peripheral side to the short-circuit portion through the current collector. At that time, the short circuit current that occurs within the electrode group, which is considered to be a relatively large resistance than the resistance on the outer peripheral side, concentrates the short circuit current through the current collector and generates a large amount of heat locally. It turned out that it was difficult to secure.

In Patent Document 3, output characteristics are improved by adopting a current collecting tab structure in which a plurality of positive electrode leads are formed on an exposed metal portion where a positive electrode mixture layer formed on a side edge portion of a positive electrode current collector is not applied. However, it is not a structure in which the exposed metal part of the negative electrode current collector is opposed to the exposed metal part formed on the side edge of the positive electrode current collector in the positive electrode current collector and the negative electrode current collector that are opposed via the separator. The effect of improving safety such as internal short circuit cannot be found.

An object of the present invention is to provide a non-aqueous electrolyte secondary battery that can ensure high safety even when an internal short circuit occurs in the battery at the time of abnormality.

The non-aqueous electrolyte secondary battery of the present invention includes a positive electrode plate having a positive electrode active material layer coated on both sides of a positive electrode current collector and a negative electrode plate having a negative electrode active material layer coated on both sides of the negative electrode current collector. An electrode group wound or laminated with a separator between them, a battery can that forms a terminal of one of the electrodes of the electrode group, and a terminal of the other electrode that seals the battery can through an insulator In the electrode plate made of a sealing plate formed and connected to the sealing plate, the electrode plate connected to the sealing plate is not coated with an active material layer over a length of one or more rounds on the outermost peripheral side of the electrode group. A first exposed current collector portion where the current collector is exposed, and a second exposed current collector portion where the current collector is exposed without the active material layer being applied, and the first exposure The current collector portion is provided with a first current collecting tab, the second exposed current collector portion is provided with a second current collecting tab, and the first current collecting tab is provided. Wherein the blanking second collector tabs is that is connected outside the electrode group.

By using the nonaqueous electrolyte secondary battery of the present invention, even if an internal short circuit occurs in the electrode group due to the stress applied to the battery can by an external foreign matter such as a nail, a small resistance is generated in the first exposed current collector portion. At the same time as an internal short circuit occurs due to the short circuit current generated inside the electrode group can be shunted from the second exposed current collector part to the first exposed current collector part, so that even a battery with high capacity and high output is safe High battery can be provided.

According to the present invention, it is possible to provide a non-aqueous electrolyte secondary battery that can ensure high safety even when an internal short circuit occurs in the battery during an abnormality. Furthermore, even when technological innovation for higher capacity and higher output of non-aqueous electrolyte secondary batteries has advanced, the configuration of the present invention can be used to make non-aqueous electrolyte secondary batteries with high capacity, high output and high safety. Can be provided.

While the novel features of the invention are set forth in the appended claims, the invention will be further described by reference to the following detailed description, taken in conjunction with the other objects and features of the invention, both in terms of construction and content. It will be well understood.

1 is a schematic longitudinal sectional view of a cylindrical lithium ion battery according to an embodiment of the present invention. The schematic plan view which showed the positive electrode plate of one embodiment of this invention The schematic top view which showed the positive electrode plate of another embodiment of this invention The schematic top view which showed the positive electrode plate of another embodiment of this invention The schematic top view which showed the positive electrode plate of another embodiment of this invention The schematic top view which showed the positive electrode plate of another embodiment of this invention The schematic top view which showed the positive electrode plate of another embodiment of this invention The schematic top view which showed the positive electrode plate of another embodiment of this invention The schematic top view which showed the positive electrode plate of another embodiment of this invention The schematic top view which showed the positive electrode plate of another embodiment of this invention The schematic top view which showed the positive electrode plate of another embodiment of this invention The schematic top view which showed the negative electrode plate of one embodiment of this invention Schematic plan view showing a negative electrode plate of another embodiment of the present invention

The present invention provides a separator between a positive electrode plate having a positive electrode active material layer formed on both sides of a positive electrode current collector and a negative electrode plate having a negative electrode active material layer coated on both sides of the negative electrode current collector. A non-aqueous electrolyte secondary comprising a wound or stacked electrode group, a battery can forming a terminal of one of the electrode groups, and a sealing plate forming a terminal of the other electrode sealed through the battery can and an insulator it relates to batteries. The electrode plate connected to the sealing plate has a first exposed current collector portion in which the current collector is exposed without being coated with an active material layer over a length of one or more rounds on the outermost circumference side of the electrode group. The first exposed current collector portion is provided with a first current collecting tab, and the electrode plate connected to the sealing plate is not coated with an active material layer, and the second current collector is exposed. The exposed current collector portion and the second exposed current collector portion are provided with a second current collecting tab, and the first current collecting tab and the second current collecting tab are connected outside the electrode group. Yes.

An electrode plate facing the first exposed current collector provided on the outermost peripheral side of the electrode group when an internal short circuit occurs in the electrode group due to stress applied to the battery can by an external foreign object such as a nail An internal short circuit occurs due to a small resistance. At this time, since the first exposed current collector portion and the second exposed current collector portion are connected outside the electrode group by the first current collecting tab and the second current collecting tab, the outer periphery of the electrode group When an internal short-circuit occurs on the side, the first exposed current collector portion generates a current generated in the electrode group from the second exposed current collector portion via the first current collecting tab and the second current collecting tab. It can be shunted separately from the current collector. Accordingly, even when an internal short circuit further occurs inside the electrode group, abnormal heat generation can be suppressed by reducing the short circuit current through the current collector to the location. On the other hand, in the case of a normal battery without the first current collecting tab and the second current collecting tab, the current generated at the time of a short circuit inside the electrode group flows through the current collector to the internal short circuit point of the first exposed current collector portion. . Therefore, when an internal short circuit occurs further inside the electrode group, it may be difficult to avoid abnormal heat generation due to the flow of the short circuit current at that point.

The second exposed current collector portion may have a length of one or more rounds in the winding direction, and the current collector portion on the opposite surface may also be exposed. In this case, in addition to the short-circuit having a low resistance generated in the first exposed current collector portion, the internal short-circuit portions having a low resistance can be provided dispersed in the electrode group.

The current collector may be exposed without applying the active material layer to a part or all of the back side of the first exposed current collector portion. Short circuit resistance generated in the outermost peripheral exposed current collector portion can be reduced.

In the electrode plate connected to the sealing plate, the active material layer is not applied with a length of one or more rounds in the winding direction separately from the first exposed current collector portion and the second exposed current collector portion. A third exposed current collector portion in which the current collector is exposed may be provided on one side surface or both side surfaces. Also in this case, in addition to the short-circuit having a small resistance in the first exposed current collector portion, the internal short-circuit portions having a small resistance can be distributed in the electrode group.

In the electrode plate connected to the battery can, the current collector portion facing the outermost exposed current collector portion or the internally exposed current collector portion may be exposed. In this case, an internal short circuit with a small resistance is provided, so that safety can be further ensured.

In the electrode plate connected to the battery can, the current collector is exposed on one of the innermost side and the outermost side of the electrode group, and the location where the current collector is exposed and the battery can it is good to connect via. When the current collector tab is connected to the battery can from both the innermost and outermost sides, the output current on the inner peripheral side at the time of a short circuit is exposed to the outermost exposed core material through the current collector tab and the battery can. It is even better because it can be shunted.

In the electrode plate connected to the battery can, the current collector is exposed at the center of the end of the electrode plate where the active material layer is applied, and the location where the current collector is exposed and the battery can are the current collecting tab it may be configured to be connected via

When the battery can is connected to the negative electrode plate, the first exposed current collector portion and the second exposed current collector portion are provided on the positive electrode plate, and each is connected by the conductor of the current collector tab. By distributing the short-circuit current at the time of the short circuit separately from the current collector, it is possible to suppress abnormal heat generation of the battery due to heat generation of the positive electrode active material. When the battery can is connected to the positive electrode plate, the positive electrode plate is provided with an exposed current collector portion at the innermost peripheral side or the central portion of the end portion of the electrode plate, and the battery can can be connected to this location. It is even better because a short-circuit current can be shunted through.

The technical idea of the present invention is used even in the case of a non-aqueous electrolyte secondary battery in which the battery can is made of an insulating material such as a laminate film and is not electrically connected to either the positive electrode plate or the negative electrode plate. Thus, abnormal heat generation due to an internal short circuit caused by an external foreign object such as a nail stick can be suppressed, and a highly safe battery can be provided.

Hereinafter, the nonaqueous electrolyte secondary battery in the embodiment of the present invention will be described with reference to the drawings of the cylindrical lithium ion battery having the most remarkable effect, but the present invention is limited to the following embodiment, is not.

FIG. 1 is a schematic longitudinal sectional view of a cylindrical lithium ion battery according to an embodiment of the present invention.

In FIG. 1, a cylindrical lithium ion battery includes a positive electrode plate 1 in which a positive electrode mixture is applied to an aluminum foil current collector, a negative electrode plate 2 in which a negative electrode mixture is applied to a copper foil current collector, and both of these electrodes. A separator 3 having a thickness of 16 μm is disposed therebetween, and a cylindrical electrode group 4 wound in a spiral shape is provided. A positive electrode lead current collector 5 is resistance-welded to the aluminum foil current collector. The positive electrode lead current collector 5 is formed on an uncoated portion formed at substantially the center of the two end portions of the positive electrode active material layer coated on the current collector. A negative electrode current collector 6 is resistance welded to the negative electrode plate 2. The negative electrode lead current collector 6 is formed on a mixture uncoated portion formed on the copper foil current collector. The positive electrode lead current collector 5 and the negative electrode lead current collector 6 are connected to the respective electrode plates so as to be different from each other in the winding axis direction of the electrode group 4. The electrode group 4 is housed in a battery can 7. The battery can 7 is made of iron, has a bottom portion and an open end, and is nickel-plated inside. An upper insulating plate 10a and a lower insulating plate 10b are arranged above and below the electrode group 4. The negative electrode lead current collector 6 is resistance-welded and electrically connected to the bottom of the battery can 7. The positive electrode lead current collector 5 is laser-welded and electrically connected to the metal filter 9 of the sealing plate 8 from the opening end of the battery can 7. A non-aqueous electrolyte is injected from the open end of the battery can 7. A groove is formed at the opening end of the battery can 7, the positive electrode lead current collector 5 is bent, and a resin gasket 10 c and a sealing plate 8 are attached to the seat of the battery can 7. It is sealed by caulking around the entire open end.

FIG. 2 is a schematic plan view showing the positive electrode plate 1 according to one embodiment of the present invention. The positive electrode plate 1a of FIG. 2 is provided with a positive electrode lead current collector 5 at a position located on the inner peripheral side of the electrode group 4. The first current collector tab 11 is formed by providing a first exposed current collector portion 21 in which the aluminum foil current collector is exposed without applying the positive electrode mixture to

a portion extending over the circumference. Further, the positive electrode plate 1 is provided with a second exposed current collector portion 22 in which the aluminum foil current collector is exposed without being coated with the positive electrode mixture, and a second current collecting tab 12 is formed. The first current collecting tab 11 and the second current collecting tab 12 protrude from the positive electrode plate 1 in the same direction as the winding axis direction of the electrode group 4. The first current collecting tab 11 and the second current collecting tab 12 protruding from the positive electrode plate 1 are electrically connected by resistance welding or laser welding at the end of the electrode group 4.

The first exposed current collector portion 21 and the second exposed current collector portion 22 are separated from the aluminum foil current collector existing between them and the positive electrode active material layer applied thereon. The electric tab 11 and the second current collecting tab 12 are electrically connected. When an internal short circuit occurs in the first exposed current collector portion 21, the short circuit current generated in the electrode group 4 is a normal battery without the first current collection tab 11 and the second current collection tab 12. Then, it flows through the aluminum foil current collector and the positive electrode active material layer applied thereon. When an internal short circuit occurs at a location where the active material layer further applied inside the electrode group 4 is applied by an external foreign matter such as a nail, a short circuit current generated inside the electrode group also flows through the short circuit location to generate heat, Problems with battery safety may arise. In the positive electrode plate 1 of the present invention, the first current collecting tab 11 is separated from the fact that the short-circuit current generated in the electrode group 4 flows to the aluminum foil current collector and the positive electrode active material layer coated thereon. And can be shunted to the first exposed current collector portion 21 via the second current collecting tab 12. Therefore, even when the short-circuited portion proceeds from the outer peripheral side of the electrode group 4 to the inside due to an external foreign object such as a nail, the short-circuited portion flowing in the positive electrode mixture due to the shunt current shunting to the first exposed current collector portion 21 By suppressing the short-circuit current, abnormal heat generation can be suppressed

FIG. 3 is a schematic plan view showing a positive electrode plate 1 according to another embodiment of the present invention. The positive electrode plate 1b of FIG. 3 is exposed at the second exposed current collector part 22 of the positive electrode plate 1a of FIG. 2 so that the current collector part has a length of one or more rounds in the winding direction of the electrode group 4. ing. When a short circuit occurs in the second exposed current collector portion 22, the active material is not applied, so that a short circuit with a small resistance is generated inside the electrode group 4, thereby improving safety.

FIG. 4 is a schematic plan view showing a positive electrode plate 1 according to another embodiment of the present invention. The positive electrode plate 1c in FIG. 4 is exposed to the aluminum foil current collector without being coated with the positive electrode mixture so as to have a length of one turn or more in the winding direction of the electrode group 4 in the positive electrode plate 1a in FIG. The third exposed current collector portion 23 is formed. Even when a short circuit occurs in the third exposed current collector portion 23, the active material is not applied, so that a short circuit with a small resistance is generated inside the electrode group 4, thereby improving safety.

In the positive electrode plates (1 a, 1 b, 1 c) of the present invention shown in FIGS. 2 to 4, the positive electrode lead current collector 5 is the innermost peripheral side of the electrode group 4, that is, the first exposed current collector in the positive electrode plate 1. Although the case where it is located on the side opposite to the body part is shown, the present invention is not limited to this, and it may of course be provided in any one of the positive electrode plates 1. A schematic plan view showing the positive electrode plate 1 according to another embodiment of the present invention in which the positive electrode lead current collector 5 is formed at substantially the center of the positive electrode plate 1 is shown in the positive electrode plate 1d of FIG.

The second current collecting tab 12 may have a structure that also serves as the positive electrode lead current collector 5. In this case, the first current collecting tab 11 connected to the second current collecting tab 12 outside the electrode group may be connected to the positive electrode lead current collector 5 directly or through the metal filter 9 of the sealing plate 8. Good. FIGS. 6 and 7 are schematic plan views showing the positive electrode plate 1 of another embodiment of the present invention in which the second current collecting tab 12 also serves as the positive electrode lead current collector 5. The case where the positive electrode lead current collector / second current collecting tab 13 is provided on the innermost peripheral side of the electrode group is the positive electrode plate 1e in FIG. 6, and the case where it is provided in the electrode plate is the positive electrode plate 1f in FIG. Shown in When the second current collecting tab 12 also serves as the positive electrode lead current collector 5 and uses the positive electrode lead current collector / second current collecting tab 13, the number of parts and the number of process steps can be reduced.

A positive electrode lead current collector / second current collector tab 13 that also serves as the second current collector tab 12 and the positive electrode lead current collector 5 is provided at the center of the electrode plate, and is collected with a length of one or more rounds in the winding direction. A schematic plan view showing the positive electrode plate 1 of another embodiment of the present invention when the second exposed current collector portion 22 where the electric conductor is exposed is formed is shown in FIG. A schematic plan view showing a positive electrode plate 1 of another embodiment of the present invention when the current collector portion 23 is formed is shown in a positive electrode plate 1h of FIG. In the case of using the positive electrode lead current collector / second current collecting tab 13 that also serves as the second current collecting tab 12 and the positive electrode lead current collector 5, the number of parts and the number of process steps can be reduced.

In the above, when the first current collecting tab 11 and the second current collecting tab 12 are connected on the open end side of the battery can 7, that is, the first current collecting tab 11 and the second current collecting tab 12 are positive electrodes. Although the case where the lead current collector 5 and the winding shaft are formed in the same direction is shown, the present invention can be achieved by connecting the lead current collector 5 and the battery can 7 on the bottom side. The positive electrode lead current collector 5 and these current collecting tabs are formed in a direction different from the winding axis. In this case, another positive plate 1 according to one embodiment of the present invention is shown as a positive plate 1i in FIG. 10 and a positive plate 1j in FIG. The first current collecting tab 11 and the second current collecting tab 12 are formed on the side opposite to the positive electrode lead current collector 5, that is, on the same side as the negative electrode lead current collector 6. It is electrically connected by laser welding or the like. It is preferable to insulate so that the connected current collecting tab does not electrically interfere with the negative electrode lead current collector 6.

In the second current collecting tab 12, the length from the innermost peripheral mixture end portion to the outermost peripheral mixture end portion of the electrode group 4, which is two ends coated with the positive electrode mixture on the current collector, is L. At this time, it may be provided at any point within a range of 3 / 4L from the innermost peripheral mixture end. Within this range, the effect of shunting the short-circuit current to the short-circuit location generated in the first exposed current collector portion 21 is high, and a nail or the like proceeds to the inside of the electrode group 4. Even when a short-circuit location occurs, safety can be improved by avoiding the flow of a short-circuit current to that location.

In the negative electrode plate 2 connected to the battery can, the current collector portion facing the first exposed current collector portion or the second exposed current collector portion of the positive electrode plate 1 may be exposed. In particular, when the negative electrode active material layer is not applied to the negative electrode plate 2 facing the first exposed current collector portion and the copper foil current collector is exposed, a small resistance between the metal foils occurs. In this case, since it becomes an internal short circuit with a small resistance, safety can be ensured.

In the negative electrode plate 2 connected to the battery can, the current collector is exposed on either the innermost side or the outermost side of the electrode group, and the location where the current collector is exposed and the battery can are the current collecting tab 16 may be connected. In addition, the current collector is exposed at the center of the end portion of the electrode plate where the active material layer is formed in the negative electrode plate 2, and the location where the

current collector is exposed and the battery can are connected via the current collecting tab. It may be. The current collecting tab 16 connected to the battery can 7 can be regarded as a configuration in which the negative electrode lead current collector 6 is also used.

When an internal short circuit occurs in the outer peripheral portion of the electrode group 4 due to an external foreign matter such as a nail, the outermost periphery of the negative electrode plate 2 via an external foreign matter such as a current collecting tab 16, a battery can 7 or a nail provided on the negative electrode plate 2. It will be in the state electrically connected with the side collector part. Therefore, the short-circuit current generated in the negative electrode plate 2 in the inner peripheral portion of the electrode group 4 flows separately between the copper foil current collector and the short-circuit point on the outer peripheral portion side, and is connected to the battery can 7. The current can be diverted through the electric tab 16 and the battery can 7 to the short-circuit point on the outer peripheral side. When an internal short circuit occurs further inside the electrode group 4, the short circuit current flowing through the copper foil current collector can be shunted, and at the same time, the short circuit current can be shunted to a short circuit point having a low resistance on the outer peripheral side. Even when a short circuit occurs in the battery, it is possible to suppress the generation of abnormal heat generation, and a safe battery can be obtained even in the event of an abnormality. In particular, it is more preferable that the negative electrode lead current collector 6 is provided on the outermost peripheral side of the negative electrode plate 2 and at the same time the current collecting tab 16 is provided at any location on the inner peripheral portion. Even if there is no electrical connection due to an external foreign object such as a nail, the electrical connection between the second current collecting tab 12, the battery can 7, and the negative electrode lead current collector 6 is formed. It can be expressed effectively.

FIG. 12 shows a negative electrode plate 2 according to one embodiment of the present invention. A negative electrode lead current collector 6 and a current collecting tab 16 are formed in the respective positions where the copper foil current collector is exposed on the outermost and innermost peripheral sides of the electrode group 4 to form the negative electrode plate 2a shown in FIG. The battery can 7 is electrically connected by resistance welding at the bottom.

When the current collecting tab 16 also serves as the negative electrode lead current collector 6 and the negative electrode lead current collector 6 is provided at the center of the negative electrode plate 2, another negative electrode plate 2 according to one embodiment of the present invention is used as the negative electrode plate shown in FIG. Shown in 2b. Here, the central portion of the electrode plate in the negative electrode plate 2 is 2 / of the length in which the negative electrode active material layer is applied from each of the outermost and innermost end portions to which the negative electrode active material layer is applied. The part located within 3 is shown.

Next, each component of the nonaqueous electrolyte secondary battery of the present invention will be described more specifically.

The positive electrode plate 1 includes a positive electrode current collector and a positive electrode active material layer.

As the positive electrode active material, a lithium-containing transition metal composite oxide, specifically, lithium cobaltate, lithium nickelate, lithium manganate, or a modified product thereof can be used. As a modified body, elements such as magnesium, barium, scandium, yttrium, titanium, vanadium, niobium, tantalum, chromium, tungsten, copper, zinc, boron, aluminum, and lead can be contained. Further, cobalt, nickel and manganese elements can be mixed and contained.

Conductive agents include natural graphite and artificial graphite that are stable under positive electrode potential, carbon blacks such as acetylene black, ketjen black, channel black, furnace black, lamp black, and thermal black, carbon fibers, and metal fibers. Conductive fibers, metal powders such as carbon fluoride and aluminum, conductive whiskers such as zinc oxide and potassium titanate, conductive metal oxides such as titanium oxide, and organic conductive material metal powders such as phenylene derivatives Etc. are used.

As the binder, polyvinylidene fluoride (PVDF) / polytetrafluoroethylene (PTFE) which is stable at the positive electrode potential is used.

As the positive electrode current collector, a metal foil containing aluminum, aluminum alloy, stainless steel, titanium, or the like, a perforated body, or the like is used. Of these, aluminum foil and aluminum alloy foil are preferable. The thickness of the positive electrode current collector is not particularly limited, but is preferably 1 to 500 μm, and more preferably 10 μm to 40 μm. By setting the thickness of the current collector within the above range, it is possible to reduce the weight while maintaining the strength of the electrode plate.

The addition amount of the binder and the conductive agent can be appropriately selected according to the design of the positive electrode plate 1 and the nonaqueous electrolyte secondary battery. Each of the binder and the conductive agent can be used alone or in combination of two or more.

The positive electrode active material layer can be applied, for example, by applying a positive electrode mixture slurry to the surface of the positive electrode current collector, drying, and rolling. The positive electrode mixture slurry can be prepared by, for example, dissolving or dispersing a positive electrode active material, a binder, a conductive agent and the like in an organic solvent or water. As the organic solvent, N-methyl-2-pyrrolidone or the like can be used.

The positive electrode plate 1 is manufactured by providing an uncoated portion at a desired location of the positive electrode current collector and welding and attaching the positive electrode lead current collector 5, the first current collection tab 11, and the second current collection tab 12. .
The positive electrode lead current collector 5, the first current collecting tab 11, and the second current collecting tab 12 formed on the positive electrode current collector are made of aluminum or the like.

The negative electrode plate 2 includes a negative electrode current collector and a negative electrode active material layer.

In this embodiment, the negative electrode current collector is provided on both surfaces in the thickness direction, but may be provided on one surface. The negative electrode active material layer contains a negative electrode active material, and may further contain a binder, a conductive agent, a thickener, and the like.

As the negative electrode active material, those commonly used in the field of non-aqueous electrolyte secondary batteries can be used. Specific examples include carbon materials, elements that can be alloyed with lithium, silicon compounds, tin compounds, lithium metals, and alloys.

Examples of the carbon material include natural graphite, artificial graphite, and hard carbon.

Elements that can be alloyed with lithium include Al, Si, Zn, Ge, Cd, Sn, Ti, and Pb. Among these, Si and Sn are preferable. Silicon compounds include silicon oxides represented by the formula SiOx (0 <x <2). Tin compounds include tin oxides such as SnO. Examples of the alloy include a lithium alloy such as a Li—Al alloy, an alloy containing no lithium such as a Ni—Si alloy, and a Ti—Si alloy.

A negative electrode active material can be used individually by 1 type or in combination of 2 or more types.
Examples of the binder include polyvinylidene fluoride, styrene butadiene rubber (BM-5008) containing an acrylic acid monomer, styrene butadiene rubber (BM-4008), and polyacrylic acid.

As the conductive agent, the same conductive agent contained in the positive electrode active material layer can be used.

Thickeners include carboxymethyl cellulose, polyethylene oxide, modified polyacrylonitrile rubber. Examples of modified polyacrylonitrile rubber include trade name BM-720H (manufactured by Nippon Zeon Co., Ltd.).

The addition amount of the binder, the conductive agent, and the thickener can be appropriately selected according to the design of the negative electrode and the nonaqueous electrolyte secondary battery.

As the negative electrode current collector, for example, a metal foil such as stainless steel, nickel, or copper, or a perforated body is used. Although the thickness of a negative electrode collector is not specifically limited, 1-500 micrometers is preferable and 5-20 micrometers is more desirable. By setting the thickness of the current collector within the above range, it is possible to reduce the weight while maintaining the strength of the electrode plate.

The negative electrode active material layer can be formed, for example, by applying a negative electrode mixture slurry to the surface of the negative electrode current collector, drying, and rolling. The negative electrode mixture slurry can be prepared, for example, by dissolving or dispersing a negative electrode active material, a binder, a conductive agent, a thickener and the like in an organic solvent or water. NMP etc. can be used for an organic solvent.

When the negative electrode active material is an element that can be alloyed with lithium, a silicon compound, a tin compound, or the like, the negative electrode active material layer may be applied by a vapor phase method. The vapor phase method includes chemical vapor deposition (C
VD), vacuum vapor deposition, and sputtering.

The negative electrode plate 2 is produced by providing an uncoated portion at a desired location of the negative electrode current collector and welding and attaching the negative electrode lead current collector 6 and the current collector tab 16.

The negative electrode lead current collector 6 and the current collecting tab 16 formed on the negative electrode current collector are formed of nickel, nickel alloy, copper, copper coated with nickel, or the like.

These positive and negative electrode plates (positive electrode plate 1 and negative electrode plate 2) are wound so that the positive electrode lead current collector 5 and the negative electrode lead current collector 6 are taken out from different directions through the separator 3. An electrode group 4 is configured. Thereafter, the electrode group 4 is inserted into the battery can 7, and the negative electrode lead current collector 6 and the current collecting tab 16 are welded and electrically connected to the bottomed portion of the battery can 7.

As the separator 3, a microporous thin film, a woven fabric, a non-woven fabric, or the like having a high ion permeability and having a predetermined mechanical strength and an insulating property is used. As a material of the separator, for example, polyolefin such as polypropylene and polyethylene is preferable from the viewpoint of safety of the nonaqueous electrolyte secondary battery because it has excellent durability and has a shutdown function. The thickness of the separator is generally 10 to 300 μm, but is desirably 40 μm or less. Moreover, it is more preferable to set it as the range of 15-30 micrometers, and the range of the more preferable separator thickness is 10-25 micrometers. Furthermore, the microporous film may be a single layer film made of one kind of material, or a composite film or a multilayer film made of one kind or two or more kinds of materials. Further, the porosity of the separator is preferably in the range of 30 to 70%. Here, the porosity indicates the volume ratio of the pores to the separator volume. A more preferable range of the porosity of the separator is 35 to 60%.

A liquid non-aqueous electrolyte (non-aqueous electrolyte) is obtained by dissolving an electrolyte (for example, a lithium salt) in a non-aqueous solvent. The gel-like non-aqueous electrolyte includes a non-aqueous electrolyte and a polymer material that holds the non-aqueous electrolyte. As this polymer material, for example, polyvinylidene fluoride, polyacrylonitrile, polyethylene oxide, polyvinyl chloride, polyacrylate, polyvinylidene fluoride hexafluoropropylene and the like are preferably used.

As the non-aqueous solvent for dissolving the electrolyte, a known non-aqueous solvent can be used. Although the kind of this non-aqueous solvent is not specifically limited, For example, cyclic carbonate ester, chain (strand-shaped carbonate ester, cyclic carboxylic acid ester etc. are used. Examples of the cyclic carbonate include propylene carbonate (PC) and ethylene carbonate (EC). Examples of the chain carbonate include diethyl carbonate (DEC), ethyl methyl carbonate (EMC), and dimethyl carbonate (DMC). Examples of the cyclic carboxylic acid ester include γ-butyrolactone (GBL) and γ-valerolactone (GVL). A non-aqueous solvent may be used individually by 1 type, and may be used in combination of 2 or more type.

Examples of the electrolyte dissolved in the non-aqueous solvent include $LiClO_4$, $LiBF_4$, $LiPF_6$, $LiAlCl_4$, $LiSbF_6$, LiSCN, $LiCF_3SO_3$, $LiCF_3CO_2$, $LiAsF_6$, $LiB_{10}Cl_{10}$, and lower aliphatic carboxylic acid. Lithium acid, LiCl, LiBr, LiI, chloroborane lithium, borates, imide salts, and the like can be used. Examples of borates include lithium bis (1,2-benzenediolate (2-)-O, O ') and bis (2,3-naphthalenediolate (2-)-O, O') boric acid. Lithium, bis (2,2'-biphenyldiolate (2-)-O, O ') lithium borate, bis (5-fluoro-2-olate-1-benzenesulfonic acid-O, O ') lithium borate Etc. Examples of imide salts include lithium imide bis (trifluoromethanesulfonate) ($(CF_3SO_2)_2NLi$), lithium trifluoromethanesulfonate nonafluorobutanesulfonate imide ($LiN(CF_3SO_2)(C_4F_9SO_2)$), lithium bispentafluoroethanesulfonate imide ($(C_2F_5SO_2)_2NLi$) and the like. One electrolyte may be used alone, or two or more electrolytes may be used in combination.

In addition, the non-aqueous electrolyte may contain a material that can be decomposed on the negative electrode as an additive to form a film having high lithium ion conductivity and increase charge / discharge efficiency. Examples of the additive having such a function include vinylene carbonate (VC), 4-methyl vinylene carbonate, 4,5-dimethyl vinylene carbonate, 4-ethyl vinylene carbonate, 4,5-diethyl vinylene carbonate, 4-propyl. Examples include vinylene carbonate, 4,5-dipropyl vinylene carbonate, 4-phenyl vinylene carbonate, 4,5-diphenyl vinylene carbonate, vinyl ethylene carbonate (VEC), and divinyl ethylene carbonate. These may be used alone or in combination of two or more. Among these, at least one selected from the group consisting of vinylene carbonate, vinyl ethylene carbonate, and divinyl ethylene carbonate is preferable. In the above compound, part of the hydrogen atoms may be substituted with fluorine atoms. The amount of electrolyte dissolved in the non-aqueous solvent is preferably in the range of 0.5 to 2 mol / L.

Further, the non-aqueous electrolyte may contain a known benzene derivative that decomposes during overcharge to form a film on the electrode and inactivate the battery. As the benzene derivative, those having a phenyl group and a cyclic compound group adjacent to the phenyl group are preferable. As the cyclic compound group, a phenyl group, a cyclic ether group, a cyclic ester group, a cycloalkyl group, a phenoxy group, and the like are preferable. Specific examples of the benzene derivative include cyclohexylbenzene, biphenyl, diphenyl ether and the like. These may be used alone or in combination of two or more. However, the content of the benzene derivative is preferably 10% by volume or less of the entire non-aqueous solvent.

The positive electrode lead current collector 5 taken out from the opening of the battery can 7 through the above procedure is welded and electrically connected to the metal filter 9 of the sealing plate 8. When the first current collection tab 11 and the second current collection tab 12 are taken out in the same direction as the positive electrode lead current collector 5, the first current collection tab 11 and the second current collection tab 12 is welded directly or to the metal filter 9. When the first current collecting tab 11 and the second current collecting tab 12 project from the positive electrode lead current collector 5 in the direction opposite to the winding axis, before inserting the electrode group 4 into the battery can 7, The first current collecting tab 11 and the second current collecting tab 12 are welded and electrically connected. A non-aqueous electrolyte is injected from the open end of the battery can 7. A seat is formed by forming a groove in the open end of the battery can 7, and a sealing plate 8 is attached to the battery can 7, and the periphery of the battery can 7 is caulked and sealed through a resin gasket 16c. The non-aqueous electrolyte secondary battery is formed.

In addition, although what has been described above describes the configuration and configuration procedure of a cylindrical nonaqueous electrolyte secondary battery including a wound electrode group, the nonaqueous electrolyte secondary battery of the present invention is not limited thereto. Various types of secondary batteries are included. The form includes a rectangular battery including a wound electrode group, a rectangular battery including a flat electrode group obtained by pressure-forming

the wound electrode group, and a laminate film in which the laminated electrode group is housed in a laminate film pack. Examples thereof include a battery and a prismatic battery including a stacked electrode group. Even in these various forms of nonaqueous electrolyte secondary batteries, the effects of the present invention can be utilized in the same manner as described above.

Examples of the present invention will be described in detail below, but the present invention is not limited to these examples.

In order to evaluate the safety of the non-aqueous electrolyte secondary battery of the present invention, a positive electrode plate, a negative electrode plate, a non-aqueous electrolyte, and a cylindrical non-aqueous electrolyte secondary battery were prepared and evaluated according to the following procedure.

(Example 1)
(1) Production of positive electrode plate The positive electrode plate was produced as follows. 100 parts by weight of lithium cobaltate powder positive electrode active material, 3 parts by weight of acetylene black as a conductive agent, and 4 parts by weight of polyvinylidene fluoride (PVDF) as a binder in a solvent of N-methylpyrrolidone (NMP) The paste containing the positive electrode mixture was obtained. This paste was applied to both sides of a 15 μm thick aluminum foil serving as a current collector, dried and rolled to a thickness of 172 μm.
A first exposed current collector portion 21 was formed on both surfaces of the outermost peripheral portion of the electrode group so that the aluminum foil current collector was exposed with a length corresponding to one round of the outer periphery of the electrode group.

Moreover, the 2nd exposed electrical power collector part 22 which the aluminum foil electrical power collector exposed on both surfaces of the center part which a positive electrode active material layer connects the innermost peripheral part and outermost peripheral part of an electrode group was formed.

This was cut into dimensions of 58 mm in width and 630 mm in length to produce the positive electrode plate 1. One end of the first current collector tab 11 and the second current collector tab 12 made of aluminum is connected to each of the first exposed current collector portion 21 and the second exposed current collector portion 22 of the positive electrode plate 1. did. A location where the aluminum foil current collector is exposed is provided in the innermost peripheral portion of the electrode group 4 of the positive electrode plate 1, and one end of an aluminum positive electrode current collector 5 is connected to the location to connect two current collecting tabs and a positive electrode A positive electrode plate 1a as shown in FIG. 2 was obtained with the lead current collector in the same direction as the winding axis.

(2) Production of negative electrode plate The negative electrode plate is produced as follows. As a negative electrode mixture, 100 parts by weight of artificial graphite powder and 40 parts by weight aqueous dispersion of styrene-butadiene rubber particles (trade name: BM-400B, manufactured by Nippon Zeon Co., Ltd.) and 1 part by weight of carboxy A slurry-like negative electrode mixture was prepared by mixing and stirring methylcellulose and an appropriate amount of water. This negative electrode mixture slurry was applied to both sides of an 8 μm thick copper foil current collector, dried, and then rolled to a thickness of 174 μm.
The outermost peripheral exposed current collector portion where the copper foil current collector is exposed at a length longer than the outermost peripheral exposed current collector portion where the aluminum foil current collector is exposed is formed on both surfaces of the outermost peripheral portion of the electrode group. Form.

This was cut into a size of 59 mm in width and 665 mm in length to produce a negative electrode plate 2. One end of a nickel-made negative electrode lead current collector was connected to a portion where the negative electrode current collector formed on the outermost peripheral portion of the negative electrode plate 2 was exposed to obtain the negative electrode plate 2.

(3) Preparation of non-aqueous electrolyte The non-aqueous electrolyte is prepared as follows. As a non-aqueous solvent, 1 part by weight of vinylene carbonate is added to 99 parts by weight of a mixed solvent of ethylene carbonate, ethylmethyl carbonate and dimethyl carbonate in a volume ratio of 1: 1: 1, and hexafluoride is added at a concentration of 1.0 mol / L. Lithium phosphate ($LiPF_6$) was dissolved to obtain a non-aqueous electrolyte.

(4) Production of Nonaqueous Electrolyte Secondary Battery A separator made of a polyethylene microporous film having a thickness of 16 μm was placed between the positive electrode plate 1 and the negative electrode plate 2 and wound to produce a cylindrical electrode group 4. After the upper insulating plate 10 a and the lower insulating plate 10 b were attached to both ends of the electrode group 4 in the winding axis direction, the negative electrode lead current collector 6 was welded to the battery can 7 and inserted. The first current collecting tab 11 and the second current collecting tab 12 were connected by resistance welding. The positive electrode lead current collector 5 was welded to the metal filter 9 of the sealing plate 8. Thereafter, 5 g of the non-aqueous electrolyte was injected into the battery can 7 by a reduced pressure method. Finally, the battery A was completed by caulking the open end of the battery can 7 to the sealing plate 8 via the gasket 10c. The obtained cylindrical battery had a diameter of 18.2 mm, a height of 65 mm, and a battery capacity of 2850 mAh.

(Example 2)
Except that the second exposed current collector portion 22 in Example 1 was formed to have a length of one round in the winding direction to obtain the positive electrode plate 1b as shown in FIG. The battery produced in this manner was designated as battery B. The battery capacity of the battery B was 2750 mAh.

Example 3
The positive electrode as shown in FIG. 7 in which the second current collecting tab 12 also serves as the positive electrode lead current collector 5 without providing the exposed portion of the aluminum foil current collector in the innermost peripheral portion of the electrode group A in Example 1. A battery produced in the same manner as battery A, except that plate 1f was obtained, was designated as battery C. The battery capacity of the battery C was 2850 mAh.

Example 4
Between the first exposed current collector portion 21 and the second exposed current collector portion 22 in Example 3, one side of the aluminum foil current collector was exposed so as to have a length of one turn in the winding direction. A battery produced in the same manner as the battery C, except that the third exposed current collector portion 23 was formed to obtain a positive electrode plate 1g as shown in FIG. The battery capacity of the battery D was 2740 mAh.

(Example 5)
In the negative electrode plate of Example 3, a location where the copper foil current collector is exposed is provided in the innermost peripheral portion of the electrode group A, and a nickel current collecting tab 16 is connected to the location, and the negative electrode plate as shown in FIG. 2a was obtained. A battery E was prepared in the same manner as the battery C, except that the nickel current collecting tab 16 of the negative electrode plate 2 was newly connected to the battery can. The battery capacity of the battery E was 2860 mAh.

(Example 6)
The second exposed current collector portion 22 in Example 5 is formed to have a length of one circumference in the winding direction to produce a positive electrode plate 1h as shown in FIG. A battery produced in the same manner as the battery E except that the negative electrode plate 2 facing the part 22 was obtained without the negative electrode active material layer being applied and the copper foil current collector being exposed. It was. The battery capacity of the battery F was 2640 mAh.

(Comparative Example 1)
A battery X was prepared in the same manner as the battery A, except that the second exposed current collector portion 22, the first current collector tab 11, and the

second current collector tab 12 in Example 1 were not formed. The battery capacity of the battery X was 2860 mAh.

(Comparative Example 2)
A battery produced in the same manner as battery A was designated as battery Y except that the first current collecting tab 11 was not formed on the first exposed current collector portion 21 in Example 3. The battery capacity of the battery Y was 2860 mAh.

(Evaluation test)
Using the nonaqueous electrolyte secondary batteries obtained in Examples 1 to 6 and Comparative Examples 1 and 2, the following nail penetration test was performed to evaluate safety.

[Nail penetration test]
Each battery was charged under the following conditions. Then, in a 60 ° C. environment, an iron short having a diameter of 3 mm was pierced and penetrated to a depth of 20 mm at a speed of 10 mm / second from the side surface of the charged battery to generate an internal short circuit. The same test was performed 5 cells each, and it was confirmed whether or not abnormal overheating occurred. The results are shown in "Number of abnormally overheated batteries" in (Table 1).

Charging conditions:
Constant current charging: current value 0.5C / end-of-charge voltage 4.3V
Constant voltage charging: voltage value 4.3V / charging end current 100mA

From Table 1, the following is clear. In Examples 2, 4 to 6, batteries with high battery capacity were obtained without abnormal overheating during nail penetration. In Examples 1 and 3, an abnormal overheating at the time of nail penetration occurred in 1 cell out of 5 cells. In Examples 1 and 3, the central portion of the positive electrode plate and the outer peripheral foil are connected by a current collecting tab. However, it is considered that the central portion of the positive electrode plate has a high output and the heat generation inside the electrode group happens to increase. In Examples 2, 4, and 6 in which the second exposed current collector portion 22 is provided inside the positive electrode plate, it is considered that safety is improved by a low resistance short-circuit at that location. In Examples 5 and 6, the current collecting tab 16 provided on the negative electrode plate and the negative electrode lead current collector 6 were connected to each other, thereby providing further safety.

In Comparative Examples 1 and 2, a lot of abnormal overheating occurred. In Comparative Example 1, although a short circuit between the current collectors occurred in the outer peripheral portion, safety was low because a shunting effect of the short-circuit current to the outer peripheral portion did not occur.

From the above, the nonaqueous electrolyte secondary batteries A to F of Examples 1 to 6 of the present invention are short-circuited by an external foreign object due to nail penetration or the like, compared to the nonaqueous electrolyte secondary batteries X to Y of Comparative Examples 1 and 2. It has been found that the safety against is high.

The nonaqueous electrolyte secondary battery according to the present invention can provide a secondary battery having a low heat generation temperature and high safety even when an internal short circuit occurs in the battery due to an abnormality. The non-aqueous electrolyte secondary battery of the present invention can be used in the same applications as conventional non-aqueous electrolyte secondary batteries, and is particularly useful as a power source for portable electronic devices. Examples of portable electronic devices include personal computers, mobile phones, mobile devices, personal digital assistants (PDAs), portable game devices, and video cameras.

The non-aqueous electrolyte secondary battery of the present invention includes a main power source or auxiliary power source for driving an electric motor in an electric vehicle, a hybrid electric vehicle, a plug-in HEV, and the like, an auxiliary power source in a fuel cell vehicle, an electric tool, a vacuum cleaner, and a robot. It can also be applied to uses such as a drive power source and a power storage power source.

DESCRIPTION OF SYMBOLS 1 Positive electrode plate 2 Negative electrode plate 3 Separator 4 Electrode group 5 Positive electrode lead current collector 6 Negative electrode lead current collector 7 Battery can 8 Sealing plate 9 Metal filler 10a Upper insulating plate 10b Lower insulating plate 10c Gasket 11 First current collecting tab 12 Second current collector tab 13 Positive electrode current collector lead and second current collector tab 16 Current collector tab 21 First exposed current collector portion 22 Second exposed current collector portion 23 Third exposed current collector Part

Patent Citations (2)

Publication number	Priority date	Publication date	Assignee	Title
Family To Family Citations				
JP2007220321A *	2006-02-14	2007-08-30	Matsushita Electric Ind Co Ltd	Lithium secondary cell
JP2008311011A *	2007-06-13	2008-12-25	Panasonic Corp	Nonaqueous electrolyte secondary battery

* Cited by examiner, † Cited by third party

Cited By (8)

Publication number	Priority date	Publication date	Assignee	Title
WO2017138361A1 *	2016-02-09	2017-08-17	日立マクセル株式会社	Nonaqueous electrolyte battery
JP2018018864A *	2016-07-27	2018-02-01	マクセルホールディングス株式会社	Lithium ion secondary battery
WO2021193044A1 *	2020-03-23	2021-09-30	株式会社村田製作所	Secondary battery, electronic device, and electric tool
JP2021501618A *	2018-07-20	2021-11-18	エルジー・ケム・リミテッド	Electrode assembly and secondary battery containing it
WO2022240989A1 *	2021-05-25	2022-11-01	三洋電機株式会社	Non-aqueous electrolyte secondary battery

Family To Family Citations

CN203738984U *	2014-01-17	2014-07-23	[redacted]	Lithium ion battery
US10461384B2	2014-12-16	2019-10-29	Sanyo Electric Co., Ltd.	Cylindrical battery
KR20190098405A *	2018-02-14	2019-08-22	삼성에스디아이 주식회사	Electrode assembly and secondary battery comprising the same

* Cited by examiner, † Cited by third party, ‡ Family to family citation

Similar Documents

Publication	Publication Date	Title
US8486556B2	2013-07-16	Positive electrode for lithium-ion secondary battery, manufacturing method thereof, and lithium-ion secondary battery
JP6007907B2	2016-10-19	Secondary battery
US8940439B2	2015-01-27	Secondary battery, electronic device, electric power tool, electrical vehicle, and electric power storage system
US20190319242A1	2019-10-17	Separator for lithium metal based batteries
WO2010131401A1	2010-11-18	Electrode for lithium ion secondary battery, and lithium ion secondary battery
JP5264099B2	2013-08-14	Nonaqueous electrolyte secondary battery
WO2012111061A1	2012-08-23	Battery and method for manufacturing battery
JPWO2018179883A1	2020-02-06	Rechargeable battery
JP2014225326A	2014-12-04	Nonaqueous electrolyte secondary battery
US11489094B2	2022-08-30	Protective coatings for lithium metal electrodes
US9520588B2	2016-12-13	Nonaqueous electrolyte secondary cell
JP2016085901A	2016-05-17	Nonaqueous electrolyte battery, method of manufacturing nonaqueous electrolyte battery, and battery pack
JP2011060481A	2011-03-24	Nonaqueous electrolyte secondary battery
JP5156965B2	2013-02-20	Non-aqueous electrolyte battery
WO2019181278A1	2019-09-26	Lithium secondary battery
JP7003775B2	2022-02-10	Lithium ion secondary battery
US8318347B2	2012-11-27	Lithium ion secondary battery
WO2012101693A1	2012-08-02	Negative electrode collector for lithium ion batteries, and lithium ion battery
WO2013038705A1	2013-03-21	Nonaqueous electrolyte secondary cell
JP6125719B1	2017-05-10	Charging system and method for charging non-aqueous electrolyte battery
JP7031097B2	2022-03-08	Charging / discharging method of lithium secondary battery
US20220173377A1	2022-06-02	Thick electrodes for electrochemical cells
US20230231135A1	2023-07-20	Protective coatings for lithium metal electrodes and methods of forming the same
US20220181629A1	2022-06-09	Elastic binding polymers for electrochemical cells
US20220367848A1	2022-11-17	Double-sided electrodes and electrochemical cells including the same

Priority And Related Applications

Priority Applications (2)

Application	Priority date	Filing date	Title
JP2011200486A	2011-09-14	2011-09-14	Nonaqueous electrolyte secondary battery
PCT/JP2012/005846	2011-09-14	2012-09-13	Nonaqueous electrolyte secondary cell

Applications Claiming Priority (1)

Application	Filing date	Title
JP2011206480A	2011-09-14	Nonaqueous electrolyte secondary battery

Legal Events

Date	Code	Title	Description
2014-12-02	A300	Application deemed to be withdrawn because no request for examination was validly filed	**Free format text**: JAPANESE INTERMEDIATE CODE: A300 **Effective date**: 20141202

Data provided by IFI CLAIMS Patent Services

About Send Feedback Public Datasets Terms Privacy Policy Help

整理番号　P1224011
発送番号　453524
発送日　　令和 5年 9月 5日

拒絶理由通知書

特許出願の番号	特願２０２２－５４３１５５
起案日	令和　５年　８月３０日
特許庁審査官	井原　純　　９３５４　４Ｘ００
特許出願人代理人	粟野　晴夫　様
適用条文	第２９条第２項（進歩性）
	第３６条第６項第２号（明確性）

この出願は、次の理由によって拒絶をすべきものです。これについて意見がありましたら、この通知書の発送の日から３か月以内に意見書を提出してください。

理由

１．（進歩性）この出願の下記の請求項に係る発明は、その出願前に日本国内又は外国において、頒布された下記の刊行物に記載された発明又は電気通信回線を通じて公衆に利用可能となった発明に基いて、その出願前にその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が容易に発明をすることができたものであるから、特許法第２９条第２項の規定により特許を受けることができない。

２．（明確性）この出願は、特許請求の範囲の記載が下記の点で、特許法第３６条第６項第２号に規定する要件を満たしていない。

記　　（引用文献等については引用文献等一覧参照）

●理由１（進歩性）について

・請求項　１－１０
・引用文献等　１－２
・備考
引用文献１には、リチウム二次電池の負極において、厚さ１０μｍの銅箔の両面に負極活物質層を形成し、捲回方向長さ４０００ｍｍ×幅２００ｍｍの電極面形状を有する負極板が開示されており、負極タブ５Ｂ３０枚を内部電極体の径方向にほぼ直線上に並び、かつ、電極板を展開したときに、ほぼ等間隔に配置されること（[００５２]－[００５３]）、負極タブの厚さは、５μｍ以上１００μｍ以下とされること（[００１４]，[００３０]）も開示されている。そして、このような構造により、１つの電池における内部電極体からの電流取り出しが、各タブを通じて均等に行われるようになるため、充放電効率の向上、大電流放電の容易化、耐久性の向上が図られること（[００３９]）が説明されている。
そして、負極タブは、本願発明でいうＤが０．５以下の範囲内にあることは自明であるし、負極タブのうち中央付近にあるものは、本願発明における０．６×Ｇの最大値となる０．６×０．７＝０．４２よりも大きい位置にあることも明らかである。
そうすると、引用文献１には、負極活物質が、シリコン系材料を重量比７０％以下である負極活物質を有することは開示されていない。
しかしながら、引用文献２（[請求項１]，[００３３]－[００３７]，[表１]）には、負極活物質として、黒鉛とＳｉ合金を用い、Ｓｉ合金は７０質量％以下であること、負極活物質層にはポリアミドイミド等のバインダが包含されること、負極活物質層は負極活物質、導電助材、バインダの質量比が９３：２：５であること（Ｓｉ合金は６５．１質量％以下）が開示されているから、引用文献１に記載された発明において、当該負極活物質を用いることは、当業者が容易になし得たものである。

また、請求項２のような負極集電体の厚さ、負極タブの厚さ、負極活物質層の厚さの関係式を満たすようにすることは、当業者が適宜設定しうる設計的事項にすぎない。なお、本願明細書の実施例５－１～５－４をみると、実施例５－１，５－２は、当該関係式を満たしていないにも関わらず、セル表面の平均上昇温度等の評価パラメータが当該関係式を満たす実施例５－３，５－４よりも良好であるから、格別な効果を奏するものとは認められない。
したがって、請求項１－１０に係る発明は、引用文献１－２に記載された発明に基づいて、当業者が容易に発明をすることができたものである。

・請求項　１－１０
・引用文献等　２－３
・備考
引用文献３（[００１０]－[００１６]，[００１８]，[００４２]－[００４８]，図９－１２）には、リチウムイオン二次電池の電池内のイン抱く端子成分を低減するために、正電極箔及び負電極箔に接続される正極リード及び負極リードの引き出し位置の距離をできるだけ小さくすることが開示されており、正電極箔及び負電極箔の略中央に正極リード及び負極リードを配置することになるものと認められる。
そうすると、引用文献３には、負電極の負極活物質が、シリコン系材料を重量比７０％以下である負極活物質を有することは開示されていない。
しかしながら、引用文献２（[請求項１]，[００３３]－[００３７]，[表１]）には、負極活物質として、黒鉛とＳｉ合金を用い、Ｓｉ合金は７０質量％以下であること、負極活物質層にはポリアミドイミド等のバインダが包含されること、負極活物質層は負極活物質、導電助材、バインダの質量比が９３：２：５であること（Ｓｉ合金は６５．１質量％以下）が開示されているから、引用文献３に記載された発明において、当該負極活物質を用いることは、当業者が容易になし得たものである。
その場合、負極リードの位置は、本願発明の特定事項を満たす蓋然性が高い。
したがって、請求項１－１０に係る発明は、引用文献２－３に記載された発明に基づいて、当業者が容易に発明をすることができたものである。

●理由２（明確性）について

・請求項　１－１０
「シリコン系材料の重量比」とは、何に対するシリコン系材料の重量比であるのか不明である。
したがって。請求項１－１０に係る発明は明確でない。

＜引用文献等一覧＞
１．特開２０００－７７０５５号公報
２．特開２０１６－１８６５４号公報
３．特開２００６－３２０５２号公報

＜先行技術文献調査結果の記録＞
・調査した分野　ＩＰＣ　Ｈ０１Ｍ４／００－４／６２

・先行技術文献　特開２０１２－０８４４１２号公報
特開２０１４－２２５３２６号公報
特開２００９－１６３９２９号公報
特開２０００－１０６１６７号公報
特開２０１９－０４６５９２号公報
米国特許出願公開第２０１９／２０７２１２号明細書
中国特許出願公開第１９４９５８０号明細書
中国特許出願公開第１１０４５９７３０号明細書

この先行技術文献調査結果の記録は、拒絶理由を構成するものではありません。

この拒絶理由通知の内容に関するお問合せ又は面接のご希望がありましたら次の連絡先までご連絡ください。電子メール等で補正案等の送付を希望される場合は、その旨を電話でお知らせください。

審査第三部金属電気化学（PA4K）　井原　純（いはら　じゅん）
ＴＥＬ．０３－３５８１－１１０１　内線３４７５

(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2000－77055
（P2000－77055A）
(43)公開日　平成12年３月14日(2000.3.14)

(51)Int.Cl.[7]	識別記号	Ｆ１		ﾃｰﾏｺｰﾄﾞ(参考)
Ｈ０１Ｍ　2/26		Ｈ０１Ｍ　2/26	Ａ	
10/40		10/40	Ｚ	

審査請求　未請求　請求項の数10　ＯＬ　（全　９　頁）

(21)出願番号　特願平11－13520

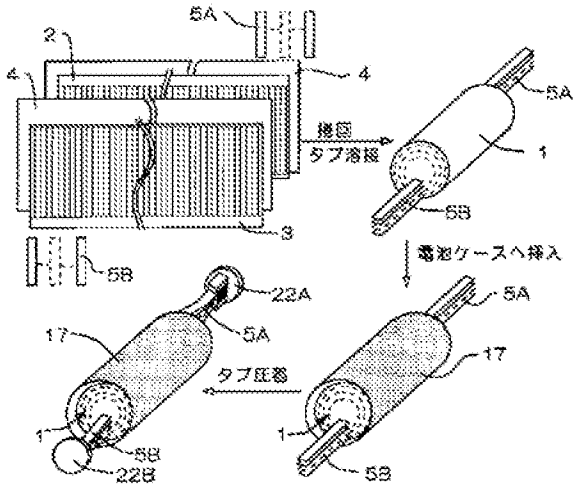
(22)出願日　平成11年１月21日(1999.1.21)

(31)優先権主張番号　特願平10－68017
(32)優先日　平成10年３月18日(1998.3.18)
(33)優先権主張国　日本（ＪＰ）
(31)優先権主張番号　特願平10－171105
(32)優先日　平成10年６月18日(1998.6.18)
(33)優先権主張国　日本（ＪＰ）

(71)出願人　000004064
日本碍子株式会社
愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番56号
(72)発明者　鬼頭　賢信
愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番56号　日本碍子株式会社内
(72)発明者　黒川　輝久
愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番56号　日本碍子株式会社内
(74)代理人　100088616
弁理士　渡邊　一平

(54)【発明の名称】　リチウム二次電池

(57)【要約】
【課題】　高出力サイクル運転においても、良好な充放電特性を維持し、特に電気自動車のモータ駆動用として好適に用いられるリチウム二次電池を提供する。
【解決手段】　正極板２と負極板３とを多孔性ポリマーからなるセパレータ４を介して捲回または積層した内部電極体１を電池ケース１７に収容したリチウム二次電池である。正極板２に接続される複数の正極タブ５Ａのそれぞれの抵抗値を正極タブ５Ａの平均抵抗値の±２０％の範囲内とし、及び、負極板３に接続される複数の負極タブ５Ｂのそれぞれの抵抗値を負極タブ５Ｂの平均抵抗値の±２０％の範囲内とした。



【特許請求の範囲】
【請求項１】　正極板と負極板とを多孔性ポリマーからなるセパレータを介して捲回又は積層した内部電極体を用いたリチウム二次電池であって、
当該正極板に接続される少なくとも複数の正極タブのそれぞれの抵抗値が当該正極タブの平均抵抗値の±２０％の範囲内にあり、及び、当該負極板に接続される少なくとも複数の負極タブのそれぞれの抵抗値が当該負極タブの平均抵抗値の±２０％の範囲内にあることを特徴とするリチウム二次電池。
【請求項２】　正極板と負極板とを多孔性ポリマーからなるセパレータを介して捲回又は積層した内部電極体を用いたリチウム二次電池であって、
当該正極板及び当該負極板にそれぞれ接続される正極タブ及び負極タブ、及び／又は、当該正極タブ及び当該負極タブを各極毎に集合接続する電流取出端子に、Ｏ材が用いられていることを特徴とするリチウム二次電池。
【請求項３】　当該正極タブ及び当該負極タブが、各極毎に、複数枚が１箇所に集結されて、圧着若しくは溶接により１個の電流取出端子に接続されていることを特徴とする請求項１又は２記載のリチウム二次電池。
【請求項４】　当該正極タブ及び当該負極タブが、各極毎に、複数枚が予め圧着若しくは溶接若しくはハトメにより一体化された後に、電流取出端子に圧着若しくは溶接又はネジ止めして接続されていることを特徴とする請求項１～３のいずれか一項に記載のリチウム二次電池。
【請求項５】　当該電流取出端子が、各極毎に１個のみ配設されていることを特徴とする請求項３又は４記載のリチウム二次電池。
【請求項６】　当該正極タブ及び当該負極タブの１枚の厚みが５μｍ以上１００μｍ以下であることを特徴とする請求項１～５のいずれか一項に記載のリチウム二次電池。
【請求項７】　当該電流取出端子１個に集合接続されるタブの総厚が、２００μｍ以上であることを特徴とする請求項６記載のリチウム二次電池。
【請求項８】　当該電流取出端子１個に集合接続されるタブが、少なくとも１０枚以上であることを特徴とする請求項６又は７記載のリチウム二次電池。
【請求項９】　電池容量が５Ａｈ以上であることを特徴とする請求項１～８のいずれか一項に記載のリチウム二次電池。
【請求項１０】　電気自動車用若しくはハイブリッド電気自動車用として用いられることを特徴とする請求項１～９のいずれか一項に記載のリチウム二次電池。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】　本発明は、生産性が高く、高出力サイクル運転においても、良好な充放電特性が維持されるように、電流取出経路における集電用のタブ並びにタブの両端の接続部分における抵抗の均一化が図られた、特に電気自動車のモータ駆動用として好適に用いられるリチウム二次電池に関する。
【０００２】
【従来の技術】　近年、環境保護運動の高まりを背景として、二酸化炭素等の排出規制が切に望まれる中、自動車業界ではガソリン車等の化石燃料を使用する自動車に替えて、電気自動車（ＥＶ）やハイブリッド電気自動車（ＨＥＶ）の導入を促進する動きが活発になっている。このＥＶ、ＨＥＶ実用化の鍵を握るモータ駆動用電池としてのリチウム二次電池には、電池容量が大きいことのみならず、自動車の加速性能や登坂性能に大きな影響を及ぼす電池出力もまた大きいことが求められている。
【０００３】　一般的に、リチウム二次電池の内部電極体は、正極板と負極板とを多孔性ポリマーフィルムからなるセパレータを介して正極板と負極板とが直接に接触しないように捲回又は積層して構成されている。たとえば、図１に示すように、捲回型の内部電極体１は、正極板２と負極板３とをセパレータ４を介して捲回して作製され、正極板２及び負極板３（以下、「電極板２・３」という。）のそれぞれに正極タブ５Ａ及び負極タブ５Ｂ（以下、「タブ５Ａ・５Ｂ」と記す。）が配設される。
【０００４】　そして、タブ５Ａ・５Ｂの、電極板２・３と接続された反対側の端部は、外部端子１１若しくは外部端子１１に導通する内部端子部材１２といった電流取出端子１３に取り付けられる。すなわち、タブ５Ａ・５Ｂは、電極板２・３からの集電を行うとともに、電流取出端子１３と導通するリード線としての役割を担っている。なお、外部端子は電流を電池外部に取り出すための電極端子であり、内部端子部材は電池内部において一時的に電流を集電する部材であり、電流取出端子とはこれらを総称したものである。従って、外部端子と内部端子部材とを一体化して、電流取出端子を構成することも可能である。
【０００５】　ここで、図２に、内部電極体１を展開したときの電極板２・３の平面図を示す。電極板２・３は、正極板２についてはアルミニウム等、負極板３については銅等の金属箔等を集電基板１５として用い、それぞれに電極活物質１６を塗布して形成されている。タブ５Ａ・５Ｂは、このような集電基板１５の一辺に配設されるために、薄帯状のものを用いることが好ましく、一つのタブ５が、電極板２・３における一定面積からの集電を行うように、ほぼ等間隔に配設されることが好ましい。なお、一般的に、タブ５の材質は、タブ５が取り付けられる集電基板１５の材質と同じものとされる。
【０００６】
【発明が解決しようとする課題】　ところで、ＥＶ若しくはＨＥＶ用のリチウム二次電池では、電池１本当たりに、１００Ａ以上の電流が流れる場合がある。このような大電流が流れた場合にも、電池の出力ロスが小さくな

るように、電池全体の内部抵抗をできるだけ小さくする必要がある。

【０００７】　従って、内部電極体の抵抗を小さくすることが好ましいことはいうまでもないが、ここで、前述した内部電極体（電極板）と電流取出端子までの接続経路に注目すると、集電基板、タブ及び電流取出端子の部材そのものの抵抗が小さいことが好ましい。しかしながら、集電基板については、材料が限定されることと、電池形状やエネルギー密度の点からの制約により、抵抗値を小さくするにも一定の限度がある。

【０００８】　一方，タブ並びに電流取出端子は，その形状が内部電極体を収容する電池ケースと内部電極体との隙間に納まる限りにおいて，自由に形状を設定することができる点で、抵抗値の設定に許容幅がある。また、タブと集電基板とは、溶接により一体化されるためにこれらの接続部分の抵抗は、極端な溶接不良を除いては大きく変化することはないが、タブと電流取出端子との接続については，種々の方法が考えられるため、接触抵抗を低減する余地が残されている。

【０００９】　たとえば、特に、薄帯状のタブについては，一定方向に積み重ねることで束ねる方法が、電池の作製工程上、容易で好ましく、また，電池内部の構造が複雑にならないために好ましい。しかし，この場合には，タブの枚数が多くなると、タブどうしの接触数が多くなるため、各タブの接触面での接触抵抗が大きくなると共に，接触抵抗のバラツキも大きくなるという問題を生ずる。従って、接触抵抗の低減を図りつつ，接触抵抗のバラツキをも低減するためには、タブの固定方法並びに使用材料について詳細に検討する必要があると考えられる。

【００１０】　にもかかわらず、従来、このタブや電流取出端子自体の材質、及びタブと電流取出端子との接続方法については、タブ及び電流取出端子自体の抵抗及びこれらの接続抵抗が、電池全体の内部抵抗からみれば、大きな割合を占めるものではなかったために重要視されず、そのため、タブと電流取出端子の接続によって生ずる抵抗のバラツキ（分布）が、出力特性や充放電サイクル運転特性に及ぼす影響については、これまで明らかとなっていなかった。

【００１１】

【課題を解決するための手段】　本発明は、上述した従来技術の問題点に鑑みてなされたものであり、すなわち、本発明によれば、正極板と負極板とを多孔性ポリマーからなるセパレータを介して捲回又は積層した内部電極体を用いたリチウム二次電池であって、当該正極板に接続される少なくとも複数の正極タブのそれぞれの抵抗値が当該正極タブの平均抵抗値の±２０％の範囲内にあり、及び、当該負極板に接続される少なくとも複数の負極タブのそれぞれの抵抗値が当該負極タブの平均抵抗値の±２０％の範囲内にあることを特徴とするリチウム二次電池、が提供される。ここでいう「タブの抵抗値」とは、タブと電流取出端子との接触抵抗を含む、即ち、正極板又は負極板と接続されたタブの一端の部分と、タブの他端に接続された電流取出端子との間の抵抗をいい、部材としてのタブそのものの抵抗値ではない。

【００１２】　また、本発明によれば、正極板と負極板とを多孔性ポリマーからなるセパレータを介して捲回又は積層した内部電極体を用いてなるリチウム二次電池であって、当該正極板及び当該負極板にそれぞれ接続される正極タブ及び負極タブ、及び／又は、当該正極タブ及び当該負極タブを各極毎に集合接続する電流取出端子に、Ｏ材が用いられていることを特徴とするリチウム二次電池、が提供される。

【００１３】　このような本発明のリチウム二次電池においては、正極タブ及び負極タブを、各極毎に、複数枚を１箇所に集結して、圧着若しくは溶接によって１個の電流取出端子に接続することが好ましい。また、正極タブ及び負極タブを、各極毎に、複数枚を予め圧着若しくは溶接若しくはハトメにより一体化した後、電流取出端子に圧着若しくは溶接又はネジ止めして接続することも好ましい。なお、ここで、電流取出端子を各極毎に１個のみ配設した構造，即ち，全ての正極タブを１個の電流取出端子に集合接続し、負極タブについても同様とすると、電池の作製も容易となり、また，タブの抵抗（電流取出端子との接触抵抗を含む、以下、同様。）のバラツキも抑えられ、好ましい。

【００１４】　１枚のタブの厚みは、好適には５μｍ以上１００μｍ以下とされ、電流取出端子１個に集合接続されるタブの総厚が２００μｍ以上である場合や，電流取出端子１個に集合接続されるタブが少なくとも１０枚以上てある場合に、タブの抵抗のバラツキの低減，即ち抵抗均一化の効果が大きく現れる。このようなタブの抵抗均一化は、電池容量が５Ａｈ以上のリチウム二次電池において、充放電特性等の向上という形で顕著に効果が現れる。こうして、得られる優れた充放電特性を利用して、本発明のリチウム二次電池は、電気自動車用若しくはハイブリッド電気自動車用リチウム二次電池として好適に採用される。

【００１５】

【発明の実施の形態】　本発明のリチウム二次電池は、正極板・負極板から電極取出端子までの抵抗が均一化されていることから、正極板・負極板からの集電の均一化、及び正極板・負極板内での電池反応の均一化が図られ、大電流を安定して放電することができるとともに、局部的な電池材料の劣化が抑制されるために，サイクル運転においても優れた耐久性を有する。以下，本発明の実施形態について説明するが，本発明が以下の実施の形態に限定されるものでないことはいうまでもない。

【００１６】　本発明におけるリチウム二次電池（以下，「電池」という。）の内部電極体は、正極板と負極

板とを多孔性ポリマーフィルムからなるセパレータを介して正極板と負極板とが直接に接触しないように捲回又は積層して構成されている。具体的には、捲回型の内部電極体１は、先に図１に示したように、正極板２と負極板３とをセパレータ４を介して捲回して形成され、電極板２・３にタブ５Ａ・５Ｂが設けられる。

【００１７】　一方、積層型の内部電極体７は、図３に示すように、正極板８と負極板９とをセパレータ１０を介しながら交互に積層し、正負各電極板８・９（以下、「電極板８・９」という。）のそれぞれに正極タブ６Ａ及び負極タブ６Ｂが接続される。このようなタブを電池要素の基準とすると、内部電極体１・７は、対向する正極板２・８及び負極板３・９からなる複数の要素電池が、並列に接続された構造とみなすことができる。

【００１８】　正極板２・８及び負極板３・９は、ともに集電基板にそれぞれの電極活物質を塗布して薄板状に形成される。集電基板の形態としては，箔，メッシュ等が挙げられ、本発明においては、正極板２・８用の集電基板としてアルミニウム箔が、負極板３・９用の集電基板としては銅箔が，それぞれ好適に用いられる。

【００１９】　そして、上記いずれの構造を有する電池であっても、一般的に、正極活物質としては、コバルト酸リチウム（ＬｉＣｏＯ）やニッケル酸リチウム（ＬｉＮｉＯ）あるいはマンガン酸リチウム（ＬｉＭｎＯ）等のリチウム遷移金属複合酸化物が用いられる。なお、これら正極活物質の導電性を向上させるために、アセチレンブラックやグラファイト粉末等のカーボン粉末を電極活物質に混合することが頻繁に行われる。一方，負極活物質としては，ソフトカーボンやハードカーボンといったアモルファス系炭素質材料や天然黒鉛、人造黒鉛等の炭素質粉末が用いられる。

【００２０】　セパレータ４・１０としては、マイクロポアを有するリチウムイオン透過性のポリエチレンフィルムを、多孔性のリチウムイオン透過性のポリプロピレンフィルムで挟んだ三層構造としたものが好適に用いられる。これは、内部電極体の温度が上昇した場合に、ポリエチレンフィルムが約１３０℃で軟化してマイクロポアが潰れてリチウムイオンの移動、すなわち電池反応を抑制する安全機構を兼ねたものである。そして、このポリエチレンフィルムを、より軟化温度の高いポリプロピレンフィルムで挟持することによって、セパレータ４・１０と電極板（２・３）・（８・９）との接触・溶着を防止することができる。

【００２１】　次に、タブと内部電極体（電極板）及び電流取出端子との接続方法について、捲回型の内部電極体１の場合を例に説明する。前述したように、図２は，図１に示した捲回型の内部電極体１を展開したときの電極板２・３の平面図であるが，ここで、電池容量が一定の場合には、電極板２・３の幅Ｄを長く取れば、その捲回方向長さＬを短くすることができる。

【００２２】　しかし、電極板２・３の幅Ｄが長い場合には、タブ５Ａ・５Ｂが取り付けられた辺に対向する辺の近傍の電極活物質１６と，タブ５Ａ・５Ｂとの距離が長くなるために、内部抵抗が大きくなるという不都合が生ずる。このため、電極板２・３の幅は、通常、１０ｃｍ～４０ｃｍの範囲に設定することが好ましく、電極板２・３の幅がこのような範囲にある場合に、タブ５Ａ・５Ｂの電極板２・３への捲回方向長さＬにおける配設数は、１ｍ当たりに約６～１０枚程度とすることが好ましい。

【００２３】　また，タブ５Ａ・５Ｂの電極板２・３への配設は、後述する図１１に示すように、電池内部が煩雑な構造にならず、また，電流取出端子１３との取り付けが行い易いように、電極板２・３を捲回したときに、タブ５Ａ・５Ｂが内部電極体１の径方向にほぼ直線上に並ぶように配設されることが好ましい。

【００２４】　電極板２・３とタブ５Ａ・５Ｂとの接続方法としては、抵抗溶接又は超音波溶接が挙げられるが、極端な溶接不良を除いて、タブ５Ａ・５Ｂと電極板２・３との接触抵抗が大きく異なることはない。しかし、タブ５Ａ・５Ｂと電極板２・３との接触抵抗がほぼ一定となるようにすることが好ましいことはいうまでもない。

【００２５】　こうしてほぼ等間隔に配設されたタブ５Ａ・５Ｂはそれぞれ、電極板２・３におけるほぼ同等の電極面積における電池反応に関与する電子の伝達に寄与することとなる。ところが、ここで電流取出端子から電極板２・３に至る集電経路に抵抗のバラツキがあると，電流の取り出しにもバラツキが生ずることとなる。すなわち、抵抗が小さくなるように接続されたタブに電流が集中する可能性があり、この場合、電池反応が均一にならないばかりでなく、最も電池反応が活発に行われる部分（低抵抗のタブが接続された部分）で材料劣化が急速に進む問題も危惧される。

【００２６】　このような問題を回避するために、本発明においては、正極板２に接続される少なくとも複数の正極タブ５Ａのそれぞれ抵抗値が、正極タブ５Ａの平均抵抗値の±２０％の範囲内とされ、負極タブ５Ｂについても同様とされる。なお、ここでいうタブの抵抗値とは、前記問題点からも明らかなように、タブと電流取出端子との接触抵抗を含む、即ち，正極板又は負極板と接続されたタブの一端の部分と、タブの他端に接続された電流取出端子との間の抵抗をいい、部材としてのタブそのものの抵抗値ではない。

【００２７】　このため、全てのタブ５を、１箇所に集結して、圧着若しくは溶接により電流取出端子に接続することが好ましい。但し、電流取出端子を各極毎に２個以上設けることも可能であり、この場合には、電流取出端子毎に前記抵抗分布の条件を満足するのではなく、各極毎の全てのタブについて前述した条件を満足すること

が必要となる。即ち、電流取出端子毎におけるタブの接続状態をほぼ一定とすることが必要とされる。

【００２８】　具体的には、図４に示すように、電池キャップ２３に取り付けられる電流出力端子１３としてリベット２２を用い、タブ５Ａ（５Ｂ）をそれぞれまとめてリベット２２に圧着により接続することが可能である。この場合でも、圧着の圧力によって、タブ５Ａ（５Ｂ）の抵抗値を上記抵抗分布範囲に納めることができる。なお、圧着の代わりに溶接によりタブ５Ａ（５Ｂ）をリベット２２に接続してもよいし、タブ５Ａ（５Ｂ）をリベット２２に圧着した後、その接続部分をさらに溶接して一体化しても構わない。

【００２９】　また、図５に示すように、鋼板又はアルミニウム板等の金属板２６を用いて、複数の、好ましくは全てのタブ５Ａ（５Ｂ）を予め圧着により一体化した後、電流取出端子１３たるボルト２４に嵌挿し、ナット２５で締め付けてネジ止めする接続方法も好適に用いられる。なお、タブ５Ａ（５Ｂ）の一体化には、圧着の他に溶接若しくはハトメといった方法を用いることができ、一体化されたタブ５Ａ（５Ｂ）の電流取出端子１３への取り付けにおいては、溶接や圧着といった方法を用いることもできる。

【００３０】　さて、前述したように、電極板２・３の集電基板としては金属箔が好適に用いられることから、タブ５もまた薄帯状のものが好適に用いられ、その厚みは、５μｍ以上１００μｍ以下であることが好ましい。ここで、本発明においては、正極タブ５Ａとしてアルミニウム製の、負極タブ５Ｂとして銅製若しくはニッケル製のものが、それぞれ好適に用いられる。

【００３１】　なお、前述した問題点に鑑みると、電極板２・３の双方において、抵抗のばらつきに関する前記条件を満足することが最も好ましいが、一方の電極板のみでも前記条件を満たせば、従来技術と比較して、電池特性の向上が図られる。

【００３２】　また、タブ５Ａ・５Ｂは電流取出端子１３へ集合接続されるのに対し、タブ５Ａ・５Ｂと電極板２・３との接続箇所はタブ５Ａ・５Ｂの数ほどあることから、タブの長さとしてそれぞれ最短のものを用いようとすると、各タブの抵抗値に差が生ずることとなり、好ましくない。このため、使用するタブは最も長い長さを必要とするものに合わせるか、又は、長さの異なるタブを用いる場合には、厚みと幅を変えることで、抵抗値を調節して同等とすることが好ましい。

【００３３】　さて、上述したタブの電流取出端子との接続においては、タブ及び／又は電流取出端子の材質もまた、生産性と抵抗のバラツキの状態に大きな影響を及ぼすと考えられる。このことを考慮し、本発明においては、タブ及び／又は電流取出端子としてＯ材からなるものが好適に用いられる。

【００３４】　Ｏ（オー）材とは、別名、焼き鈍し材或いはＡ材と呼ばれているもので、軟化焼鈍（溶体化処理を含む）後に、冷間加工を加えていないか、若しくは硬化が起こらない程度の軽い冷間加工を加えた材料をいい、冷間加工を行ったＨ材と区別されるものである。

【００３５】　タブを電流取出端子に集合接続した場合にあっては、タブは曲げられる等して電池ケース内に収納される場合が多いが、ここで、タブがＯ材からなる場合には、加えられた力によって容易に撓み、また反発力も小さいので、電池の製造工程における電流取出端子が取り付けられたキャップの位置決めと固定作業が容易に行えるようになる利点がある。また、タブにＯ材を用いた場合には、特に圧着によってタブを束ねた場合には、タブ間の接触状態を良好に保つことができる利点がある。

【００３６】　電流取出端子についても、例えば、図４に示したリベット２２にＯ材を用いた場合には、圧着を施す部分の展性が大きく、圧着によるリベット２２の破損が回避され易くなり、生産歩留まりが向上する他、タブとの接触も良好に保つことができるようになり、タブと電流取出端子との間の接触抵抗のバラツキの低減に寄与する利点がある。従って、タブ及び電流取出端子の双方にＯ材を用いることが好ましい。

【００３７】　さて、上述したタブの集合接続の方法を採用する場合や、タブ及び／又は電流取出端子にＯ材を用いる場合には、電流取出端子１個に集合接続するタブの総厚を２００μｍ以上としたとき、並びに、電流取出端子１個に集合接続するタブを少なくとも１０枚以上としたときに、タブの抵抗のバラツキを抑える効果が大きく現れ、好ましい。

【００３８】　以上、捲回型の内部電極体１を中心に説明してきたが、積層型の内部電極体７を形成する電極板８・９についても、同様であることはいうまでもなく、電極板８・９の１枚当たりに複数枚のタブを配設して、或いは１枚の電極板８・９に１枚の正極タブ６Ａ及び負極タブ６Ｂをそれぞれ接続して、電流取出端子に接続することができる。

【００３９】　上述した電池構造を採用することにより、１つの電池における内部電極体からの電流の取り出しが、各タブを通じて均等に行われるようになるため、充放電効率の向上、大電流放電の容易化、耐久性の向上が図られる。このような効果は、特に多数のタブの配設を必要とする電池容量が５Ａｈ以上の大容量電池において顕著に現れ、本発明の電池は、ＥＶ用若しくはＨＥＶ用の電池として好適に用いることができる。以下、本発明を実施例により説明するが、本発明が以下の実施例に限定されるものでないことはいうまでもない。

【００４０】

【実施例】　（タブの抵抗測定）電池の作製にあたって、まず、タブの電流取出端子への接続方法の違いによる抵抗のバラツキを調べるために、図４に示したよう

な、タブ５Ａ（５Ｂ）を電流取出端子たるリベット２２に圧着する接続方法を用いて、アルミニウム箔からなる正極タブを３０枚束ねてアルミニウム製の正極リベットに圧着し、一方、銅箔からなる負極タブを３０枚束ねて、銅製の負極リベットに圧着した。こうしてタブの圧着された正極リベットと負極リベットを一組とし、このとき、圧着圧力を１ｔｏｎ／ｃｍ^{2}としたものを実施例１とし、圧着圧力を２ｔｏｎ／ｃｍ^{2}としたものを実施例２とする。

【００４１】　次に、図６に示すように、１Ａの電流をタブ５Ａ（５Ｂ）のそれぞれとリベット２２との間に流したときの電圧を測定することで、タブ５Ａ（５Ｂ）の抵抗値を測定した。そして、得られた抵抗値の平均値を計算し、タブ５Ａ（５Ｂ）それぞれの抵抗値を、平均値を１００％として規格化することで、抵抗値の分布を求めた。

【００４２】　一方、比較例１として、上記実施例１、２と同様の方法により、圧着圧力を５００ｋｇ／ｃｍ^{2}としてタブをリベットに圧着し、タブの抵抗値の測定を行った。更に、比較例２として、図７に示すように、ボルト２４とナット２５からなる電流取出端子を用い、３０枚のタブ５Ａ（５Ｂ）を、図５に示したように予め一体化することなく、個々のタブ５Ａ（５Ｂ）をネジ止めした構造とし、上記実施例１、２と同様の方法により、タブ５Ａ（５Ｂ）それぞれの抵抗値の測定を行った。

【００４３】　上記実施例１、２及び比較例１、２における正極タブ５Ａの抵抗のバラツキの様子を図８に示す。実施例１、２においては、正極タブ５Ａの抵抗のバラツキが、平均値の±２０％以内に納まっているが、比較例１、２においては、抵抗のバラツキは、平均値の±２０％の範囲を超えて広くなっていることがわかる。なお、図示してはいないが、負極タブ５Ｂの抵抗のバラツキも図８と同様の分布を示し、実施例１、２及び比較例１では平均値の±２０％以内に納まっていたが、比較例２ではこの範囲に収まっていなかった。比較例１において、正極タブ５Ａで抵抗のバラツキが大きく、負極タブ５Ｂで抵抗のバラツキが小さくなった理由は、後述するように、材質とその表面に形成される酸化被膜の性質に起因するものと考えられる。

【００４４】　この結果は、以下のように説明される。すなわち、まず、比較例２のボルト２４とナット２５を用いた場合にあっては、図９に示すように、タブ５Ａ（５Ｂ）には、ボルト２４のネジ山２７に差し込むための穴が設けられるが、この穴径はボルト２４のネジ山２７の径よりも大きく、しかもタブ５Ａ（５Ｂ）が薄いために、タブ５Ａ（５Ｂ）の穴の側面がネジ山２７と接触する面積は非常に小さい。従って、タブ５Ａ（５Ｂ）の電流は、矢印５０で示されるように隣接するタブ５Ａ（５Ｂ）を通じてボルト２４へと流れるか、あるいは隣接するタブ５Ａ（５Ｂ）及びナット２５を介してボルト２４へと流れることとなり、矢印６０で示される方向には流れ難い。

【００４５】　一方、実施例１、２及び比較例１の場合のように、リベット２２を用いた場合も同様であり、この場合にも、図１０に示されるように、タブ５Ａ（５Ｂ）の側面がリベット２２と接触する面積は大変小さいものとなるので、タブ５Ａ（５Ｂ）の電流は矢印５０で示される方向に、すなわち隣接するタブ５Ａ（５Ｂ）を通じてリベット２２へ流れ、矢印６０で示される方向では流れ難くなる。

【００４６】　つまり、上記実施例１、２、比較例１、２のいずれの場合であっても、電流はタブ５Ａ（５Ｂ）どうしの接触界面を通過して流れることとなる。このため、束ねられたタブ５Ａ（５Ｂ）の中では、中心部に位置するものほど、ボルト２４若しくはリベット２２との間の接触界面の数が多くなって抵抗値が大きくなることとなる。

【００４７】　従って、タブの抵抗のバラツキを低減するためには、タブに生ずる接触界面の抵抗を低減する必要がある。ここでアルミニウム箔からなるタブについては、その表面にアルミナの絶縁性被膜が形成されやすいことが知られており、薄帯状のタブを数多く束ねるほど、タブの抵抗分布に対する絶縁性被膜の影響が大きくなる。そこで、タブの抵抗のバラツキを低減するためには、絶縁性被膜を破壊してタブ本来の金属材料部分での接触を確保することが必要となる。

【００４８】　このことは銅箔からなるタブについても同様である。但し、銅箔の表面に生成する酸化被膜は半導体であるために、アルミニウム箔を用いる場合よりは接触界面の影響は小さい。しかしながら、電子伝導性は当然に金属の方が半導体よりも勝るために、銅箔についても表面の酸化被膜を破壊して金属どうしの接触を確保することが好ましい。

【００４９】　従って、タブと電流取出端子との接続には、圧着等の金属どうしの接触を確保できる方法が好ましく、実施例１、２では、適正な圧力での圧着を行うことにより、タブ表面の酸化被膜が破壊されて金属材料どうしの接触が確保された結果、タブの抵抗のバラツキが抑えられたものと考えられる。但し、圧着を用いた場合であっても、比較例１の結果に示されるように、圧着圧力が小さい場合には、酸化被膜の破壊が一様でなく、その結果、タブの接続状態にむらが生じて圧着の効果が得られないと考えられる。また、比較例２では、ネジ止めの締め付け圧力が、タブの酸化被膜を破壊するために必要な圧力に達し難いと考えられ、その結果としてタブの抵抗のバラツキが大きくなったものと推測される。

【００５０】　なお、タブの抵抗のバラツキを平均値±２０％以内に納めるためには、タブとしてアルミニウム箔を用いた場合には、圧着圧力が１ｔｏｎ／ｃｍ^{2}以上５０ｔｏｎ／ｃｍ^{2}以下でなければならず、一方、銅箔

を用いた場合には，５００ｋｇ／ｃｍ^{2}以上１００ｔｏｎ／ｃｍ^{2}以下としなければならなかった。

【００５１】　このように，抵抗値バラツキを所定の範囲内に納めるために，アルミニウム箔と銅箔とで，必要な圧力の範囲に差が生じた理由の一つとしては，アルミニウム箔の方が銅箔よりも酸化被膜が形成されやすいこと，及び上述した酸化被膜の電気的性質の違いが考えられる。なお，タブの圧着圧力の上限は，タブがリベットの端部で切れる等の損傷が生じたときの圧力である。

【００５２】　（電池の作製）リチウム二次電池は以下の方法にて作製した。まず，ＬｉＭｎＯ粉体を正極活物質として、これに導電性を付与するためのアセチレンブラックを添加し、さらに、バインダ及び溶媒を混合してペーストを作製し、このペーストを厚さ２０μｍのアルミニウム箔の両面に塗布して、捲回方向長さ３６００ｍｍ×幅２００ｍｍの電極面形状を有する正極板を作製した。一方、高黒鉛化炭素粉末を負極活物質として、これにバインダ，溶媒を混合してペーストを作製し、厚さ１０μｍの銅箔の両面に塗布し、捲回方向長さ４０００ｍｍ×幅２００ｍｍの電極面形状を有する負極板を作製した。

【００５３】　次に、図１１に示すように、作製した正極板２と負極板３とを、幅２１０ｍｍのポリプロピレン製セパレータ４を用いて絶縁しながら捲回しつつ、同時に、上記実施例１等に用いたものと同じアルミニウム製の正極タブ５Ａ，及び銅製の負極タブ５Ｂを、それぞれ３０枚が、内部電極体１の径方向にほぼ直線上に並び，かつ、各電極板２・３を展開したときにほぼ等間隔に配設されるように、しかも、内部電極体１の一端に一方の電極が形成されるように，電極板２・３に、超音波溶接により取り付けた。

【００５４】　作製した内部電極体１をアルミニウム製の電池ケース１７に挿入し、上記実施例１と同じ方法を用いて、正負各極用タブ５Ａ・５Ｂを，１ｔｏｎ／ｃｍ^{2}の圧力にて，それぞれ電流取出端子たる正負各極用リベット２２Ａ・２２Ｂに圧着し、負極リベット２２Ｂに電池キャップを取り付けて電池ケース１７の負極側を封止した後、開口している電池ケース１７の正極側から、ＥＣ（エチレンカーボネート）とＤＥＣ（ジエチルカーボネート）の混合溶媒に、電解質ＬｉＰＦ$_6$を１ｍｏｌ％濃度となるように溶解した電解液を注入し、その後、正極リベット２２Ａに電池キャップを取り付けて電池ケース１７を密封した。なお、電池ケース１７の封止は正極側から行ってもかまわない。このようにして、上記実施例１のタブと電流取出端子との接続方法を用いて作製した電池を実施例１の電池とする。

【００５５】　続いて、タブと電流取出端子との接続方法以外は、実施例１の電池と同様にして、タブと電流取出端子との接続方法として、上記実施例２及び比較例１、２による方法を用いて、それぞれ電池を作製した。こうして作製された電池を、それぞれ実施例２の電池、比較例１の電池、比較例２の電池とする。

【００５６】　作製した電池の電池容量は、いずれも２５Ａｈであったが，その充放電特性の評価をサイクル運転試験により行った。ここで、充電は、２５Ａ定電流－４．１Ｖ定電圧充電により行い，放電は，放電レートを１Ｃ（２５Ａ）とした定電流放電により、放電終止電圧２．５Ｖまで行い、この充放電を繰り返すこととした。そして、各回の放電容量を、初回の放電容量を１００％として規格化した。

【００５７】　図１２に、サイクル運転試験における放電容量の変化の様子を示す。タブの抵抗のバラツキの小さい実施例１、２の電池は容量低下が小さく、両者でその変化に大差はなかった。一方、正負極タブの双方において抵抗のバラツキが大きかった比較例２の電池では大きな容量低下が認められ、正極タブのみの抵抗のバラツキが大きく、負極タブの抵抗のバラツキが小さい比較例１は、実施例１、２と比較例２との中間的な特性を示した。このような結果は，タブの抵抗のバラツキに起因して、内部電極体における電池反応に不均一が生じ、部分的に正負各電極板に劣化が生じていることに起因するものと考えられる。

【００５８】

【発明の効果】　上述の通り、本発明のリチウム二次電池は、複数のタブの抵抗のバラツキが一定範囲内に収められているために、電極板からの集電が均一化され、かつ、内部電極体内での電池反応の均一化が図られ、大電流を安定して放電することができるという優れた効果を奏する。これにより，局部的な電池材料の劣化が抑制され、サイクル運転においても優れた耐久性を有する優れた効果をも奏する。

【図面の簡単な説明】

【図１】　捲回型内部電極体の構造を示す斜視図である。

【図２】　捲回型内部電極体における正負各電極板を展開した状態を示す平面図である。

【図３】　積層型内部電極体の構造の一実施形態を示す斜視図である。

【図４】　本発明のリチウム二次電池におけるタブと電流取出端子との接続方法の一実施形態を示す断面図である。

【図５】　本発明のリチウム二次電池におけるタブと電流取出端子との接続方法の別の実施形態を示す説明図である。

【図６】　本発明のリチウム二次電池におけるタブの抵抗測定方法を示す説明図である。

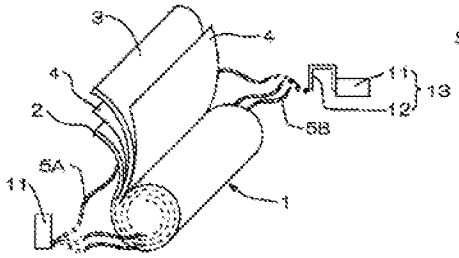
【図７】　比較例２のリチウム二次電池におけるタブと電流取出端子との接続方法を示す説明図である。

【図８】　実施例及び比較例におけるタブの抵抗のバラツキを示す説明図である。

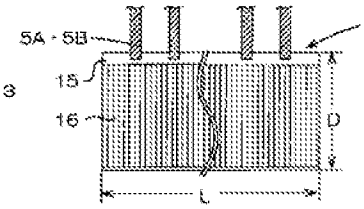
【図９】　タブからボルト及びナットからなる電流取出端子への電流の流れを示す説明図である。
【図１０】　タブからリベットからなる電流取出端子への電流の流れを示す説明図である。
【図１１】　本発明のリチウム二次電池の作製における、タブの電流取出端子への接続までの工程を示す説明図である。
【図１２】　実施例及び比較例におけるサイクル運転試験結果を示す説明図である。
【符号の説明】
＊１…内部電極体、２…正極板、３…負極板、４…セパレータ、５Ａ・６Ａ…正極タブ、５Ｂ・６Ｂ…負極タブ、７…内部電極体、８…正極板、９…負極板、１０…セパレータ、１１…外部端子、１２…内部端子部材、１３…電流取出端子、１５…集電基板（金属箔等）、１６…電極活物質、１７…電池ケース、２２…リベット、２２Ａ…正極リベット、２２Ｂ…負極リベット、２３…電池キャップ、２４…ボルト、２５…ナット、２６…金属板、２７…ネジ山、５０…電流の流れ、６０…電流の流れ。

＊10

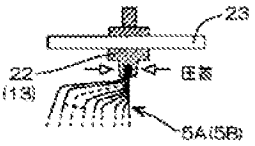
【図１】



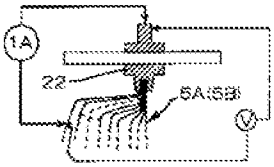
【図２】



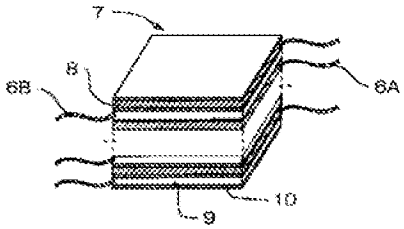
【図４】



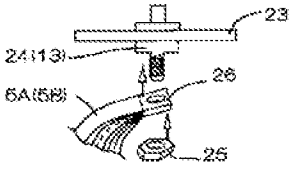
【図６】



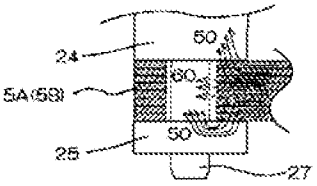
【図３】



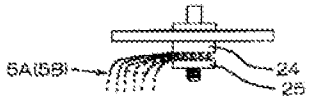
【図５】



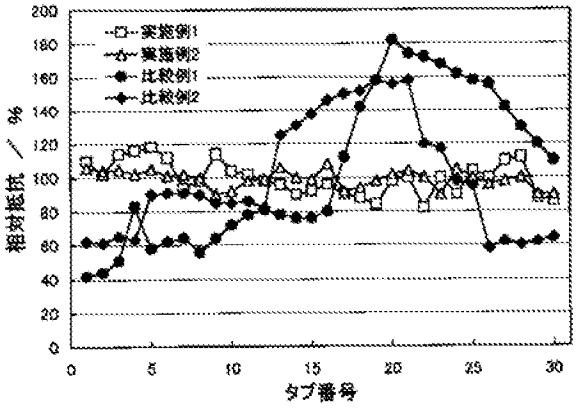
【図９】



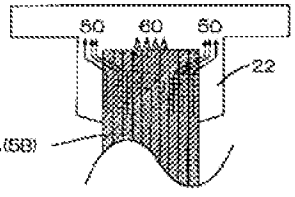
【図７】



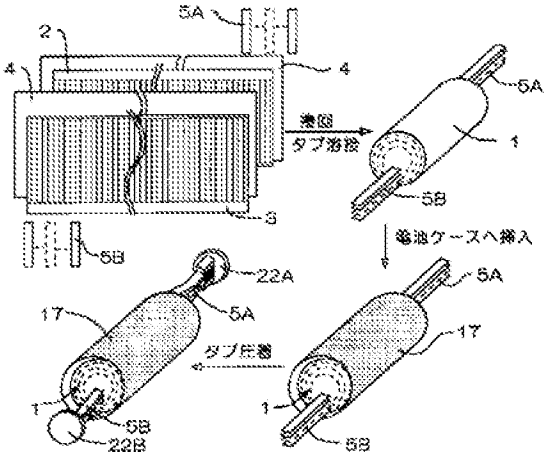
【図８】



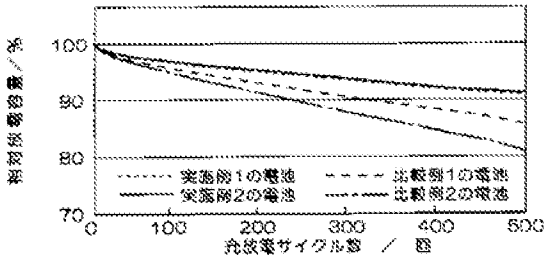
【図１０】



【図１１】


5A
2
4
4
3
5B
浸漬
タブ溶接
1
5A
5B
巻油ケースへ挿入
22A
5A
17
タブ圧着
1
5B
22B
5A
17
1
5B

【図１２】


100
90
80
70
0
100
200
300
400
500
実施例1の電池
実施例2の電池
比較例1の電池
比較例2の電池
充放電サイクル数 ／ 回

(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2000－106167
（P2000－106167A）
(43)公開日　平成12年４月11日(2000.4.11)

(51)Int.Cl.[7]	識別記号	Ｆ１		テーマコード（参考）
Ｈ０１Ｍ　2/26		Ｈ０１Ｍ　2/26	Ａ	５Ｈ０２２
4/02		4/02	Ｂ	５Ｈ０２９
10/40		10/40	Ｚ	

審査請求　未請求　請求項の数５　ＯＬ　（全７頁）

(21)出願番号　特願平10－276998

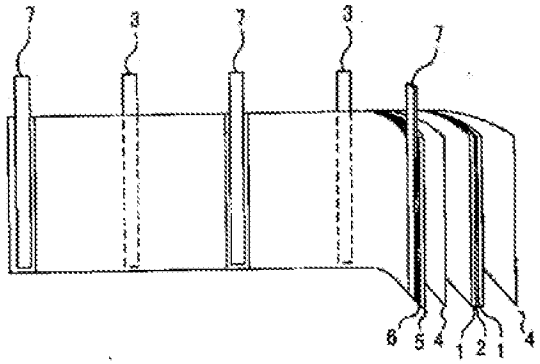
(22)出願日　平成10年９月30日(1998.9.30)

(71)出願人　000006013
三菱電機株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号
(72)発明者　吉岡　省二
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号　三菱電機株式会社内
(72)発明者　遠畑　広明
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号　三菱電機株式会社内
(74)代理人　100092462
弁理士　高瀬　彌平　（外２名）

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　電　池

(57)【要約】
【課題】　電極反応によって生じる電流を分散して集電し、また、電極反応分布の均一化を図ることによってエネルギーロスの低減と過充電および過放電を抑制することを目的とする。
【解決手段】　正極集電体２に正極活物質層１を有する正極と、負極集電体６に負極活物質層５を有する負極の各電極間にセパレータを配置した電池体を備えた電池の各電極に複数の正極集電端子３と複数の負極集電端子７を直接対向させないように配置する。



1：正極活物質層　5：負極活物質層
2：正極集電体　6：負極集電体
3：正極集電端子　7：負極集電端子
4：セパレータ

【特許請求の範囲】
【請求項１】　正極集電体と正極活物質層からなる正極及び負極集電体と負極活物質層からなる負極の各電極間にセパレータを有する電池体と、この電池体を密閉し、収納するシール部を有する電池容器とを備えた電池であって、上記各電極に複数の正極集電端子と負極集電端子が各電極の長さ方向に対して複数設置され、かつ、上記正極集電端子と負極集電端子の位置が重ならずに配置されていることを特徴とする電池。
【請求項２】　複数の正極集電端子及び負極集電端子それぞれが、電池容器のシール部から電池容器外に出ていることを特徴とする請求項１記載の電池。
【請求項３】　正極集電端子と負極集電端子とが、電池容器の反対側から電池容器外に出ていることを特徴とする請求項２記載の電池。
【請求項４】　正極集電端子と負極集電端子それぞれが、電池容器の反対側から電池容器外に出ていることを特徴とする請求項２記載の電池。
【請求項５】　セパレータと正極またはセパレータと負極の少なくとも一カ所をイオン導電性接着層で接着したことを特徴とする請求項１ないし４のいずれかに記載の電池。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】本発明は、電池の集電構造に関するもので、内部抵抗によるエネルギー損失を最小限に抑え、電極に充填された電極活物質を有効に利用し、電池のエネルギー密度を向上させるとともに、電極反応を均一化させることで過充電や過放電を抑制させるものである。
【０００２】
【従来の技術】近年における携帯用電子機器の小型、薄型化にともない、機器の電源として用いられる電池、特に繰り返し充放電可能な二次電池に対して、小型、薄型化および性能向上が求められてきている。なかでも、電子機器をより長時間駆動することができ、軽量で持ち運びが容易でかつ高容量な電池としてリチウムイオン二次電池が注目されている。そこで、本発明ではリチウムイオン電池を例として説明する。
【０００３】負極、セパレータ、正極からなる電極体の構造は、ボビン型、積層型、渦巻き型が知られているが、パソコンや携帯電話等の一般の携帯機器には高パルス放電が必要であり、一般に渦巻き型の電極体構造が用いられる。
【０００４】特に、巻き型の電極体構造の場合、集電端子構造は、正極及び負極の各電極端部から電流を取り出す構造になっている。負極集電端子は、銅またはニッケル等の細長く、箔状の金属を電極箔に溶接または圧着されており、一方、正極集電端子は主にアルミニウムでできているのが一般的である。
【０００５】
【発明が解決しようとする課題】リチウムイオン二次電池は現在小型携帯機器の電源として使用されることが多いが、今後電力消費量の大きい電子機器電源への対応、さらには大容量が要求される電気自動車用電源としても期待されており、高出力、高容量の電池開発が進むものと考えられる。
【０００６】こういった用途においては、単電池（負極、セパレータ、正極からなる最小単位の電池体を単電池という）を複数、直列または並列に組み合わせて使用されることが一般的であるが、最小単位の電池体の出力や容量も従来の電池と比較して大きくすることが必要となるため、長尺の電極（負極及び正極）を用いることになり、従って電流値も相対的に大きくなる。
【０００７】このとき、集電端子を電極端部の一カ所に取り付ける従来の構造では、エネルギー密度が大きく、出力密度の大きい電池を充電させたり放電させるときに、集電端子の抵抗と集電端子と電極との接触抵抗などが無視できなくなり、充放電効率の低下、放電電圧の低下等の原因になる。また、電極が長いため、電極の集電端子に近い部分は働きやすく、一方、電極の集電端子から遠い部分は働きにくい状態になり、電極の長さ方向に電流分布が発生するので電極面内で部分的に過充電、過放電になり、これら電流の集中が原因で局所的に温度が上昇してしまうという問題があった。
【０００８】本発明は、上記のような問題を解決するもので、電極反応によって生じる電流を分散して集電し、また、電極反応分布の均一化を図ることによってエネルギーロスの低減と過充電および過放電を抑制することを目的とする。
【０００９】
【課題を解決するための手段】本発明に係る第１の電池は、正極集電体と正極活物質層からなる正極及び負極集電体と負極活物質層からなる負極の各電極間にセパレータを有する電池体と、この電池体を密閉し、収納するシール部を有する電池容器とを備えた電池であって、上記各電極に複数の正極集電端子と負極集電端子が各電極の長さ方向に対して複数設置され、かつ、上記正極集電端子と負極集電端子の位置が重ならずに配置されているものである。
【００１０】本発明に係る第２の電池は、上記第１の電池において、複数の正極集電端子及び負極集電端子それぞれが、電池容器のシール部から電池容器外に出ているものである。
【００１１】本発明に係る第３の電池は、上記第２の電池において、正極集電端子と負極集電端子とが、電池容器の反対側から電池容器外に出ているものである。
【００１２】本発明に係る第４の電池は、上記第２の電池において、正極集電端子と負極集電端子それぞれが、電池容器の反対側から電池容器外に出ているものであ

る。

【００１３】本発明に係る第５の電池は、上記第１ないし４のいずれかに記載の電池において、セパレータと正極またはセパレータと負極の少なくとも一カ所をイオン導電性接着層で接着したものである。

【００１４】

【発明の実施の形態】以下に、図１～図７に従ってこの発明の実施の形態を、リチウムイオン二次電池を例として、詳細に説明する。

実施の形態１．

（正極の作製）ＬｉＣｏＯからなる正極活物質９１重量部と、導電材としての人造黒鉛６重量部と、結着材としてのポリフッ化ビニリデン（以下、ＰＶＤＦと略す）３重量部をＮ－メチルピロリドン（以下、ＮＭＰと略す）に分散することにより調整した正極活物質ペーストを、厚み２０μｍのアルミ箔からなる正極集電体上にドクターブレード法により塗布・乾燥（以下、塗工という）して正極活物質膜を形成した。更に、正極集電体の裏面にもドクターブレード法により正極活物質ペーストを塗工して、正極集電体の両面に正極活物質膜を形成した後、プレスして厚さ２００μｍの正極（電極）を作製した。アルミ箔各面の正極活物質膜厚さは９０μｍとした。

【００１５】上記作製した正極を１２９ｍｍ×３００ｍｍの寸法に切断し、集電端子を溶接するための未塗工部を電極の長手方向の端部から１００ｍｍの位置に２カ所設けた。この未塗工部の長さは１２９ｍｍ、幅は５ｍｍとした。未塗工部のアルミ箔には、リードとして機能する、厚み０．１ｍｍ，幅３ｍｍのアルミ箔からなる集電端子を超音波溶接により取り付けた。なお、集電端子の設置位置を活物質未塗工部にせず、直接取り付けてもよい。また正極集電体は箔に限らずメッシュでもかまわない。

【００１６】（負極の作成）メソフェーズカーボンマイクロビーズからなる負極活物質９０重量部と、ＰＶＤＦ１０重量部とをＮＭＰに分散することにより調整した負極活物質ペーストを、厚み１２μｍの銅箔からなる負極集電体上にドクターブレード法によりパターン塗工して負極活物質塗工部と未塗工部を持つ負極活物質膜を形成した。更に、負極集電体の裏面にも負極活物質ペーストをパターン塗工して負極活物質塗工部と未塗工部を持つ負極活物質膜を形成した後、プレスして負極を作製した。負極集電体各面の負極活物質膜厚は９０μｍとした。

【００１７】上記作製した負極（電極）を１３０ｍｍ×３８０ｍｍの寸法に切断した。銅箔の未塗工部分は長手方向の端部に設け、長さ１３０ｍｍ、幅５ｍｍとし、さらに端部から１００ｍｍの位置と２００ｍｍの位置にも設け、長さ１３０ｍｍ、幅５ｍｍとしてある。未塗工部分に，厚み０．１ｍｍ、幅３ｍｍの銅からなる集電端子を超音波溶接により取り付けた。取り付け方法は集電箔と集電端子をかしめてもよく、集電端子は銅に限らずニッケル等の導電性金属でもよい。また、負極集電端子の設置位置は活物質未塗工部分でなくてもよい。

【００１８】図１は、この実施の形態における集電端子の配置を示す図であり、上記電極とセパレータを用いて作製した電池体の展開図として示している。セパレータ４として、２５μｍの多孔性ポリプロピレンシート（ヘキスト社製、商品名セルガード）を使用した。正極集電端子３を正極集電体２上の正極活物質層１が塗工されていない部分に超音波溶接にて取り付けてある。取り付け位置は２ヶ所で、正極（正極活物質層１と正極集電箔２）長手方向の３等分の位置である。セパレータ４を介して，負極側は負極集電端子７を負極集電体６の負極活物質層５が塗工されていない部分に超音波溶接にて取り付けてある。取り付け位置は３ヶ所で、負極（負極活物質層５と正極集電箔６）の両端と負極中央である。正極、負極及びセパレータ４を重ねあわせて巻いた後、２本の正極集電端子３を先端で溶接して一本にまとめ、同様に３本の負極集電端子７を先端で溶接して一本にまとめて電池体を形成し、この電池体を電池容器に収納し、電解液を注入した後、電池容器をシールし、密閉する。なお、集電端子は上記本数に限らず，正極端子と負極端子を互い違いに配置することが本発明の特徴である。

【００１９】図２は、正極集電端子、負極集電端子を各１本ずつ電極に取り付けた場合の例で、比較例として示すものである。この比較例の場合、電極反応により生じた電流は集電体を流れて一本の集電端子に集中する。集電端子から最も遠い電極部分で生じた電流は，集電体の長さ方向（図２では横方向）の端から端まで流れる必要がある。電極の長さに較べて全体の電流値が大きい場合には、集電体の抵抗による電圧ドロップが無視できなくなり、電極中の電流分布が生じ、集電端子近くにある電極での電極反応が相対的に大きくなる。

【００２０】図３は、実施の形態１における電極反応分布の計算結果を示す図であり、集電端子を正極、負極それぞれに複数配置した電池において、放電を開始してから１０分後における電極反応分布を示すものである。以下に計算条件を記述する。正極電極サイズは縦１３０ｍｍ、横３００ｍｍとし、電極箔の両面に塗工してあるとして電極幾何面積を７８０ｃｍ^{2}とした。なお、負極は計算の都合上同一面積とした。電流は２０００ｍＡ通電を想定し、３本の負極集電端子の先端と２本の正極集電端子の先端をそれぞれ通電する起点として正極集電端子の先端から負極集電端子の先端へ電流が流れるとして、電極反応抵抗と溶液抵抗は電極面内一定条件として計算を行った。以上の条件によって計算した結果を図３に示す。図３のＡは反応電流密度が最も低い部分であり、２．４８ｍＡ/ｃｍ^{2}の領域である。またＢは反応電流密度が最も高い部分であり、２．６４ｍＡ/ｃｍ^{2}の領域で

あり、最大と最小は平均の反応電流密度２．５６ｍＡ/ｃｍ^{2}に対して±３％の反応電流密度分布しかつかないことがわかる。

【００２１】一方、図４は、図２に示した比較例における電極反応分布の計算結果を示す図である。図中Ａは反応電流密度が最も低い２．１８ｍＡ/ｃｍ^{2}の領域であり、Ｂは反応電流密度が最も高い２．９４ｍＡ/ｃｍ^{2}の領域である。この図から、最大と最小は平均の反応電流密度に対して±１５％の反応電流密度分布が生じ、特に集電端子近傍に電極反応が集中することがわかる。

【００２２】このように、電極反応が集電端子近傍の電極に集中すると、電極反応に伴う発熱により局所的に温度が上昇し、電池の熱暴走が起こる危険が高まる。熱暴走は通常の充放電では起こらないが、不用意に端子を短絡させたり、規格以上の大電流を電池に加えると起こる可能性が高くなる。

【００２３】図５は、この実施の形態１と比較例の放電曲線を示す図である。試験条件は以下の通りである。試験温度は摂氏２５度で，１Ｃレート（１時間で放電が完了する電流値）で３時間、上限電圧４．１Ｖの定電流/定電圧で１０分間充電し、休止した後、１Ｃレートで電池電圧３Ｖまで放電させた。複数の集電端子を各電極に設置したこの実施の形態は、比較例に較べて放電電圧は高く、放電時間も長くなり、反応電流密度分布の均一化が電池放電特性を向上させることがわかる。

【００２４】実施の形態２．図６は、実施の形態２に係わる電池の平面図で，正極集電端子及び負極集電端子のそれぞれを、シール部９を介して２カ所ずつから電池容器外へ出した構造になっている。このような集電端子の構造にすることによって，複数の集電端子を電池容器外部で溶接することができるので、電池容器内部で複数の集電端子を溶接したときの溶接部が占めていた空間を有効に利用し、電池容器の隅際まで有効な電極で満たすことができ、体積エネルギー密度が向上すると同時に電極を巻き型に成型する段階で溶接工程が無くなるという利点がある。また、図７の平面図に示すように、正極集電端子及び負極集電端子のそれぞれを、シール部９を介して２カ所ずつから電池容器外へ出した構造とすることによって、正極集電端子同士及び負極集電端子同士の溶接が不要となる。

【００２５】実施の形態３．図８は、実施の形態３に係＊わる電池の平面図で、正極集電端子と負極集電端子とをシール部９を介して電池容器の反対方向から外へ出した構造になっている。このような集電端子の構造にすることによって、電極反応分布はさらに平坦化し、局所的な反応電流密度の集中を低減することができる。また、各集電端子間が比較的離れているため不用意な取り扱いによる短絡を起こしにくくでき、電池製造時や出荷前の初期特性評価時におけるハンドリングを容易にすることができる。

【００２６】実施の形態４．この実施の形態４は、接着型電池に関するものである。上記実施の形態１で作製した負極を２枚のセパレータの片面ずつに接着剤を塗布する。その後、接着剤が乾燥する前に負極の両面に密着させ、貼り合わせた後、乾燥することでセパレータ付き負極を形成する。接着剤としては、ＰＶＤＦを７重量部溶解させ、酸化アルミニウム粉末９重量部を分散させたＮＭＰ溶液を用いる。この接着剤で接着した場合には、電解液を注液した時に電解液を保持したイオン伝導性を有する接着層を形成する。セパレータとして２５μｍの多孔性ポリプロピレンシートを使用する。接着剤は、ＰＶＤＦの他に、例えばポリビニルアルコールや、ポリビニルブチラート、ポリメタクリル酸メチル等の高分子でもよい。また、酸化アルミニウム粉末は接着層が多孔体になり易いように添加しており、黒鉛やシリカゲル等の微粉体であればよいし、添加しなくてもよい。溶剤もＮＭＰに限らない。また濃度も５重量部に限らない。

【００２７】上記２枚のセパレータ付き負極のセパレータ面間に、上記実施の形態１で作製した正極を挟み、巻き上げ電池体を形成し、この電池体を電池容器に収納し、電解液を注入した後，電池容器をシールし、密閉する。

【００２８】表１は上記実施の形態４および比較例に示した電池を環境温度摂氏５３度で４．１５Ｖ、４．２５Ｖ、４．３５Ｖまで充電した後、電池の中心部分に直径２.５ｍｍの鉄釘を刺した結果である。実施の形態４ではいずれの条件でも異常はなく、集電端子構造と電極とセパレータを接着することによって過放電による発熱、発火等を抑制できることがわかる。

【００２９】

【表１】

	4.15V充電後	4.25V充電後	4.35V充電後
実施の形態４	異常無し	異常無し	異常無し
比較例	発煙	発煙	発火・発煙

【００３０】なお、この実施の形態４では負極とセパレータとを接着する構造を示したが，正極とセパレータとを接着してもよく、また正極及び負極両方を接着しても同様の効果が得られる。さらに、セパレータと電極の全面を接着する必要はなく，少なくとも１ヶ所接着されていればよい。

【００３１】

【発明の効果】以上のように、本発明に係る第１の電池によれば、正極集電体と正極活物質層からなる正極及び負極集電体と負極活物質層からなる負極の各電極間にセパレータを有する電池体と、この電池体を密閉し、収納するシール部を有する電池容器とを備えた電池であって、上記各電極に複数の正極集電端子と負極集電端子が各電極の長さ方向に対して複数設置され，かつ、上記正極集電端子と負極集電端子の位置が重ならずに配置されているので、放電電圧を高くし、放電時間も長くなり、反応電流密度分布が均一化され電池放電特性を向上させる効果がある。

【００３２】本発明に係る第２の電池によれば、複数の正極集電端子及び負極集電端子それぞれが、電池容器のシール部から電池容器外に出ているので、複数の集電端子を電池容器外部で溶接することができるので、電池容器内部で複数の集電端子を溶接したときの溶接部が占めていた空間を有効に利用し、電池容器の間際まで有効な電極で満たすことができ、体積エネルギー密度が向上すると同時に電極を巻き型に成型する段階で溶接工程が無くなるという効果がある。

【００３３】本発明に係る第３の電池によれば、正極集電端子と負極集電端子とが、電池容器の反対側から電池容器外に出ているので、正極集電端子同士及び負極集電端子同士の溶接が不要となる。

【００３４】本発明に係る第４の電池によれば、正極集電端子と負極集電端子それぞれが、電池容器の反対側から電池容器外に出ているので、電極反応分布はさらに平坦化し、局所的な反応電流密度の集中を低減することが＊できる。また、各集電端子間が比較的離れているため不用意な取り扱いによる短絡を起こしにくくでき、電池製造時や出荷前の初期特性評価時におけるハンドリングを容易にすることができる効果がある。

【００３５】本発明に係る第５の電池によれば、セパレータと正極またはセパレータと負極の少なくとも一カ所をイオン導電性接着層で接着した過放電による発熱、発火等を抑制できる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図１】　実施の形態１における集電端子の配置図である。

【図２】　比較例の集電端子の配置図である。

【図３】　実施の形態１における電極反応分布の計算結果を示す図である。

【図４】　比較例における電極反応分布の計算結果を示す図である。

【図５】　実施の形態１と比較例の電池における放電曲線を示す図である。

【図６】　実施の形態２に係わる第１の電池の平面図である。

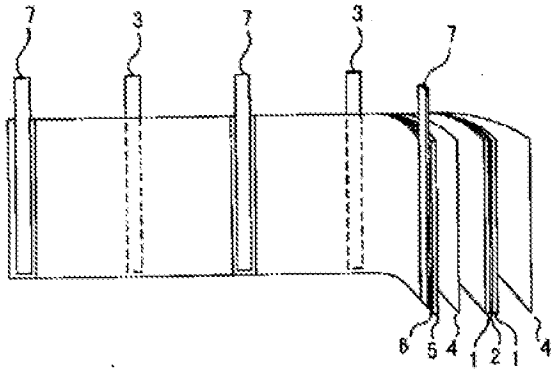
【図７】　実施の形態２に係わる第２の電池の平面図である。

【図８】　実施の形態３に係わる電池の平面図である。

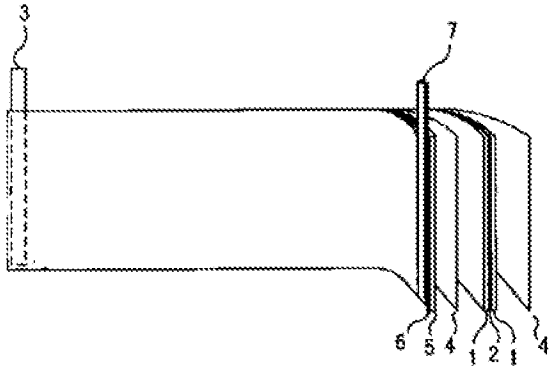
【符号の説明】

１　正極活物質層、２　正極集電体、３　正極集電端子、４　セパレーター、５　負極活物質層、６　負極集電体、７　負極集電端子、８　電池容器、９　シール部、Ａ、Ａ’　低反応電流密度領域、Ｂ、Ｂ’　高反応電流密度領域、

【図１】

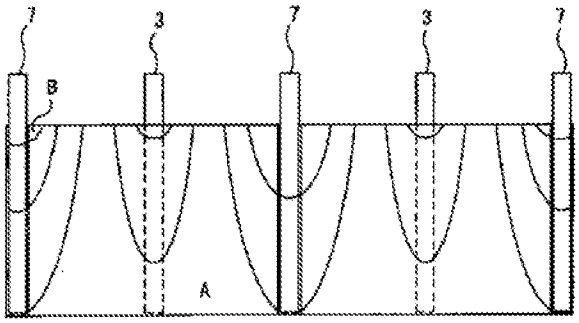


【図２】

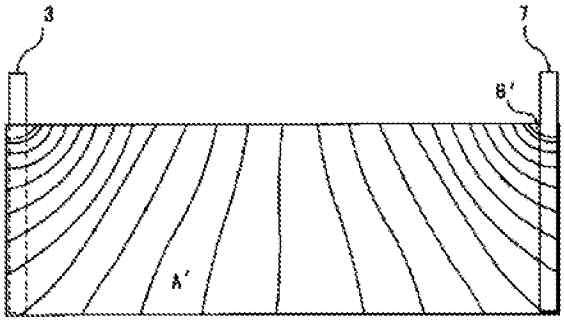


1：正極活物質層　　5：負極活物質層
2：正極集電体　　6：負極集電体
3：正極集電端子　　7：負極集電端子
4：セパレータ

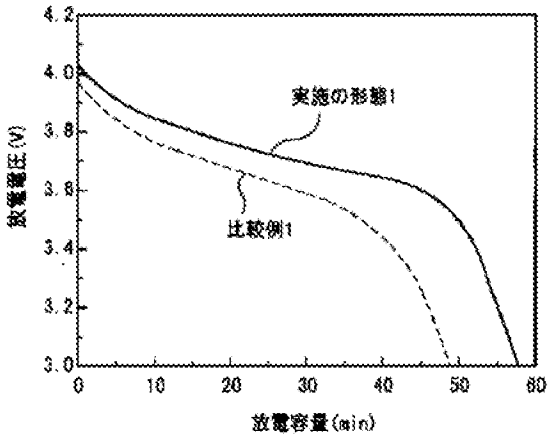
【図３】



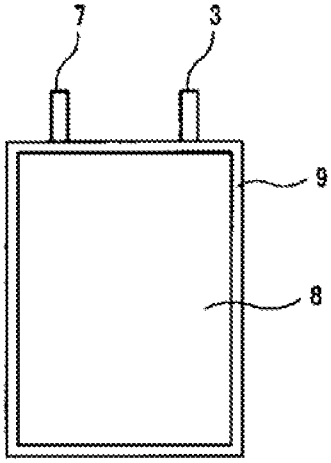
【図４】



【図５】

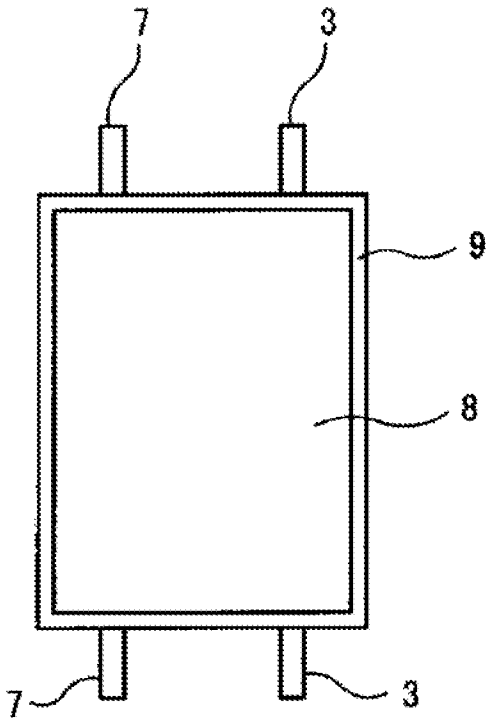


【図６】

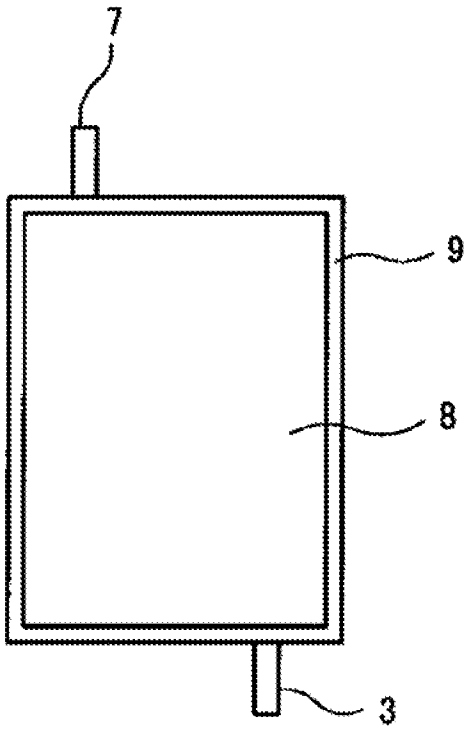


8：電池容器
9：シール部

【図７】



【図８】



フロントページの続き

(72)発明者　塩田　久
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号　三菱電機株式会社内
(72)発明者　荒金　淳
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号　三菱電機株式会社内
(72)発明者　吉瀬　万希子
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号　三菱電機株式会社内
(72)発明者　相原　茂
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号　三菱電機株式会社内
(72)発明者　竹村　大蓉
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号　三菱電機株式会社内
(72)発明者　畝村　隆
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号　三菱電機株式会社内
(72)発明者　尾崎　博規
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号　三菱電機株式会社内
(72)発明者　市村　英男
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号　三菱電機株式会社内
(72)発明者　川口　憲治
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号　三菱電機株式会社内
(72)発明者　森安　雅治
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号　三菱電機株式会社内
(72)発明者　中田口　真治
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号　三菱電機株式会社内

Ｆターム(参考)　5H022 AA09 BB12 CC08 CC12 CC20 CC22
5H029 AJ02 AJ03 AK03 AL08 CJ05 DJ05 EJ01

Notice of References Cited	Application/Control No. 17/699,555	Applicant(s)/Patent Under Reexamination Liu, Xiaojing	
	Examiner MONIQUE M WILLS	Art Unit 1722	Page 1 of 1

U.S. PATENT DOCUMENTS

*		Document Number Country Code-Number-Kind Code	Date YYYY-MM-DD	Name	CPC Classification	US Classification
	A					
	B					
	C					
	D					
	E					
	F					
	G					
	H					
	I					
	J					
	K					
	L					
	M					

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

*		Document Number Country Code-Number-Kind Code	Date YYYY-MM-DD	Country	Name	CPC Classification
	N	JP-2016122628-A	2016-07-07	JP	TAKANO Y	Y02E 60/10
	O					
	P					
	Q					
	R					
	S					
	T					

NON-PATENT DOCUMENTS

*		Include as applicable: Author, Title Date, Publisher, Edition or Volume, Pertinent Pages)
	U	Takano, WOUND ELEMENT FOR NONAQUEOUS ELECTROLYTE SECONDARY BATTERY, AND NONAQUEOUS ELECTROLYTE SECONDARY BATTERY, 07-2016, See the Abstract. (Year: 2016)
	V	
	W	
	X	

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

Search Notes	Application/Control No.	Applicant(s)/Patent Under Reexamination
	17/699,555	Liu, Xiaojing
	Examiner	Art Unit
	MONIQUE M WILLS	1722

CPC - Searched*		
Symbol	**Date**	**Examiner**
H01M 4/386	09/20/2024	/MW/
H01M 2004/027	09/20/2024	/MW/
H01M 10/0587	09/20/2024	/MW/
Y02E 60/10	09/20/2024	/MW/

CPC Combination Sets - Searched*		
Symbol	**Date**	**Examiner**

US Classification - Searched*			
Class	**Subclass**	**Date**	**Examiner**

* See search history printout included with this form or the SEARCH NOTES box below to determine the scope of the search.

Search Notes		
Search Notes	**Date**	**Examiner**
DAV	09/20/2024	/MW/
INVENTOR SEARCH ON DAV	09/20/2024	/MW/

Interference Search			
US Class/CPC Symbol	**US Subclass/CPC Group**	**Date**	**Examiner**

/MONIQUE M WILLS/ Examiner, Art Unit 1722	

Doc code: IDS
Doc description: Information Disclosure Statement (IDS) Filed

PTO/SB/08a (01-22)
Approved for use through 05/31/2024. OMB 0651-0031
U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE
Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT

(Not for submission under 37 CFR 1.99)

Application Number	17699555
Filing Date	2022-03-21
First Named Inventor	Xiaojing Liu
Art Unit	
Examiner Name	
Attorney Docket Number	U 020968-8

U.S.PATENTS Remove

Examiner Initial*	Cite No	Patent Number	Kind Code[1]	Issue Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	1					

If you wish to add additional U.S. Patent citation information please click the Add button. Add

U.S.PATENT APPLICATION PUBLICATIONS Remove

Examiner Initial*	Cite No	Publication Number	Kind Code[1]	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	1	20190207212	A1	2019-07-04	Caicai LI	claims 1-20, figs 1-7
	2	20190044124	A1	2019-02-07	K. Kawate	
	3	20180026298	A1	2018-01-25	K. Hasegawa et al.	

If you wish to add additional U.S. Published Application citation information please click the Add button. Add

FOREIGN PATENT DOCUMENTS Remove

Examiner Initial*	Cite No	Foreign Document Number[3]	Country Code[2] i	Kind Code[4]	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear	T[5]
	1	2000077055	JP	A	2000-03-14	NGK Insulators Ltd		☒

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /M.M.W/

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)		
	Application Number	17699555
	Filing Date	2022-03-21
	First Named Inventor	Xiaojing Liu
	Art Unit	
	Examiner Name	
	Attorney Docket Number	U 020968-8

	2	2016018654	JP	A	2016-02-01	Hitachi Ltd		☒
	3	2006032052	JP	A	2006-02-02	Sony Corp		☒
	4	2012084412	JP	A	2012-04-26	Panasonic Corp		☒
	5	2014225326	JP	A	2014-12-04	Panasonic Corp		☒
	6	2000106167	JP	A	2000-04-11	Mitsubishi Electric Corp		☒
	7	2019046592	JP	A	2019-03-22	GS Yuasa Corp		☒
	8	111029527	CN	A	2020-04-17	Ningde Amperex Technology Ltd		☒
	9	2017059402	JP	A	2017-03-23	Toppan Inc		☒

If you wish to add additional Foreign Patent Document citation information please click the Add button Add

NON-PATENT LITERATURE DOCUMENTS Remove

Examiner Initials*	Cite No	Include name of the author (in CAPITAL LETTERS), title of the article (when appropriate), title of the item (book, magazine, journal, serial, symposium, catalog, etc), date, pages(s), volume-issue number(s), publisher, city and/or country where published.	T[5]
	1	Extended European Search Report for EP Application No. 20933746.8, dated July 4, 2023	☐

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /M.M.W/

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)		
	Application Number	17699555
	Filing Date	2022-03-21
	First Named Inventor	Xiaojing Liu
	Art Unit	
	Examiner Name	
	Attorney Docket Number	U 020968-8

	2	First Office Action of CA application No. 3,164,572, dated July 25, 2023	☐
	3	First Office Action of JP application No. 2022543155, dated Sept. 5, 2023	☒
	4	First Office Action of IN application No. 202227044389, dated December 12, 2022	☒
	5	Supplementary Search Report for CN Application No. 202010349336.4, dated March 30, 2023	☐

If you wish to add additional non-patent literature document citation information please click the Add button Add

EXAMINER SIGNATURE

Examiner Signature	/MONIQUE M WILLS/	Date Considered	09/20/2024

*EXAMINER: Initial if reference considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609. Draw line through a citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant.

[1] See Kind Codes of USPTO Patent Documents at www.USPTO.GOV or MPEP 901.04. [2] Enter office that issued the document, by the two-letter code (WIPO Standard ST.3). [3] For Japanese patent documents, the indication of the year of the reign of the Emperor must precede the serial number of the patent document. [4] Kind of document by the appropriate symbols as indicated on the document under WIPO Standard ST.16 if possible. [5] Applicant is to place a check mark here if English language translation is attached.

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /M.M.W/

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT

(**Not for submission under 37 CFR 1.99)**

Application Number	17699555
Filing Date	2022-03-21
First Named Inventor	Xiaojing Liu
Art Unit	
Examiner Name	
Attorney Docket Number	U 020968-8

CERTIFICATION STATEMENT

Please see 37 CFR 1.97 and 1.98 to make the appropriate selection(s):

☐ That each item of information contained in the information disclosure statement was first cited in any communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application not more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(1).

OR

☐ That no item of information contained in the information disclosure statement was cited in a communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application, and, to the knowledge of the person signing the certification after making reasonable inquiry, no item of information contained in the information disclosure statement was known to any individual designated in 37 CFR 1.56(c) more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(2).

☐ See attached certification statement.

☐ The fee set forth in 37 CFR 1.17 (p) has been submitted herewith.

☒ A certification statement is not submitted herewith.

SIGNATURE

A signature of the applicant or representative is required in accordance with CFR 1.33, 10.18. Please see CFR 1.4(d) for the form of the signature.

Signature	/Shiming Wu/	Date (YYYY-MM-DD)	2023-09-18
Name/Print	Shiming Wu	Registration Number	56885

This collection of information is required by 37 CFR 1.97 and 1.98. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 1 hour to complete, including gathering, preparing and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. **SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.**

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /M.M.W/

Privacy Act Statement

The Privacy Act of 1974 (P.L. 93-579) requires that you be given certain information in connection with your submission of the attached form related to a patent application or patent. Accordingly, pursuant to the requirements of the Act, please be advised that: (1) the general authority for the collection of this information is 35 U.S.C. 2(b)(2); (2) furnishing of the information solicited is voluntary; and (3) the principal purpose for which the information is used by the U.S. Patent and Trademark Office is to process and/or examine your submission related to a patent application or patent. If you do not furnish the requested information, the U.S. Patent and Trademark Office may not be able to process and/or examine your submission, which may result in termination of proceedings or abandonment of the application or expiration of the patent.

The information provided by you in this form will be subject to the following routine uses:

1. The information on this form will be treated confidentially to the extent allowed under the Freedom of Information Act (5 U.S.C. 552) and the Privacy Act (5 U.S.C. 552a). Records from this system of records may be disclosed to the Department of Justice to determine whether the Freedom of Information Act requires disclosure of these record s.

2. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, in the course of presenting evidence to a court, magistrate, or administrative tribunal, including disclosures to opposing counsel in the course of settlement negotiations.

3. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Member of Congress submitting a request involving an individual, to whom the record pertains, when the individual has requested assistance from the Member with respect to the subject matter of the record.

4. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a contractor of the Agency having need for the information in order to perform a contract. Recipients of information shall be required to comply with the requirements of the Privacy Act of 1974, as amended, pursuant to 5 U.S.C. 552a(m).

5. A record related to an International Application filed under the Patent Cooperation Treaty in this system of records may be disclosed, as a routine use, to the International Bureau of the World Intellectual Property Organization, pursuant to the Patent Cooperation Treaty.

6. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to another federal agency for purposes of National Security review (35 U.S.C. 181) and for review pursuant to the Atomic Energy Act (42 U.S.C. 218(c)).

7. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the Administrator, General Services, or his/her designee, during an inspection of records conducted by GSA as part of that agency's responsibility to recommend improvements in records management practices and programs, under authority of 44 U.S.C. 2904 and 2906. Such disclosure shall be made in accordance with the GSA regulations governing inspection of records for this purpose, and any other relevant (i.e., GSA or Commerce) directive. Such disclosure shall not be used to make determinations about individuals.

8. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the public after either publication of the application pursuant to 35 U.S.C. 122(b) or issuance of a patent pursuant to 35 U.S.C. 151. Further, a record may be disclosed, subject to the limitations of 37 CFR 1.14, as a routine use, to the public if the record was filed in an application which became abandoned or in which the proceedings were terminated and which application is referenced by either a published application, an application open to public inspections or an issued patent.

9. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Federal, State, or local law enforcement agency, if the USPTO becomes aware of a violation or potential violation of law or regulation.

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /M.M.W/

Doc code: IDS
Doc description: Information Disclosure Statement (IDS) Filed

PTO/SB/08a (01-22)
Approved for use through 05/31/2024. OMB 0651-0031
U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE
Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it contains a valid OMB control number.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)		
	Application Number	
	Filing Date	
	First Named Inventor	Xiaojing Liu
	Art Unit	
	Examiner Name	
	Attorney Docket Number	U 020968-8

U.S.PATENTS

Examiner Initial*	Cite No	Patent Number	Kind Code[1]	Issue Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	1					

If you wish to add additional U.S. Patent citation information please click the Add button.

U.S.PATENT APPLICATION PUBLICATIONS

Examiner Initial*	Cite No	Publication Number	Kind Code[1]	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	1					

If you wish to add additional U.S. Published Application citation information please click the Add button.

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

Examiner Initial*	Cite No	Foreign Document Number[3]	Country Code[2] i	Kind Code[4]	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear	T[5]
	1	204809314	CN	U	2015-11-25	Contemporary Amperex Technology Co Ltd	para 4-98, figs 1-10	☒
	2	205828514	CN	U	2016-12-21	Ningde Amperex Technology Ltd		☒
	3	205828573	CN	U	2016-12-21	Ningde Amperex Technology Ltd		☒

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /M.M.W/

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)		
	Application Number	
	Filing Date	
	First Named Inventor	Xiaojing Liu
	Art Unit	
	Examiner Name	
	Attorney Docket Number	U 020968-8

	4	207459051	CN	U	2018-06-05	Dongguan Poly New Energy Co Ltd	para 2-14, fig 1	☒
	5	110753674	CN	A	2020-02-04	Nexeon Ltd	para 16-166	☒
	6	207303263	CN	U	2018-05-01	Shenzhen Greende Energy Group Co., Ltd.	para 4-19	☒
	7	105336984	CN	A	2016-02-17	Ningde Amperex Technology Ltd		☒
	8	207602716	CN	U	2018-07-10	Shanghai BYD Co Ltd		☒
	9	110459730	CN	A	2019-11-15	Zhangzhou Huarui Lithium New Energy Technology Co		☒
	10	107834014	CN	A	2018-03-23	Dongguan Mcnair Resinst Of Lithiumion Battery Indu		☒
	11	1949580	CN	A	2007-04-18	Tianjin Zhongdian New Energy Research Institute Co	claims 1-6, p. 3, line 1 to p. 7, line 12, fig 1	☒

If you wish to add additional Foreign Patent Document citation information please click the Add button

NON-PATENT LITERATURE DOCUMENTS

Examiner Initials*	Cite No	Include name of the author (in CAPITAL LETTERS), title of the article (when appropriate), title of the item (book, magazine, journal, serial, symposium, catalog, etc), date, pages(s), volume-issue number(s), publisher, city and/or country where published.	T5
	1	ISR for International Application PCT/CN2020/087515 issued 03 FEBRUARY 2021	☒

EFS Web 2.1.18

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /M.M.W/

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)		
	Application Number	
	Filing Date	
	First Named Inventor	Xiaojing Liu
	Art Unit	
	Examiner Name	
	Attorney Docket Number	U 020968-8

	2	Chinese First OA for counterpart application 202010349336.4 dated January 8, 2021	☐
	3	Chinese SECOND OA for counterpart application 202010349336.4 dated November 17, 2021	☐

If you wish to add additional non-patent literature document citation information please click the Add button

EXAMINER SIGNATURE

Examiner Signature	/MONIQUE M WILLS/	Date Considered	09/20/2024

*EXAMINER: Initial if reference considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609. Draw line through a citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant.

[1] See Kind Codes of USPTO Patent Documents at www.USPTO.GOV or MPEP 901.04. [2] Enter office that issued the document, by the two-letter code (WIPO Standard ST.3). [3] For Japanese patent documents, the indication of the year of the reign of the Emperor must precede the serial number of the patent document. [4] Kind of document by the appropriate symbols as indicated on the document under WIPO Standard ST.16 if possible. [5] Applicant is to place a check mark here if English language translation is attached.

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /M.M.W/

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (**Not for submission under 37 CFR 1.99**)	Application Number	
	Filing Date	
	First Named Inventor	Xiaojing Liu
	Art Unit	
	Examiner Name	
	Attorney Docket Number	U 020968-8

CERTIFICATION STATEMENT

Please see 37 CFR 1.97 and 1.98 to make the appropriate selection(s):

☐ That each item of information contained in the information disclosure statement was first cited in any communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application not more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(1).

OR

☐ That no item of information contained in the information disclosure statement was cited in a communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application, and, to the knowledge of the person signing the certification after making reasonable inquiry, no item of information contained in the information disclosure statement was known to any individual designated in 37 CFR 1.56(c) more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(2).

☐ See attached certification statement.

☐ The fee set forth in 37 CFR 1.17 (p) has been submitted herewith.

☒ A certification statement is not submitted herewith.

SIGNATURE

A signature of the applicant or representative is required in accordance with CFR 1.33, 10.18. Please see CFR 1.4(d) for the form of the signature.

Signature	/Shiming Wu/	Date (YYYY-MM-DD)	2022-03-21
Name/Print	Shiming Wu	Registration Number	56885

This collection of information is required by 37 CFR 1.97 and 1.98. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 1 hour to complete, including gathering, preparing and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. **SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.**

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /M.M.W/

Privacy Act Statement

The Privacy Act of 1974 (P.L. 93-579) requires that you be given certain information in connection with your submission of the attached form related to a patent application or patent. Accordingly, pursuant to the requirements of the Act, please be advised that: (1) the general authority for the collection of this information is 35 U.S.C. 2(b)(2); (2) furnishing of the information solicited is voluntary; and (3) the principal purpose for which the information is used by the U.S. Patent and Trademark Office is to process and/or examine your submission related to a patent application or patent. If you do not furnish the requested information, the U.S. Patent and Trademark Office may not be able to process and/or examine your submission, which may result in termination of proceedings or abandonment of the application or expiration of the patent.

The information provided by you in this form will be subject to the following routine uses:

1. The information on this form will be treated confidentially to the extent allowed under the Freedom of Information Act (5 U.S.C. 552) and the Privacy Act (5 U.S.C. 552a). Records from this system of records may be disclosed to the Department of Justice to determine whether the Freedom of Information Act requires disclosure of these record s.

2. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, in the course of presenting evidence to a court, magistrate, or administrative tribunal, including disclosures to opposing counsel in the course of settlement negotiations.

3. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Member of Congress submitting a request involving an individual, to whom the record pertains, when the individual has requested assistance from the Member with respect to the subject matter of the record.

4. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a contractor of the Agency having need for the information in order to perform a contract. Recipients of information shall be required to comply with the requirements of the Privacy Act of 1974, as amended, pursuant to 5 U.S.C. 552a(m).

5. A record related to an International Application filed under the Patent Cooperation Treaty in this system of records may be disclosed, as a routine use, to the International Bureau of the World Intellectual Property Organization, pursuant to the Patent Cooperation Treaty.

6. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to another federal agency for purposes of National Security review (35 U.S.C. 181) and for review pursuant to the Atomic Energy Act (42 U.S.C. 218(c)).

7. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the Administrator, General Services, or his/her designee, during an inspection of records conducted by GSA as part of that agency's responsibility to recommend improvements in records management practices and programs, under authority of 44 U.S.C. 2904 and 2906. Such disclosure shall be made in accordance with the GSA regulations governing inspection of records for this purpose, and any other relevant (i.e., GSA or Commerce) directive. Such disclosure shall not be used to make determinations about individuals.

8. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the public after either publication of the application pursuant to 35 U.S.C. 122(b) or issuance of a patent pursuant to 35 U.S.C. 151. Further, a record may be disclosed, subject to the limitations of 37 CFR 1.14, as a routine use, to the public if the record was filed in an application which became abandoned or in which the proceedings were terminated and which application is referenced by either a published application, an application open to public inspections or an issued patent.

9. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Federal, State, or local law enforcement agency, if the USPTO becomes aware of a violation or potential violation of law or regulation.

ALL REFERENCES CONSIDERED EXCEPT WHERE LINED THROUGH. /M.M.W/

PE2E SEARCH - Search History (Prior Art)

Ref #	Hits	Search Query	DBs	Default Operator	Plurals	British Equivalents	Time Stamp
L1	297	"20190207212" OR "20190044124" OR "20180026298" OR "2000077055" OR "2016018654" OR "2012084412" OR "2014225326" OR "2000106167" OR "201904692" OR "111029527" OR "204809314" OR "205828514" OR "205828873" OR "207459081" OR "110753674" OR "207303263" OR "105336984" OR "207602716" OR "110459730" OR "107834014" OR "1949580"	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AU, AP, AT, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, OA, RU, SU, WO, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RS, SE, SG, SI, SK, TH, TN, TR, TW, UA, VN); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)	OR	ON	ON	2024/09/20 10:04 PM
L2	461486	((anode OR "negative electrode") SAME ("current collector"))	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AU, AP, AT, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, OA, RU, SU, WO, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RS, SE, SG, SI, SK, TH, TN, TR, TW, UA, VN); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)	OR	ON	ON	2024/09/20 11:14 PM
L3	46954	2 AND ((anode OR "negative electrode") SAME (length AND width))	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AU, AP, AT, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, OA, RU, SU, WO, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RS, SE, SG, SI, SK, TH, TN, TR, TW, UA, VN); FPRS; EPO; JPO; DERWENT;	OR	ON	ON	2024/09/20 11:15 PM

			IBM_TDB)				
L4	22994	3 AND (("current collector") SAME (length AND width))	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AU, AP, AT, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, OA, RU, SU, WO, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RS, SE, SG, SI, SK, TH, TN, TR, TW, UA, VN); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)	OR	ON	ON	2024/09/20 11:16 PM
L5	5146	4 AND ((distance OR space OR positon OR positining OR positioned) SAME (length AND width))	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AU, AP, AT, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, OA, RU, SU, WO, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RS, SE, SG, SI, SK, TH, TN, TR, TW, UA, VN); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)	OR	ON	ON	2024/09/20 11:17 PM
L6	1154	5 AND ((tab) SAME (length AND width))	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AU, AP, AT, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, OA, RU, SU, WO, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RS, SE, SG, SI, SK, TH, TN, TR, TW, UA, VN); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)	OR	ON	ON	2024/09/20 11:23 PM
L7	1154	6 AND ((tab) SAME (length))	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AU, AP, AT, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS,	OR	ON	ON	2024/09/20 11:23 PM

			IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, OA, RU, SU, WO, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RS, SE, SG, SI, SK, TH, TN, TR, TW, UA, VN); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)				
L8	76868	2 AND ((anode OR "negative electrode") SAME (length))	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AP, AT, AU, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, OA, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SE, SG, SI, SK, SU, TH, TN, TR, TW, UA, VN, WO); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)	OR	ON	ON	2024/09/20 11:36 PM
L9	39240	8 AND (("current collector") SAME (length))	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AP, AT, AU, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, OA, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SE, SG, SI, SK, SU, TH, TN, TR, TW, UA, VN, WO); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)	OR	ON	ON	2024/09/20 11:36 PM
L10	11699	9 AND ((distance OR space OR positon OR positining OR positioned) SAME (length))	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AP, AT, AU, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, OA, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SE, SG, SI, SK, SU, TH, TN, TR, TW, UA, VN, WO); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)	OR	ON	ON	2024/09/20 11:40 PM

L11	2978	10 AND ((tab) SAME (length))	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AP, AT, AU, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, OA, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SE, SG, SI, SK, SU, TH, TN, TR, TW, UA, VN, WO); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)	OR	ON	ON	2024/09/20 11:40 PM
L12	2857	11 AND ((anode OR "negative electrode") SAME (tab))	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AP, AT, AU, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, OA, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SE, SG, SI, SK, SU, TH, TN, TR, TW, UA, VN, WO); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)	OR	ON	ON	2024/09/20 11:40 PM
L13	1000	12 AND ((anode OR "negative electrode") SAME (silicon OR silica))	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AP, AT, AU, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, OA, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SE, SG, SI, SK, SU, TH, TN, TR, TW, UA, VN, WO); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)	OR	ON	ON	2024/09/20 11:41 PM
L14	891	13 AND ((anode OR "negative electrode") SAME (thick OR thickness))	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AP, AT, AU, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, MC, MD, MY, NL,	OR	ON	ON	2024/09/21 12:02 AM

			NO, NZ, OA, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SE, SG, SI, SK, SU, TH, TN, TR, TW, UA, VN, WO); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)				
L15	3290247	H01M$.cpc,ipc,ipcr.	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AP, AT, AU, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, OA, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SE, SG, SI, SK, SU, TH, TN, TR, TW, UA, VN, WO); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)	OR	ON	ON	2024/09/21 12:07 AM
L16	345542	15 AND ((anode OR "negative electrode") SAME ("current collector"))	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AP, AT, AU, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, OA, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SE, SG, SI, SK, SU, TH, TN, TR, TW, UA, VN, WO); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)	OR	ON	ON	2024/09/21 12:07 AM
L17	65874	"19" AND ((anode OR "negative electrode") SAME (length AND width))	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AP, AT, AU, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, OA, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SE, SG, SI, SK, SU, TH, TN, TR, TW, UA, VN, WO); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)	OR	ON	ON	2024/09/21 12:07 AM
L18	146481	16AND ((anode OR	(US-PGPUB; USPAT;	OR	ON	ON	2024/09/21

		"negative electrode") SAME (length AND width))	USOCR; FIT (AP, AT, AU, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, OA, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SE, SG, SI, SK, SU, TH, TN, TR, TW, UA, VN, WO); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)				12:07 AM
L19	32904	16 AND ((anode OR "negative electrode") SAME (length AND width))	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AP, AT, AU, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, OA, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SE, SG, SI, SK, SU, TH, TN, TR, TW, UA, VN, WO); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)	OR	ON	ON	2024/09/21 12:07 AM
L20	55864	16 AND ((anode OR "negative electrode") SAME (length))	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AP, AT, AU, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, OA, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SE, SG, SI, SK, SU, TH, TN, TR, TW, UA, VN, WO); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)	OR	ON	ON	2024/09/21 12:08 AM
L21	12014	17 AND (("current collector") SAME (length))	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AP, AT, AU, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, OA, PH, PL,	OR	ON	ON	2024/09/21 12:08 AM

			PT, RO, RS, RU, SE, SG, SI, SK, SU, TH, TN, TR, TW, UA, VN, WO); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)				
L22	22201	18 AND ((anode OR "negative electrode") SAME (tab))	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AP, AT, AU, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, OA, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SE, SG, SI, SK, SU, TH, TN, TR, TW, UA, VN, WO); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)	OR	ON	ON	2024/09/21 12:09 AM
L23	14565	19 AND ((anode OR "negative electrode") SAME (silicon OR silica))	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AP, AT, AU, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, OA, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SE, SG, SI, SK, SU, TH, TN, TR, TW, UA, VN, WO); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)	OR	ON	ON	2024/09/21 12:09 AM
L24	44894	20 AND ((anode OR "negative electrode") SAME (thick OR thickness))	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AP, AT, AU, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, OA, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SE, SG, SI, SK, SU, TH, TN, TR, TW, UA, VN, WO); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)	OR	ON	ON	2024/09/21 12:09 AM
L25	11916	24 AND ((distance OR space OR positon OR	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AP, AT,	OR	ON	ON	2024/09/21 12:10 AM

		positining OR positioned) SAME (length))	AU, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, OA, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SE, SG, SI, SK, SU, TH, TN, TR, TW, UA, VN, WO); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)				
L26	2546	25 AND ((tab) SAME (length))	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AP, AT, AU, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, OA, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SE, SG, SI, SK, SU, TH, TN, TR, TW, UA, VN, WO); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)	OR	ON	ON	2024/09/21 12:10 AM
L27	994	26 AND ((anode OR "negative electrode") SAME (silicon OR silica))	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AP, AT, AU, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, OA, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SE, SG, SI, SK, SU, TH, TN, TR, TW, UA, VN, WO); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)	OR	ON	ON	2024/09/21 12:11 AM
L28	262	27 NOT 13	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AP, AT, AU, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, OA, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SE,	OR	ON	ON	2024/09/21 12:11 AM

			SG, SI, SK, SU, TH, TN, TR, TW, UA, VN, WO); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)				
L29	7379632	Y02E$.cpc,ipc,ipcr.	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AP, AT, AU, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, OA, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SE, SG, SI, SK, SU, TH, TN, TR, TW, UA, VN, WO); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)	OR	ON	ON	2024/09/21 12:14 AM
L30	399496	29 AND ((anode OR "negative electrode") SAME ("current collector"))	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AP, AT, AU, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, OA, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SE, SG, SI, SK, SU, TH, TN, TR, TW, UA, VN, WO); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)	OR	ON	ON	2024/09/21 12:14 AM
L31	43485	30 AND ((anode OR "negative electrode") SAME (length AND width))	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AP, AT, AU, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, OA, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SE, SG, SI, SK, SU, TH, TN, TR, TW, UA, VN, WO); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)	OR	ON	ON	2024/09/21 12:15 AM
L32	69912	30 AND ((anode OR "negative electrode") SAME (length))	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AP, AT, AU, BE, BG, BR, BY,	OR	ON	ON	2024/09/21 12:15 AM

			CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, OA, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SE, SG, SI, SK, SU, TH, TN, TR, TW, UA, VN, WO); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)				
L33	35735	32 AND (("current collector") SAME (length))	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AP, AT, AU, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, OA, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SE, SG, SI, SK, SU, TH, TN, TR, TW, UA, VN, WO); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)	OR	ON	ON	2024/09/21 12:15 AM
L34	10979	33 AND ((anode OR "negative electrode") SAME (tab))	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AP, AT, AU, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, OA, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SE, SG, SI, SK, SU, TH, TN, TR, TW, UA, VN, WO); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)	OR	ON	ON	2024/09/21 12:15 AM
L35	4373	34 AND ((anode OR "negative electrode") SAME (silicon OR silica))	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AP, AT, AU, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, OA, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SE, SG, SI, SK, SU, TH,	OR	ON	ON	2024/09/21 12:16 AM

			TN, TR, TW, UA, VN, WO); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)				
L36	3971	35 AND ((anode OR "negative electrode") SAME (thick OR thickness))	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AP, AT, AU, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, OA, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SE, SG, SI, SK, SU, TH, TN, TR, TW, UA, VN, WO); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)	OR	ON	ON	2024/09/21 12:16 AM
L37	1415	36 AND ((distance OR space OR positon OR positining OR positioned) SAME (length))	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AP, AT, AU, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, OA, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SE, SG, SI, SK, SU, TH, TN, TR, TW, UA, VN, WO); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)	OR	ON	ON	2024/09/21 12:17 AM
L38	816	37 AND ((tab) SAME (length))	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AP, AT, AU, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, OA, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SE, SG, SI, SK, SU, TH, TN, TR, TW, UA, VN, WO); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)	OR	ON	ON	2024/09/21 12:17 AM
L39	816	38 AND ((anode OR "negative electrode") SAME (silicon OR silica))	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AP, AT, AU, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU,	OR	ON	ON	2024/09/21 12:17 AM

			CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, OA, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SE, SG, SI, SK, SU, TH, TN, TR, TW, UA, VN, WO); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)				
L40	816	39 AND ((anode OR "negative electrode") SAME ("current collector"))	(US-PGPUB; USPAT; USOCR; FIT (AP, AT, AU, BE, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CS, CU, CZ, DD, DE, DK, EA, EE, EP, ES, FI, FR, GB, HR, HU, ID, IE, IL, IS, IT, JP, KR, LT, LU, LV, MA, MC, MD, MY, NL, NO, NZ, OA, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SE, SG, SI, SK, SU, TH, TN, TR, TW, UA, VN, WO); FPRS; EPO; JPO; DERWENT; IBM_TDB)	OR	ON	ON	2024/09/21 04:02 PM

PE2E SEARCH - Search History (Interference)

There are no Interference searches to show.

(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　OL　（全 16 頁）

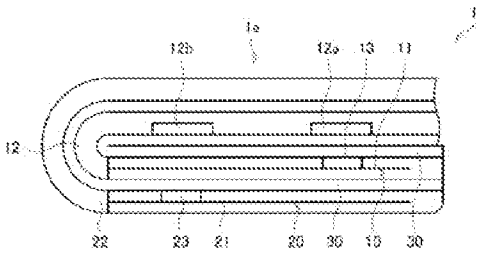
(21)出願番号　特願2014-263360 (P2014-263360)
(22)出願日　平成26年12月25日 (2014.12.25)

(71)出願人　590002817
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税路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】
帯状集電体と、
前記帯状集電体に設けられた集電タブと、
前記帯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（ｌｉｔｈｉｕｍ　ｉｏｎ）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（ｅｎｅｒｇｙ）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（Ｌａｍｉｎａｔｅ）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

【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。
【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とくに顕著であった。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。
【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、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。
【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。
【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、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、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。

【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。

【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。

【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】

【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。
【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

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。

【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。

【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。

【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）-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-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-テトラフルオロエチレン（ｔｅｔｒａｆｌｕｏｒｏｅｔｈｙｌｅｎｅ）共重合体、フッ化ビニリデン-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

ｙｌｍｅｔｈａｃｒｙｌａｔｅ）、ポリエチレン（ｐｏｌｙｅｔｈｙｌｅｎｅ）、ニトロセルロース（ｃｅｌｌｕｌｏｓｅ　ｎｉｔｒａｔｅ）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。

【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。

【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。

【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。

【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

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。

【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。

【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。

【００４５】

（負極及び負極集電タブの構成）

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

、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（Ｓｉ）もしくはスズ（Ｓｎ）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Ｌｉ$_4$Ｔｉ$_5$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≦ｘ≦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】

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。

【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、ＰＶＤＦ、フッ化ビニリデン（ＶＤＦ）－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－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－テトラフルオロエチレン（ｔｅｔｒａｆｌｕｏｒｏｅｔｈｙｌｅｎｅ）共重合体、フッ化ビニリデン－トリフルオロエチレン（ｔｒｉｆｌｕｏｒｏｅｔｈｙｌｅｎｅ）共重合体、フッ化ビニリデン－フルオロエチレン（ｆｌｕｏｒｏｅｔｈｙｌｅｎｅ）共重合体、フッ化ビニリデン－ヘキサフルオロアセトン（ｈｅｘａｆｌｕｏｒｏａｃｅｔｏｎｅ）共重合体、フッ化ビニリデン－エチレン（ｅｔｈｙｌｅｎｅ）共重合体、フッ化ビニリデン－プロピレン（ｐｒｏｐｙｌｅｎｅ）共重合体、フッ化ビニリデン－トリフルオロプロピレン（ｔｒｉｆｌｕｏｒｏ ｐｒｏｐｙｌｅｎｅ）共重合体、フッ化ビニリデン－テトラフルオロエチレン（ｔｅｔｒａｆｌｕｏｒｏｅｔｈｙｌｅｎｅ）－ヘキサフルオロプロピレン（ｈｅｘａｆｌｕｏｒｏｐｒｏｐｙｌｅｎｅ）共重合体、フッ化ビニリデン－エチレン（ｅｔｈｙｌｅｎｅ）－テトラフルオロエチレン（ｔｅｔｒａｆｌｕｏｒｏｅｔｈｙｌｅｎｅ）共重合体等を挙げることができる。

【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

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（ＰＶＤＦ）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、ＰＶＤＦの他、フッ化ビニリデン（ＶＤＦ）と他の単量体（ヘキサフルオロプロピレン（ＨＦＰ）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（ａｃｅｔｏｎｅ）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（ｓｌｕｒｒｙ）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１２ａ、１２ｂ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１０～１００ｋｇｆ／ｃｍ^{2}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１０～１００ｋｇｆ／ｃｍ^{2}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の耐熱性等を向上するために、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、$LiClO_4$、$LiBF_4$、$LiAsF_6$、$LiPF_6$，$LiPF_{6-x}$（Ｃ

$_nF_{2n+1})_x$（但し、1＜x＜6，n＝1or2），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、$LiCF_3SO_3$，$LiN(CF_3SO_2)_2$，$LiN(C_2F_5SO_2)_2$，$LiN(CF_3SO_2)(C_4F_9SO_2)$，$LiC(CF_3SO_2)_3$，$LiC(C_2F_5SO_2)_3$，$(CH_3)_4NBF_4$，$(CH_3)_4NBr$，$(C_2H_5)_4NClO_4$，$(C_2H_5)_4NI$，$(C_3H_7)_4NBr$，$(n-C_4H_9)_4NClO_4$，$(n-C_4H_9)_4NI$，$(C_2H_5)_4N$-maleate，$(C_2H_5)_4N$-benzoate，$(C_2H_5)_4N$-phtalate、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0.8～1.5mol／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。

【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）、メチルジグライム（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。

【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＞

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。

【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。

【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１０～１００ｋｇｆ／ｃｍ^{2}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１０～１００ｋｇｆ／ｃｍ^{2}であることが好ましい。

【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１２ａ、１２ｂが配置されている。したがって、これらの切り欠き部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。

【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１２ａ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

、本変形例では、切り欠き部１２ａ内に正極集電タブ１３が形成されるので、切り欠き部１２ａの裏面側に正極活物質層１２が存在する場合、正極集電タブ１３を切り欠き部１２ａ内に溶接できない場合がある。その一方、切り欠き部１２ａの裏面側に正極活物質層１２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１３の厚さを超える場合がある。この場合、巻回素子１ａ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１２ａの裏面側に正極活物質層１２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１２ａ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１２の厚さと異なっていても良いが、裏面側の正極活物質層１２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１３と同じ材料で構成されればよい。

【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（ＰＶＤＦ）を固形分の質量比９６：２：２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１２μｍのアルミ箔集電体を正極集電体１１として用意し、正極集電体１１のうち、切り欠き部１２ａ、１２ｂ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１１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１２ａ、１２ｂ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１１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。

【００６８】

ついで、塗工層を乾燥し、乾燥した塗工層を正極集電体１１とともに圧延した。ついで、正極集電体１１の未塗布部に正極集電タブ１３を超音波溶接した。正極集電タブ１３は、幅３ｍｍ、厚さ６０μｍのＡｌ板とした。以上の工程により正極１０を作製した。なお、正極活物質層１２の面密度及び充填密度は、正極集電体１１の両面に正極活物質層１２が形成されている部分で４５ｍｇ／ｃｍ^2、及び３．９５ｇ／ｃｃであった。また、正極活物質層１２の厚さは、正極集電体１１の片面あたり５７μｍであった。切り欠き部１２ａ、１２ｂの幅は５ｍｍ、深さは５７μｍであった。

【００６９】

（負極の作製）

炭素材（人造黒鉛）、ＣＭＣ（カルボキシメチルセルロースナトリウム）、及びＳＢＲ（スチレンブタジエンゴム）を９８：１：１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２１としての厚み６μｍ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２１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２１とともに圧延した。

【００７０】

ついで、負極集電体２１の未塗布部に負極集電タブ２３を超音波溶接した。負極集電タブ２３は、幅３ｍｍ、厚さ７０μｍのＮｉ板とした。以上の工程により負極２０を作製した。負極集電体２１上の負極活物質層２２の面密度及び充填密度は、負極集電体２１の両面に負極活物質層２２が形成されている部分で２３ｍｇ／ｃｍ^2、１．６５ｇ／ｃｃであった。

【００７１】

（セパレータの作製）

ポリフッ化ビニリデン(ＫＦ９３００；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、撹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

後、乾燥させることで両面にポリフッ化ビニリデン（ＰＶＤＦ）からなる層を備えるセパレータ３０を得た。乾燥後のセパレータ３０の膜厚は１２μｍ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１０、負極２０及びセパレータ３０を、負極２０、セパレータ３０、正極１０、及びセパレータ３０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３ｃｍ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３ｃｍの２枚の金属プレートの間に挟むことで、巻回素子を押しつぶした。これにより、巻回素子１ａを得た。巻回素子１ａを目視で観察したところ、切り欠き部１２ａ、１２ｂは正極集電タブ１３、負極集電タブ２３に対向する位置に配置されていた。

【００７３】

ついで、巻回素子１ａをポリプロピレン／アルミ／ナイロンの３層からなる厚み１２０μｍ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１３、負極集電タブ２３を熱融着により外装材に取り出した。ついで、巻回素子１ａ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１．２ｍｏｌ／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℃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。

【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０．２Ｃで定電流定電圧充電（ＣＣ－ＣＶ）、４．３５Ｖで０．０５Ｃカットオフで充電し、放電は定電流放電（ＣＣ）、０．５Ｃで３．５Ｖカットオフとした。２サイクル目以降は、充電、放電ともに０．７Ｃ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３０ｇ／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。

【００７５】

（実施例２）

切り欠き部１２ａ内に正極集電タブ１３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１２ａの裏面側に正極活物質層１２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１２ａの幅と同一とし、厚さは正極集電体１１の片面あたりの厚さと同じとした。スペーサの材質はＡｌ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１２ａ、１２ｂ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。

【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０．１８２ｍｍ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０．１４５ｍｍ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０．１５０ｍｍ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。

【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。

【００８０】

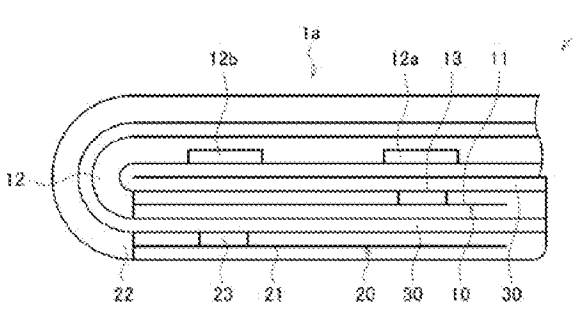
以上、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施形態について詳細に説明したが、本発明はかかる例に限定されない。本発明の属する技術の分野における通常の知識を有する者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、これらについても、当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

【符号の説明】

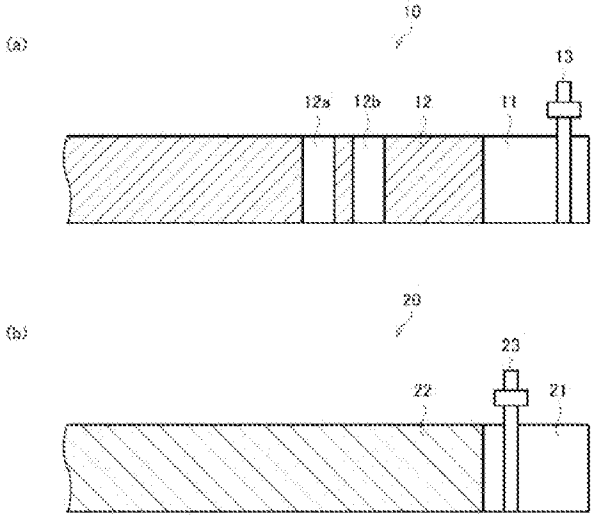
【００８１】

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

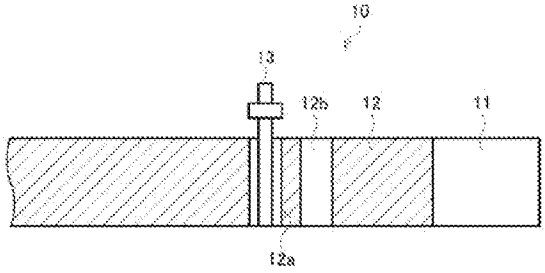
【図１】


1
1a
12b
12a
13
11
12
22
23
21
20
30
10
30

【図２】


(a)
10
13
12a
12b
12
11
(b)
20
23
22
21

【図３】


10
13
12b
12
11
12a

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

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

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

APPLICATION NO.	FILING DATE	FIRST NAMED INVENTOR	ATTORNEY DOCKET NO.	CONFIRMATION NO.
17/699,555	03/21/2022	Xiaojing Liu	U 020968-8	3466

140 7590 09/23/2024

Ladas & Parry LLP
1040 Avenue of the Americas
New York, NY 10018

EXAMINER	
WILLS, MONIQUE M	

ART UNIT	PAPER NUMBER
1722	

NOTIFICATION DATE	DELIVERY MODE
09/23/2024	ELECTRONIC

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

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

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

nymail@ladas.com
nyuspatactions@ladas.com

Office Action Summary	Application No. 17/699,555	Applicant(s) Liu, Xiaojing	
	Examiner MONIQUE M WILLS	Art Unit 1722	AIA (FITF) Status Yes

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

Period for Reply

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

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

Status

1)☑ Responsive to communication(s) filed on 3/21/22.

☐ A declaration(s)/affidavit(s) under **37 CFR 1.130(b)** was/were filed on _____.

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

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

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

Disposition of Claims*

5) ☑ Claim(s) 1-14 is/are pending in the application.

5a) Of the above claim(s) _____ is/are withdrawn from consideration.

6) ☑ Claim(s) 1,3,5-10 and 14 is/are allowed.

7) ☑ Claim(s) 2,4 and 11-13 is/are rejected.

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

9) ☐ Claim(s) _____ are subject to restriction and/or election requirement

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

Application Papers

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

11)☑ The drawing(s) filed on 3/21/22 is/are: a)☑ accepted or b)☐ objected to by the Examiner.

Applicant may not request that any objection to the drawing(s) be held in abeyance. See 37 CFR 1.85(a).

Replacement drawing sheet(s) including the correction is required if the drawing(s) is objected to. See 37 CFR 1.121(d).

Priority under 35 U.S.C. § 119

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

Certified copies:

a)☐ All b)☐ Some** c)☐ None of the:

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

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

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

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

Attachment(s)

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

2) ☑ Information Disclosure Statement(s) (PTO/SB/08a and/or PTO/SB/08b) Paper No(s)/Mail Date _____.

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

4) ☐ Other: _____.

DETAILED ACTION

Notice of Pre-AIA or AIA Status

The present application, filed on or after March 16, 2013, is being examined under the first inventor to file provisions of the AIA.

Information Disclosure Statement

The information disclosure statements filed March 21, 2022 and September 18, 2023 has/have been received and complies with the provisions of 37 CFR 1.97, 1.98 and MPEP § 609. Accordingly, the information disclosure statement(s) is/are being considered by the examiner, and an initialed copied is attached herewith.

Claim Rejections - 35 USC § 112

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

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

Claims 2, 4 & 11-13 are rejected under 35 U.S.C. 112(b) or 35 U.S.C. 112 (pre-AIA), second paragraph, as being indefinite for failing to particularly point out and distinctly claim the subject matter which the inventor or a joint inventor (or for applications subject to pre-AIA 35 U.S.C. 112, the applicant), regards as the invention.

In **claim 2**, the terms "thickness of the negative current collector is 4 μm to 30 μm" and "the thickness of the negative current collector is S_1" both refer to the thickness of the negative current collector. It is unclear whether there are different thicknesses in the negative current collector, or if S_1= 4 μm to 30 μm. For the purposes of this Office Action, the claim will be interpreted as S_1= 4 μm to 30 μm. An appropriate correction is required.

In **claim 11**, the terms "thickness of the negative current collector is 4 μm to 30 μm" and "the thickness of the negative current collector is S_1" both refer to the thickness of the negative current collector. It is unclear whether there are different thicknesses in the negative current collector, or if S_1= 4 μm to 30 μm. For the purposes of this Office Action, the claim will be interpreted as S_1= 4 μm to 30 μm. An appropriate correction is required.

In **claim 4**, it is unclear whether "the length of the long axis of the negative active material layer" is a different length from the "second length" of claim 1. For the purposes of this Office Action, the claim will be interpreted as both are the second length. An appropriate correction is required.

In **claim 13**, it is unclear whether "the length of the long axis of the negative active material layer" is a different length from the "second length" of claim 1. For the purposes of this Office Action, the claim will be interpreted as both are the second length. An appropriate correction is required.

With respect to **claim 12**, a broad range or limitation together with a narrow range or limitation that falls within the broad range or limitation (in the same claim) may be considered indefinite if the resulting claim does not clearly set forth the metes and

bounds of the patent protection desired. See MPEP § 2173.05(c). In the present instance, claim 12 recites the broad recitation “a compound of silicon”, and the claim also recites “a silica material” which is the narrower statement of the range/limitation. The claim(s) are considered indefinite because there is a question or doubt as to whether the feature introduced by such narrower language is (a) merely exemplary of the remainder of the claim, and therefore not required, or (b) a required feature of the claims.

It is noted that silica is a specific well known compound employed in negative electrodes, however silica is also a compound of silicon. Therefore, an appropriate correction is required.

Allowable Subject Matter

Claims 1 & 10 are allowed. The instant claims are allowable over the prior art of record, because the prior art is silent to: an electrochemical apparatus, comprising: a positive electrode: a separator: and a negative electrode: wherein the negative electrode comprises a negative current collector: a negative active material layer, wherein the negative active material layer contains a silicon-based material: and a negative tab, wherein ***the negative tab is arranged on a side edge of a long axis of the negative current collector***, a distance between a central position of the negative tab and either end of the negative active material layer in a long axis direction is a first length. a length of a long axis of the negative active material layer is a second length, and the negative electrode satisfies the following relationship formula (I):

$0.5 \geq D \geq 0.6 \times G$ formula (I)

wherein D is a ratio of the first length to the second length. G is a weight percentage of the silicon-based material, and the weight percentage of the silicon-based material is less than or equal to 70%.

For the purposes of this Office Action, the long axis direction is on the X axis as illustrated in the drawings of the specification at Figures 1 & 2, reproduced below:

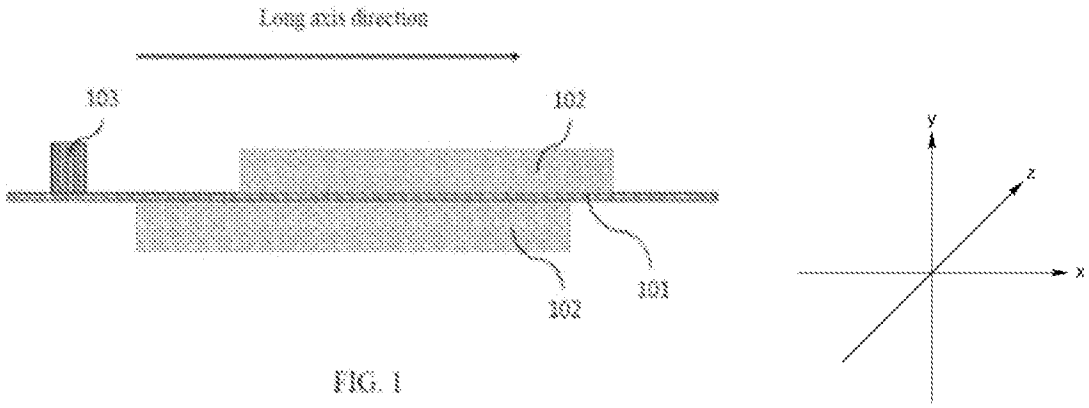


FIG. 1

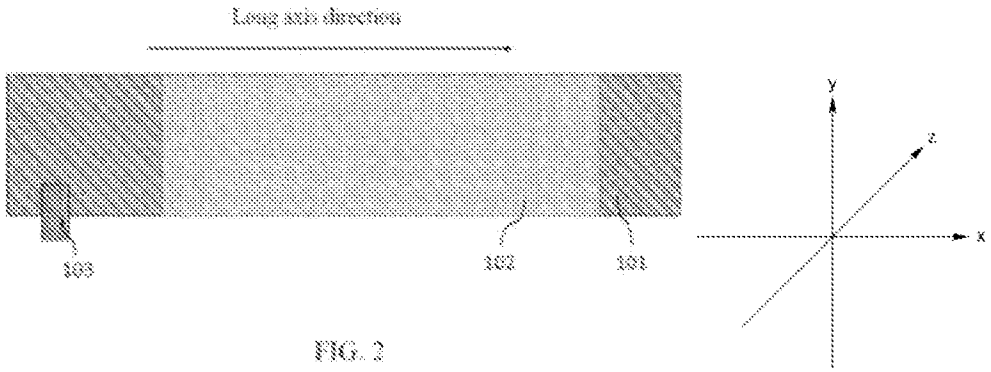
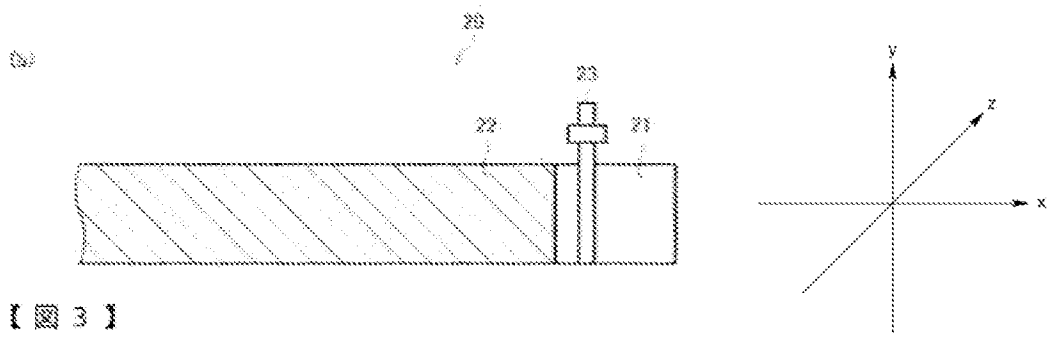


FIG. 2

It is noted that orientation is relative, but the negative tab being arranged on a side edge of a long axis appears to be perpendicular to the long axis direction. See Figures 1 and 2 above.

The prior art, such as Takano JP 2016122628A, teaches a negative electrode current collecting tab 23 that has two parts positioned in the x and y directions, along

the long axis direction. Therefore, it appears that a portion of the negative tab 23 is arranged on a side edge of a long axis of the negative current collector. See Figure 3:



【图3】

However, the reference does not teach or suggest: a distance between a central position of the negative tab and either end of the negative active material layer in a long axis direction is a first length. a length of a long axis of the negative active material layer is a second length, and the negative electrode satisfies the following relationship formula (I):

$0.5 \geq D \geq 0.6 \times G$ formula (I)

wherein D is a ratio of the first length to the second length. G is a weight percentage of the silicon-based material, and the weight percentage of the silicon-based material is less than or equal to 70%.

Therefore, the instant claims are patentably distinct from the prior art of record.

Claims 3, 5-9 & 14 are allowable based on dependency to claims 1 and 10, respectively.

Claims 2, 4 & 11-13 would be allowable if rewritten to overcome the rejection(s) under 35 U.S.C. 112(b) or 35 U.S.C. 112 (pre-AIA), 2nd paragraph, set forth in this

Office action and to include all of the limitations of the base claim and any intervening claims.

Claims 2, 4 & 11-13 would be allowable based on dependency to claims 1 and 10, respectively.

Conclusion

Any comments considered necessary by applicant must be submitted no later than the payment of the issue fee and, to avoid processing delays, should preferably accompany the issue fee. Such submissions should be clearly labeled "Comments on Statement of Reasons for Allowance."

Any inquiry concerning this communication or earlier communications from the examiner should be directed to MONIQUE M WILLS whose telephone number is (571)272-1309. The Examiner can normally be reached on Monday-Friday from 8:30am to 5:00 pm.

If attempts to reach the examiner by telephone are unsuccessful, the Examiner's supervisor, Mathew Martin, may be reached at 571-270-7871. The fax phone number for the organization where this application or proceeding is assigned is 571-273-8300.

Information regarding the status of an application may be obtained from the Patent Application Information Retrieval (PAIR) system. Status information for published applications may be obtained from either Private PAIR or Public PAIR. Status information for unpublished applications is available through Private PAIR only. For more information about the PAIR system, see http://portal.uspto.gov/external/portal.

Should you have questions on access to the Private PAIR system, contact the

Electronic Business Center (EBC) at 866-217-9197 (toll-free).

/Monique M Wills/
Examiner, Art Unit 1722

/ANCA EOFF/
Primary Examiner, Art Unit 1722

US 20200044234A1

(19) **United States**

(12) **Patent Application Publication** (10) **Pub. No.: US 2020/0044234 A1**

ZENG et al. (43) **Pub. Date: Feb. 6, 2020**

(54) **SHARED ELECTRODE SEGMENTS BETWEEN A STEP CELL AND A MAIN CELL OF A STEPPED BATTERY**

(71) Applicant: **NINGDE AMPEREX TECHNOLOGY LIMITED**, Ningde (CN)

(72) Inventors: **Qiao ZENG**, Ningde (CN); **Liangzhen XIAO**, Ningde (CN); **Kefei WANG**, Ningde (CN)

(21) Appl. No.: **16/183,549**

(22) Filed: **Nov. 7, 2018**

(30) **Foreign Application Priority Data**

Aug. 6, 2018 (CN) 201810887262.2

Publication Classification

(51) **Int. Cl.**

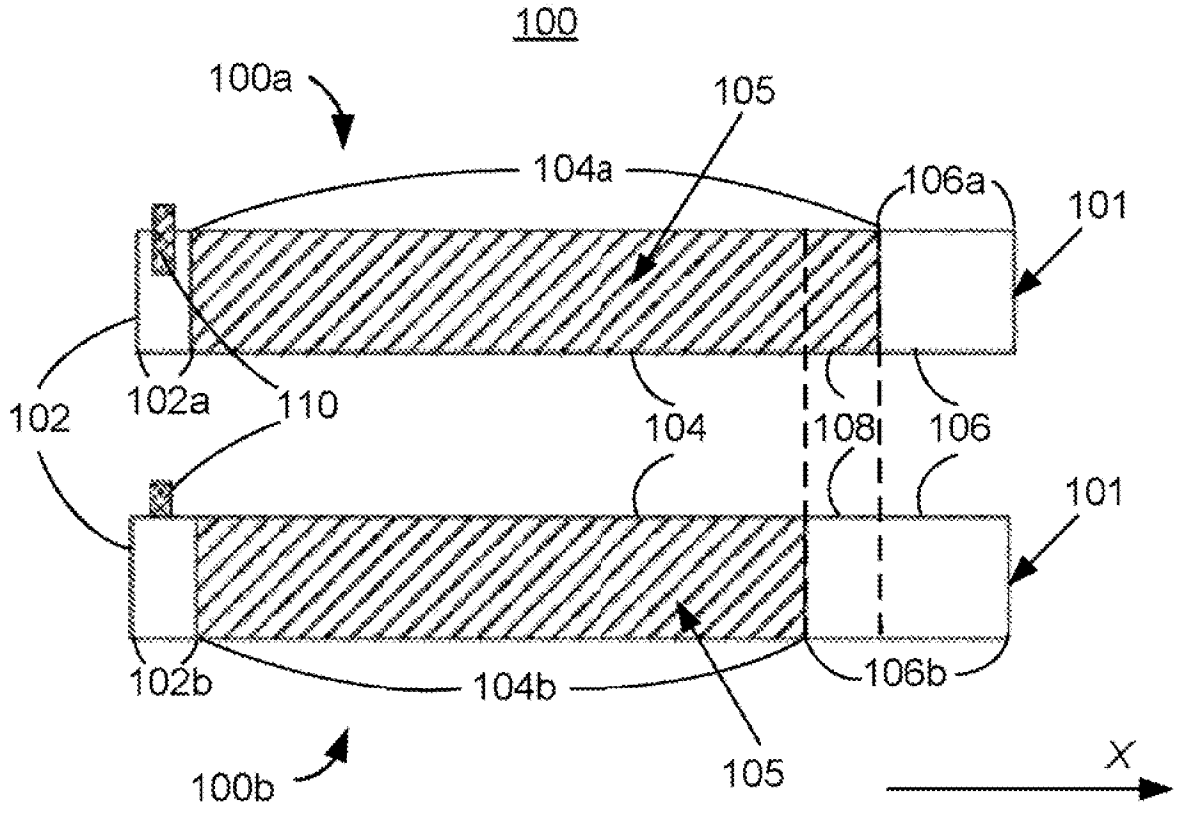
H01M 4/13	(2006.01)
H01M 4/78	(2006.01)
H01M 10/0525	(2006.01)
H01M 10/0583	(2006.01)

(52) **U.S. Cl.**

CPC ***H01M 4/13*** (2013.01); ***H01M 10/0583*** (2013.01); ***H01M 10/0525*** (2013.01); ***H01M 4/78*** (2013.01)

(57) **ABSTRACT**

A battery comprises a first electrode assembly including a first electrode, and a second electrode assembly disposed adjacent the first electrode assembly along a first direction. The first electrode comprises a first segment that is disposed on an outer portion of the second electrode assembly. The first electrode may further comprise a second segment electrically connected to the first segment. The second segment is disposed on an outer portion of the first electrode assembly.



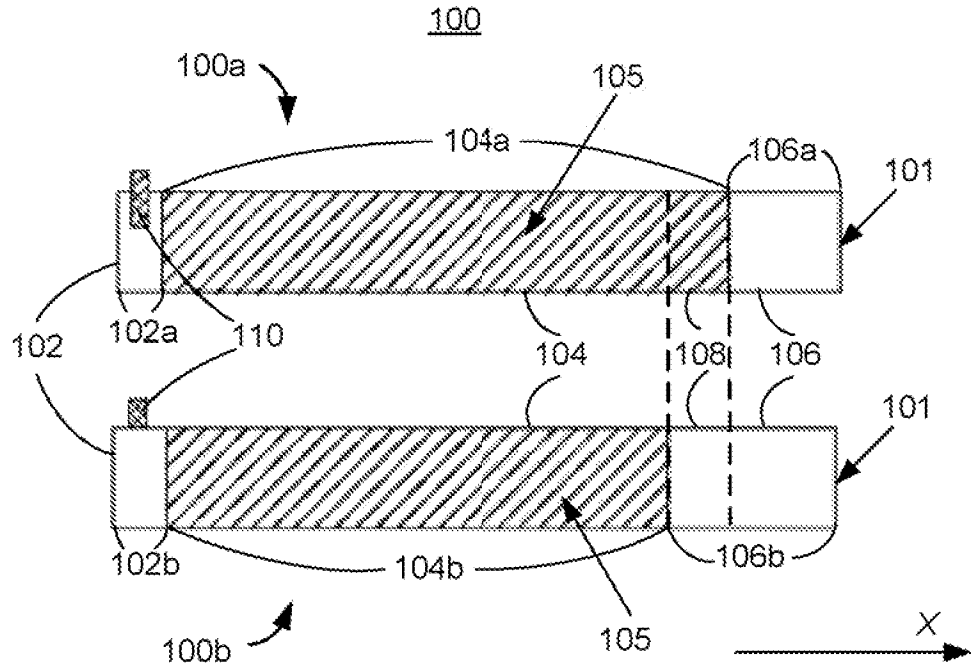


FIGURE 1A

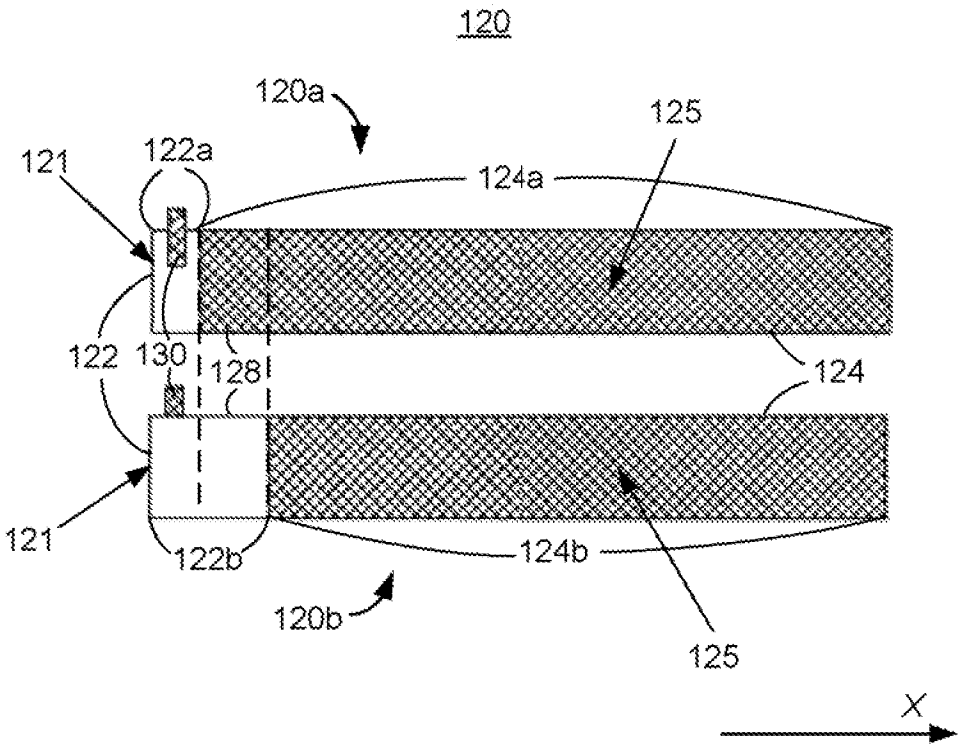


FIGURE 1B

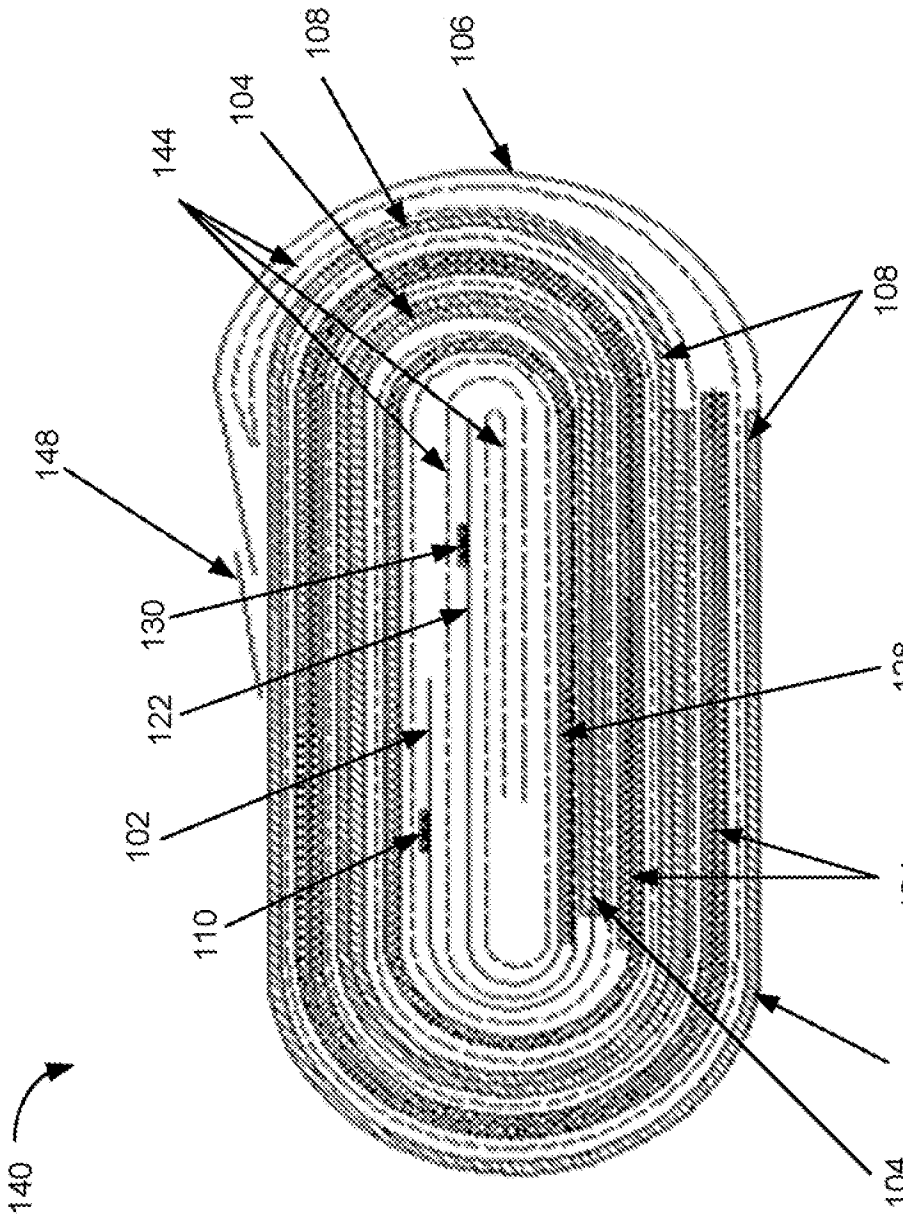


FIGURE 1C

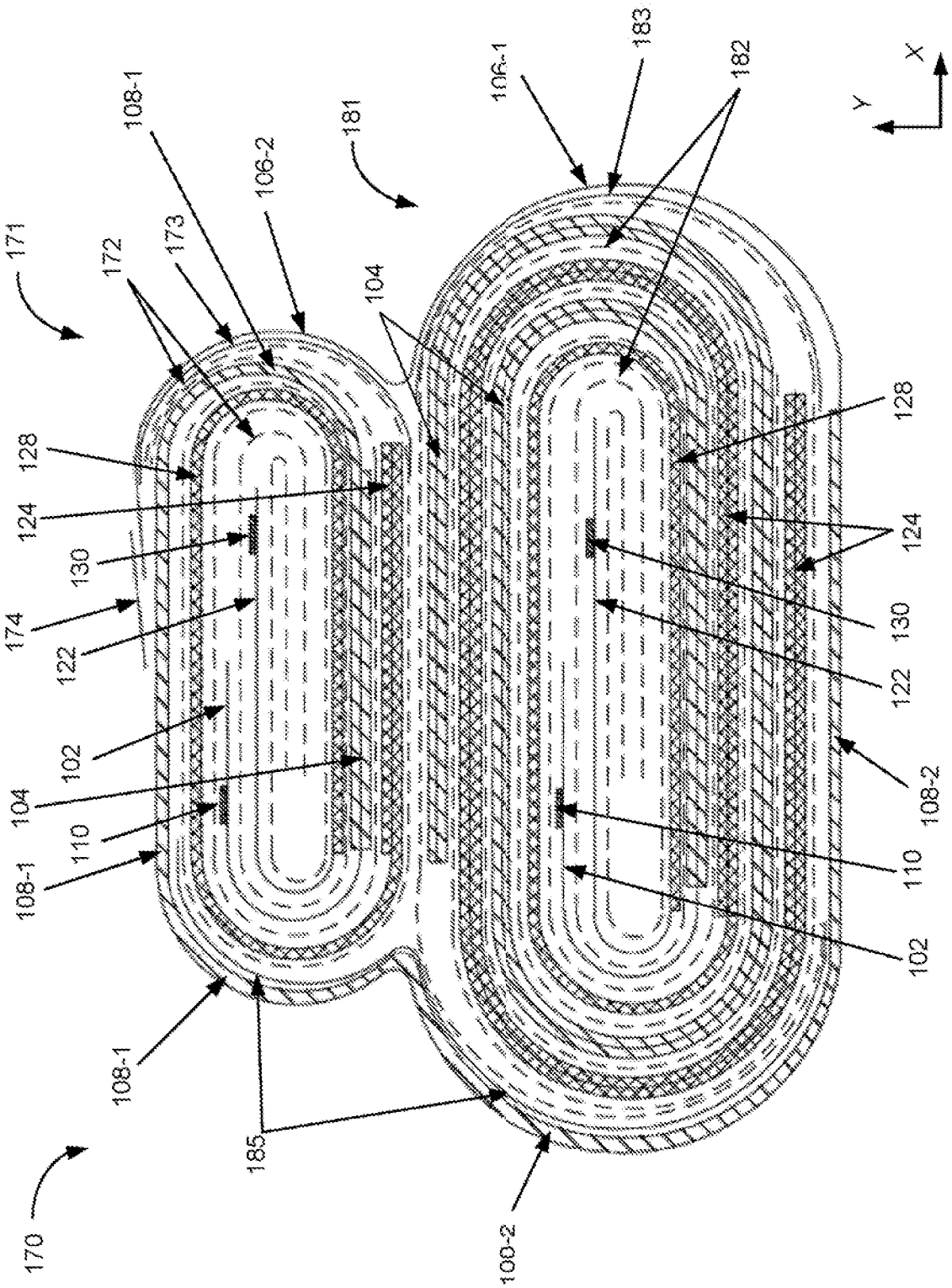

171
172
173
108-1
106-2
181
106-1
183
182
Y
X
128
124
130
174
122
102
104
110
108-1
108-1
185
170
100-2
104
128
124
130
122
108-2
110
102

FIGURE 1D

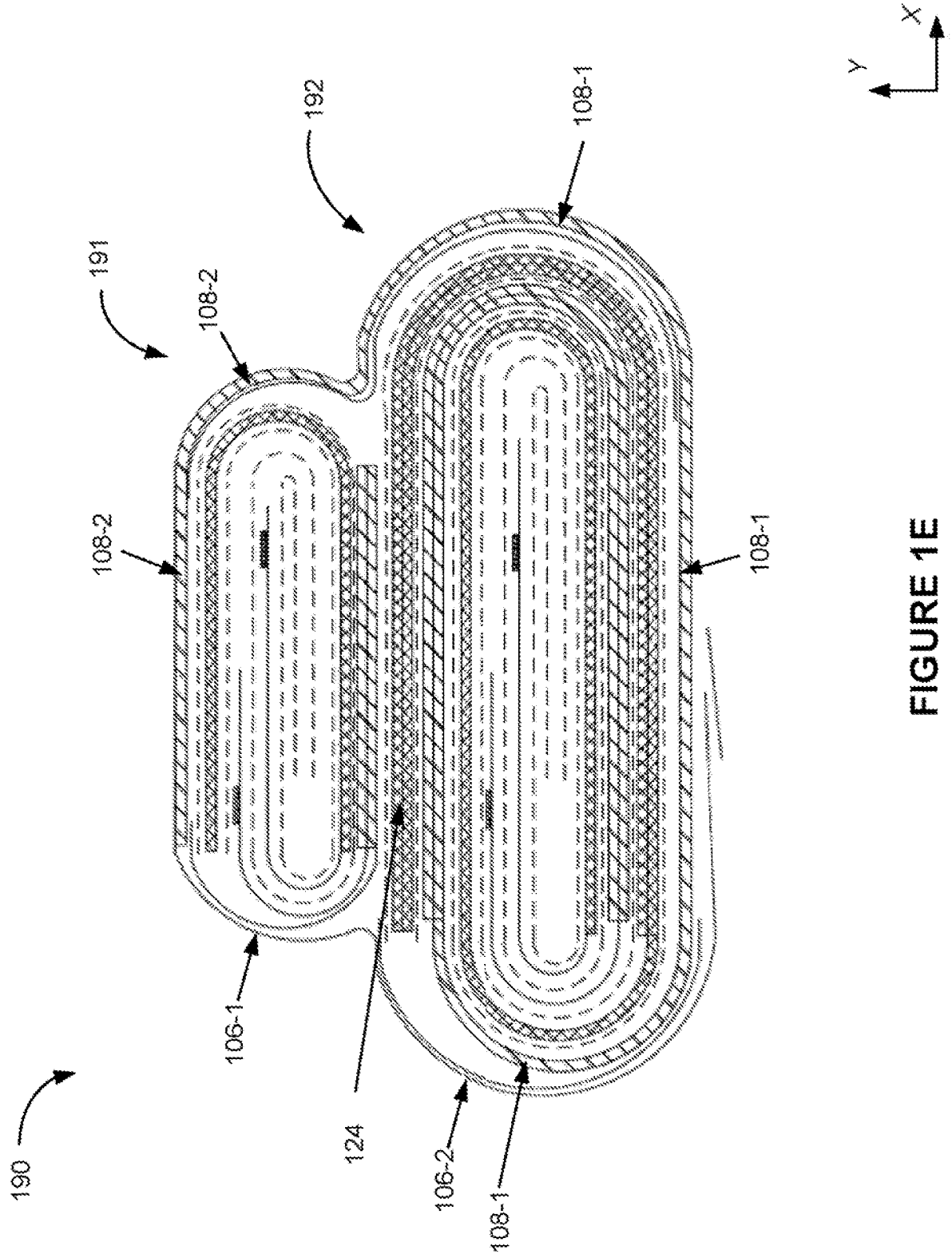


FIGURE 1E

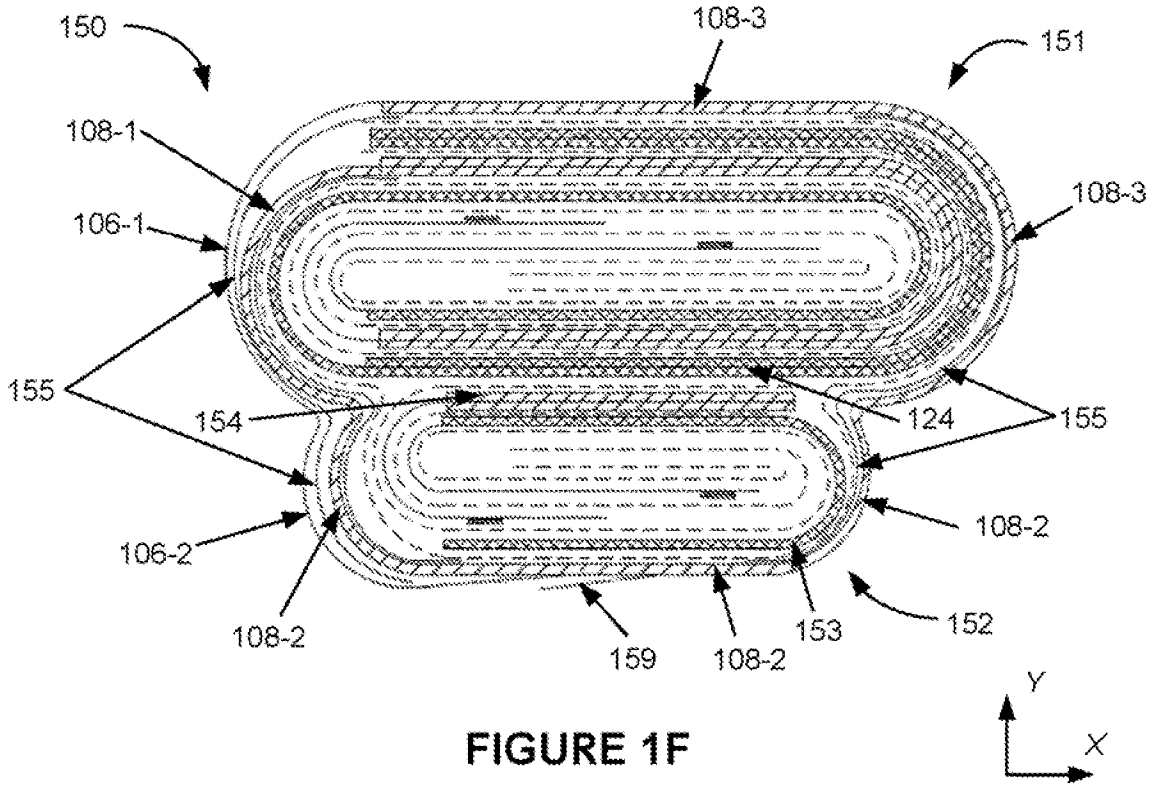


FIGURE 1F

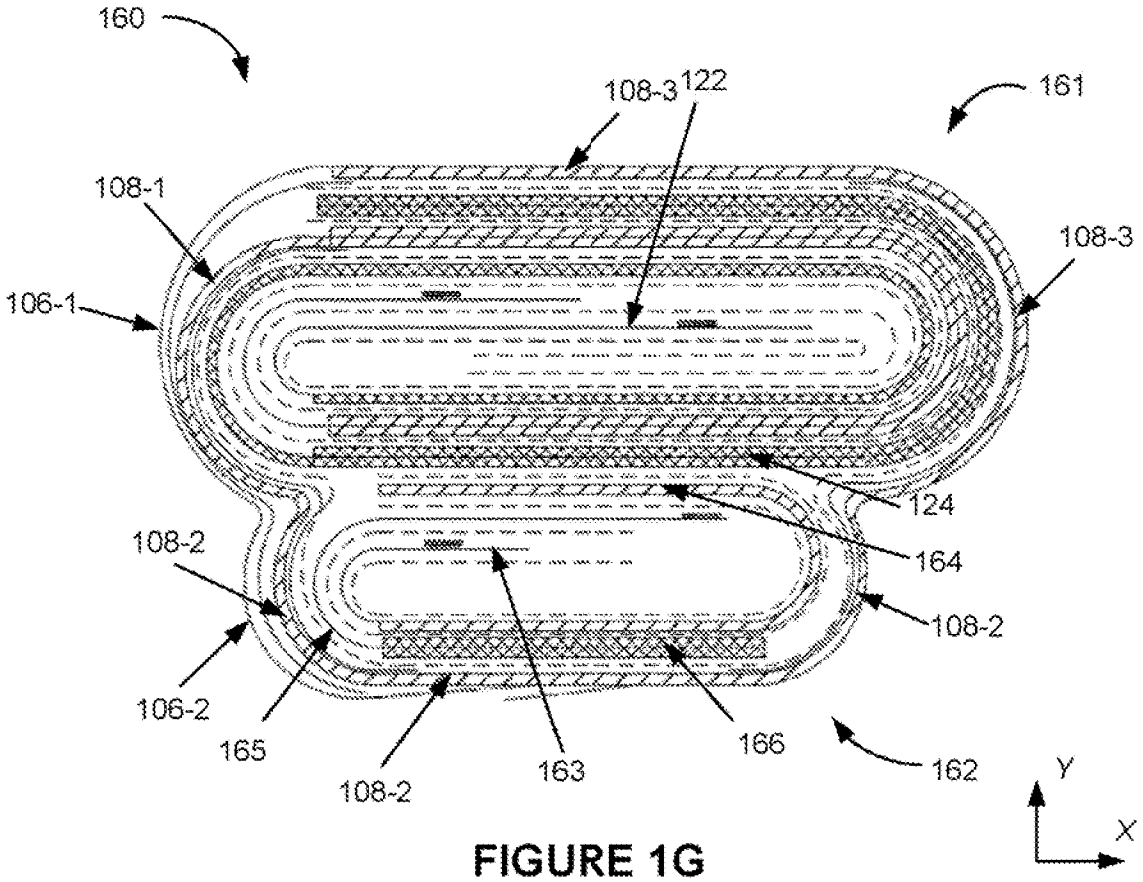


FIGURE 1G

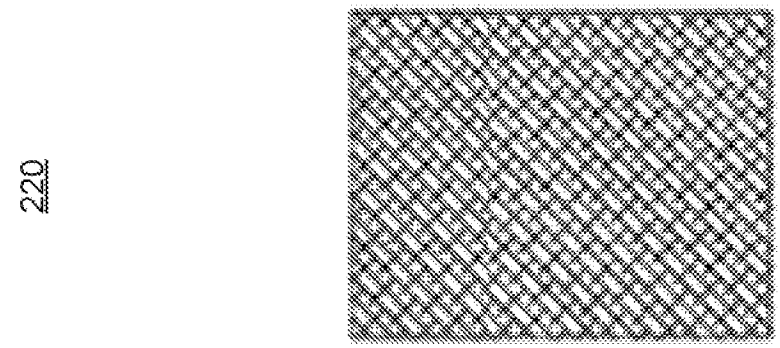


FIGURE 2C

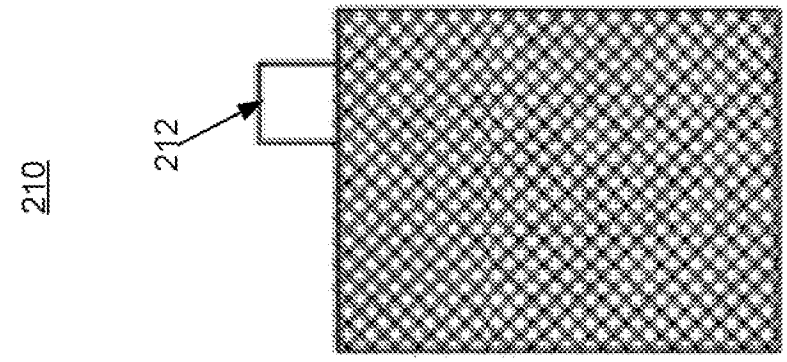


FIGURE 2B

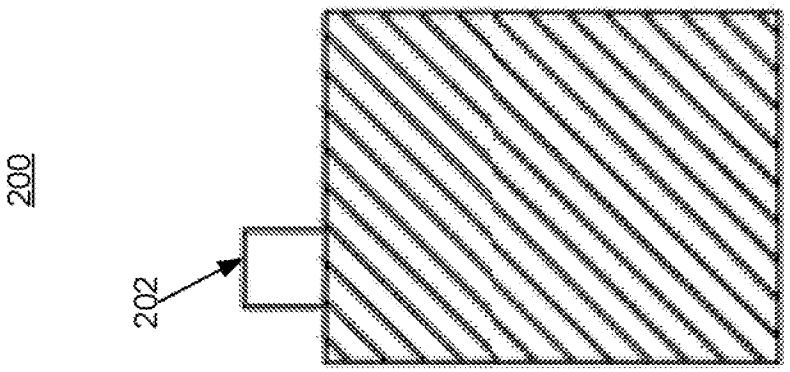


FIGURE 2A

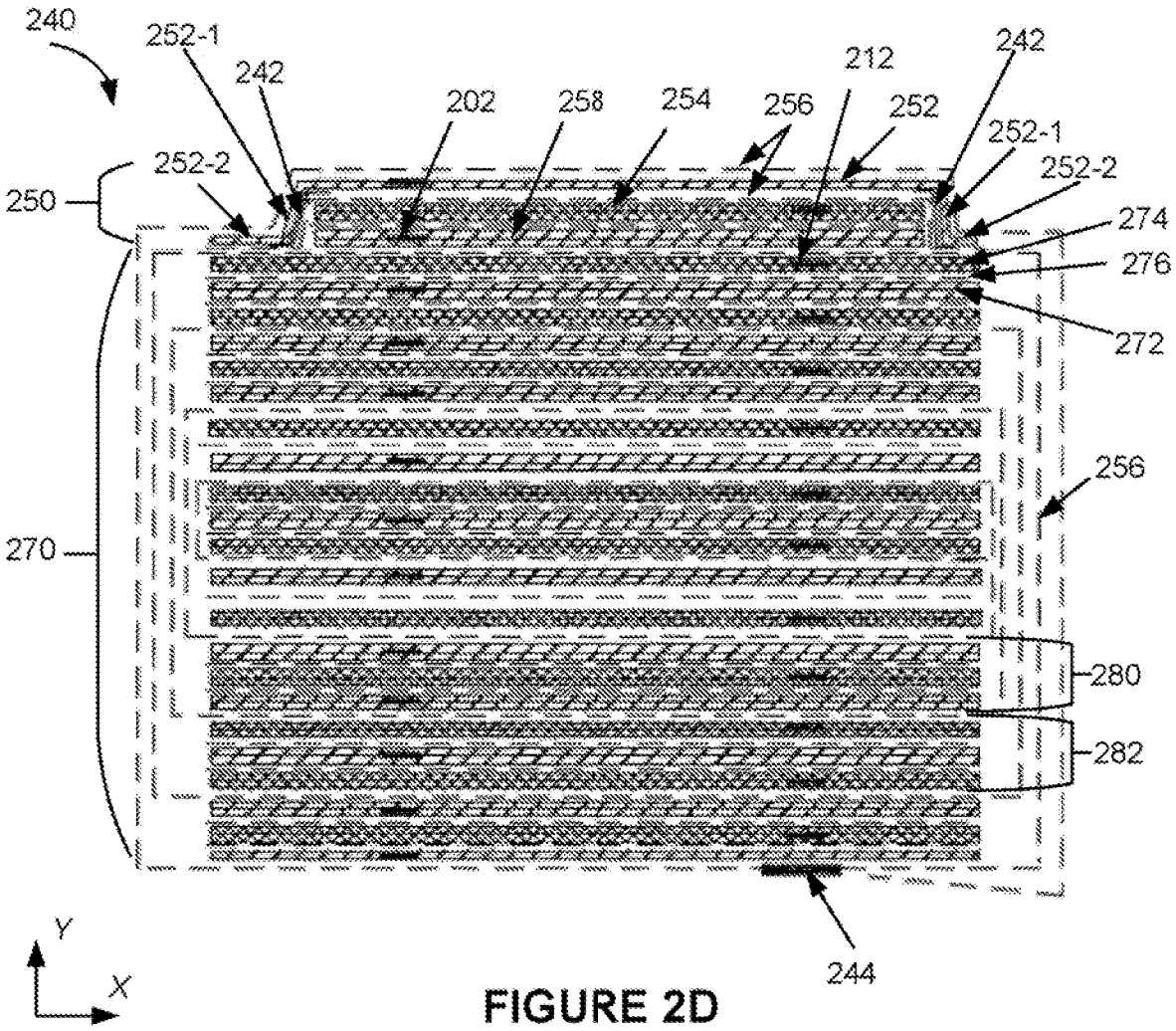


FIGURE 2D

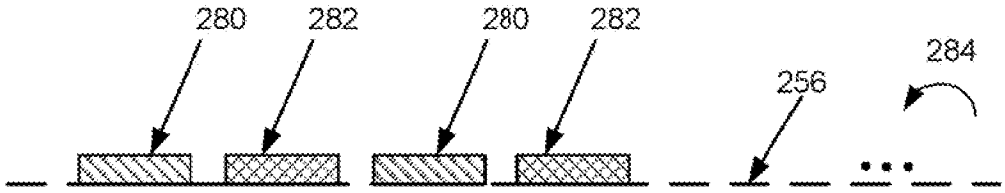


FIGURE 2E

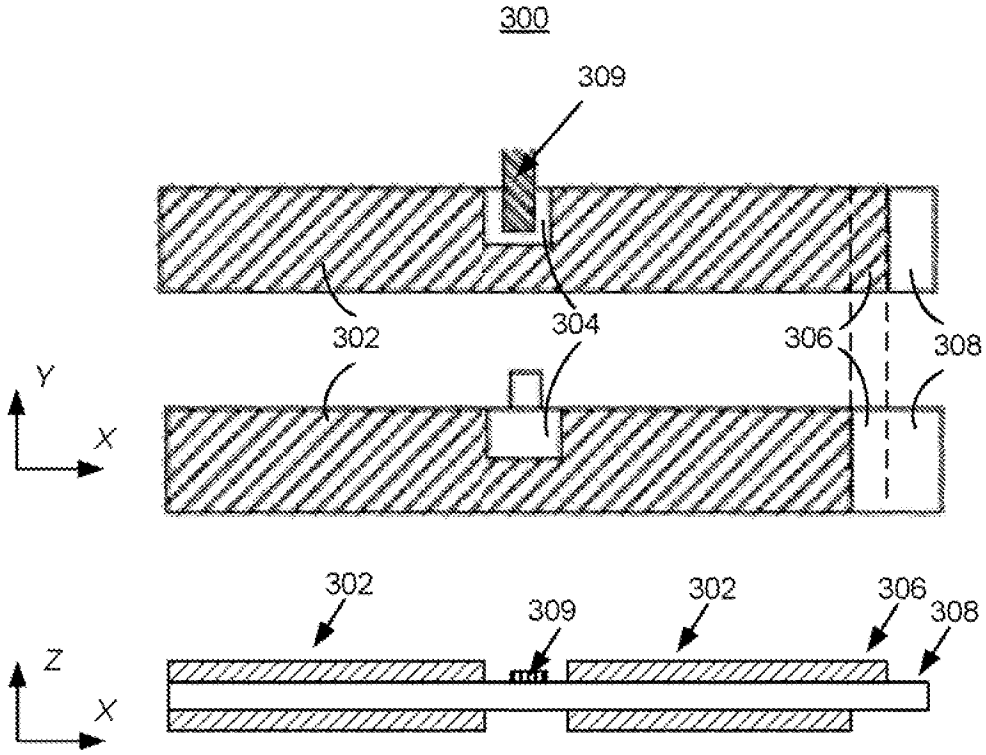


FIGURE 3A

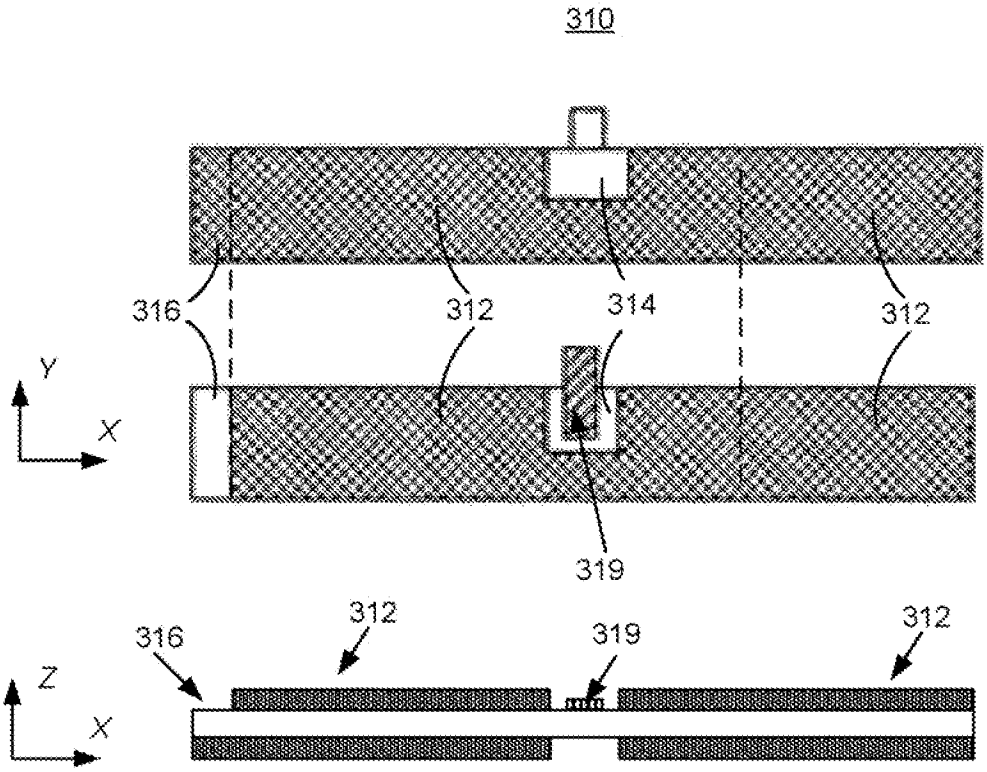


FIGURE 3B

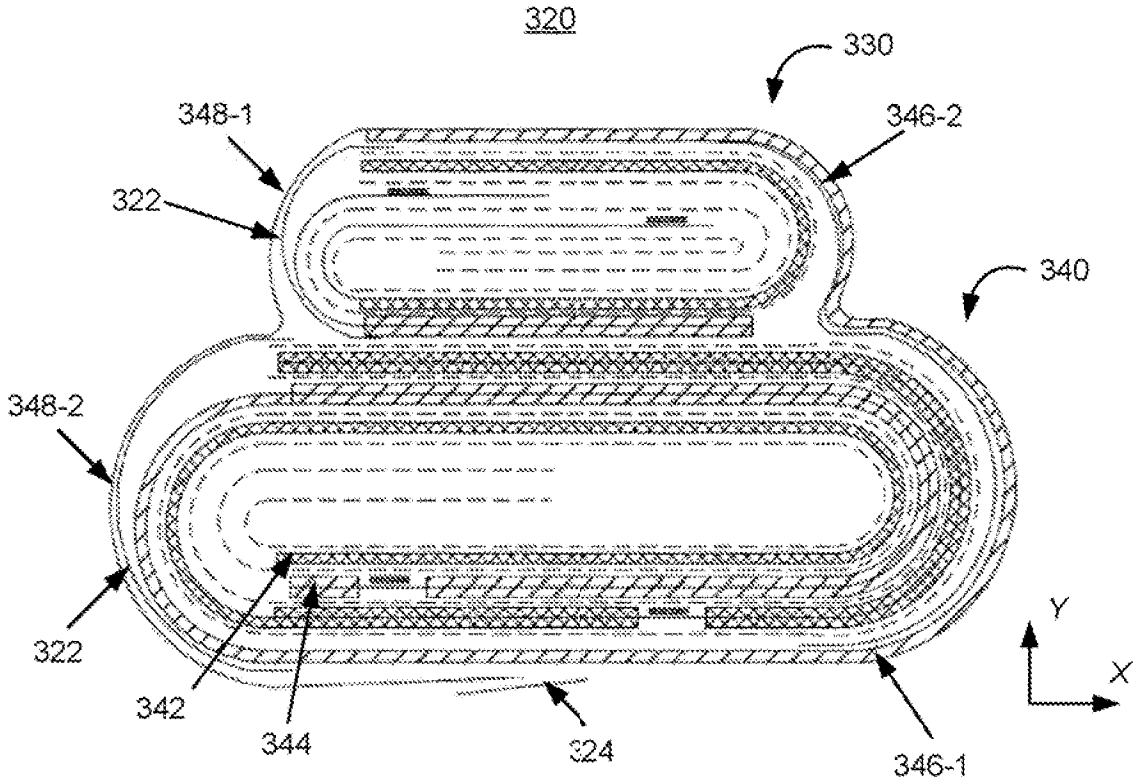


FIGURE 3C

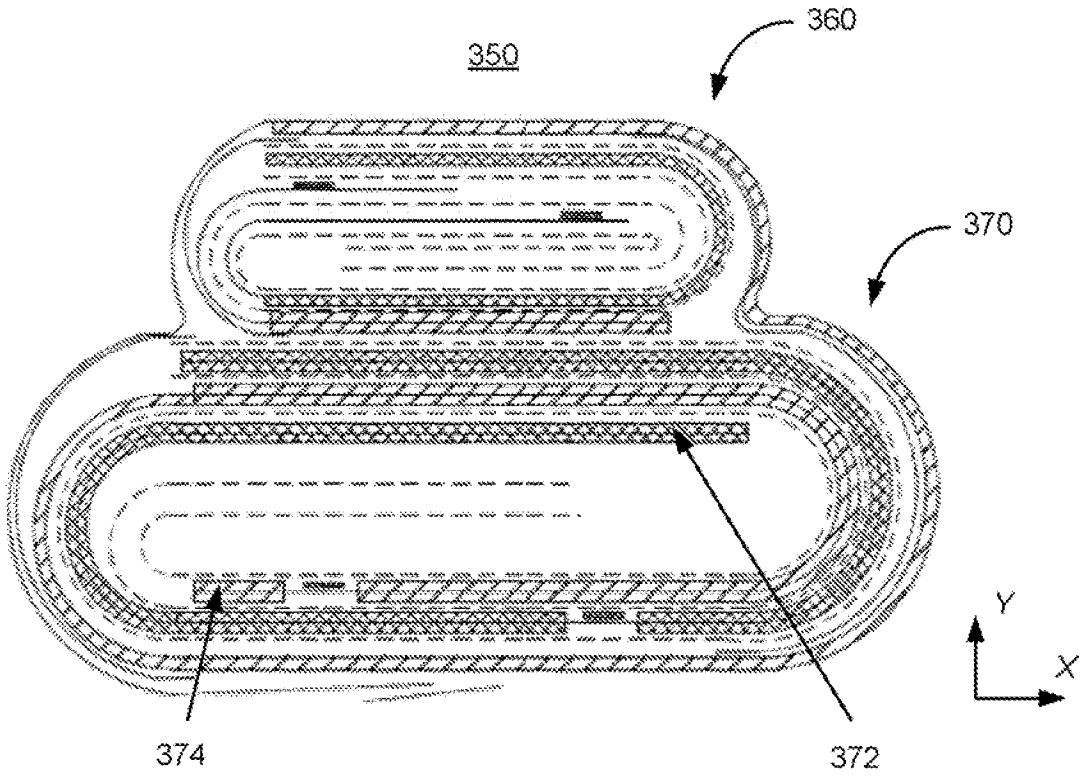


FIGURE 3D

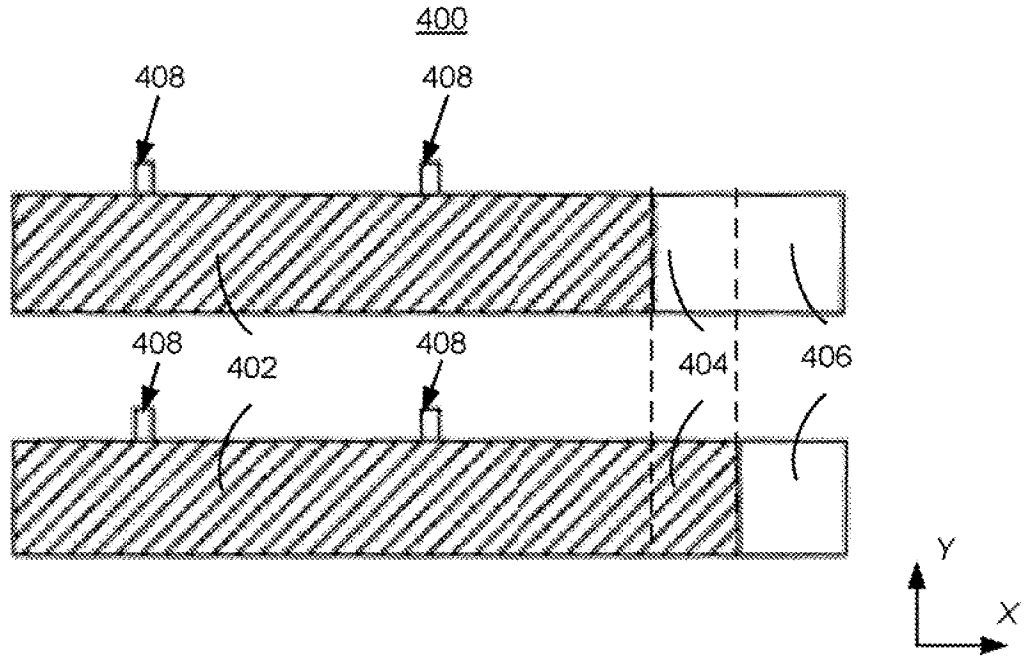


FIGURE 4A

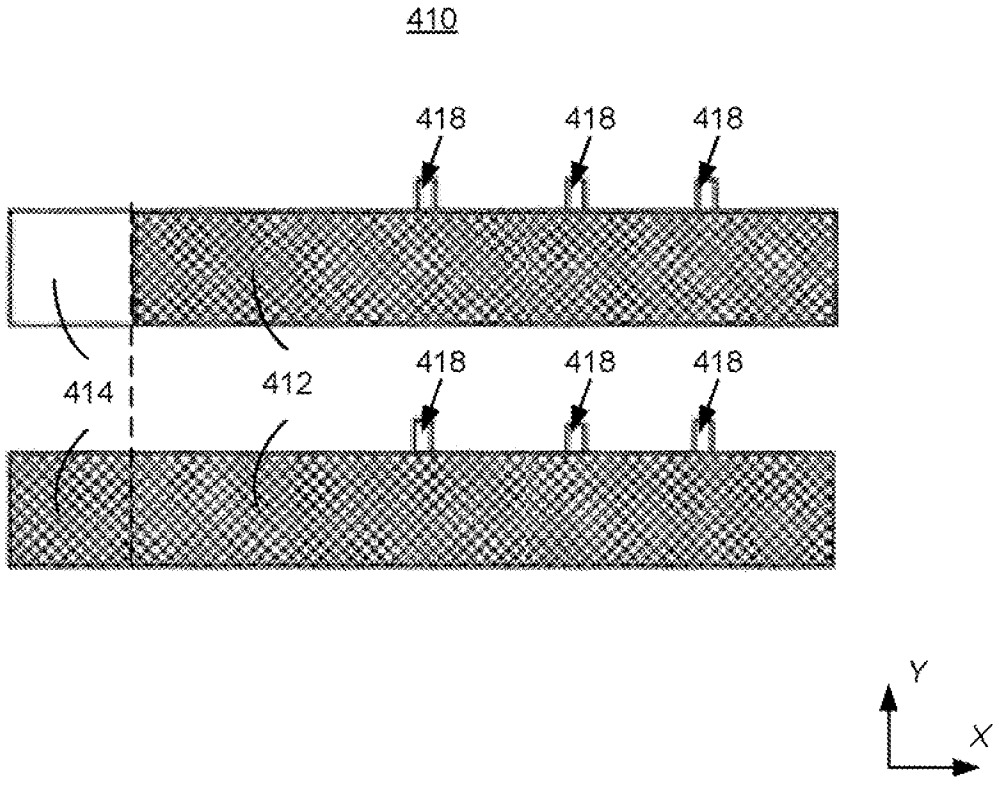


FIGURE 4B

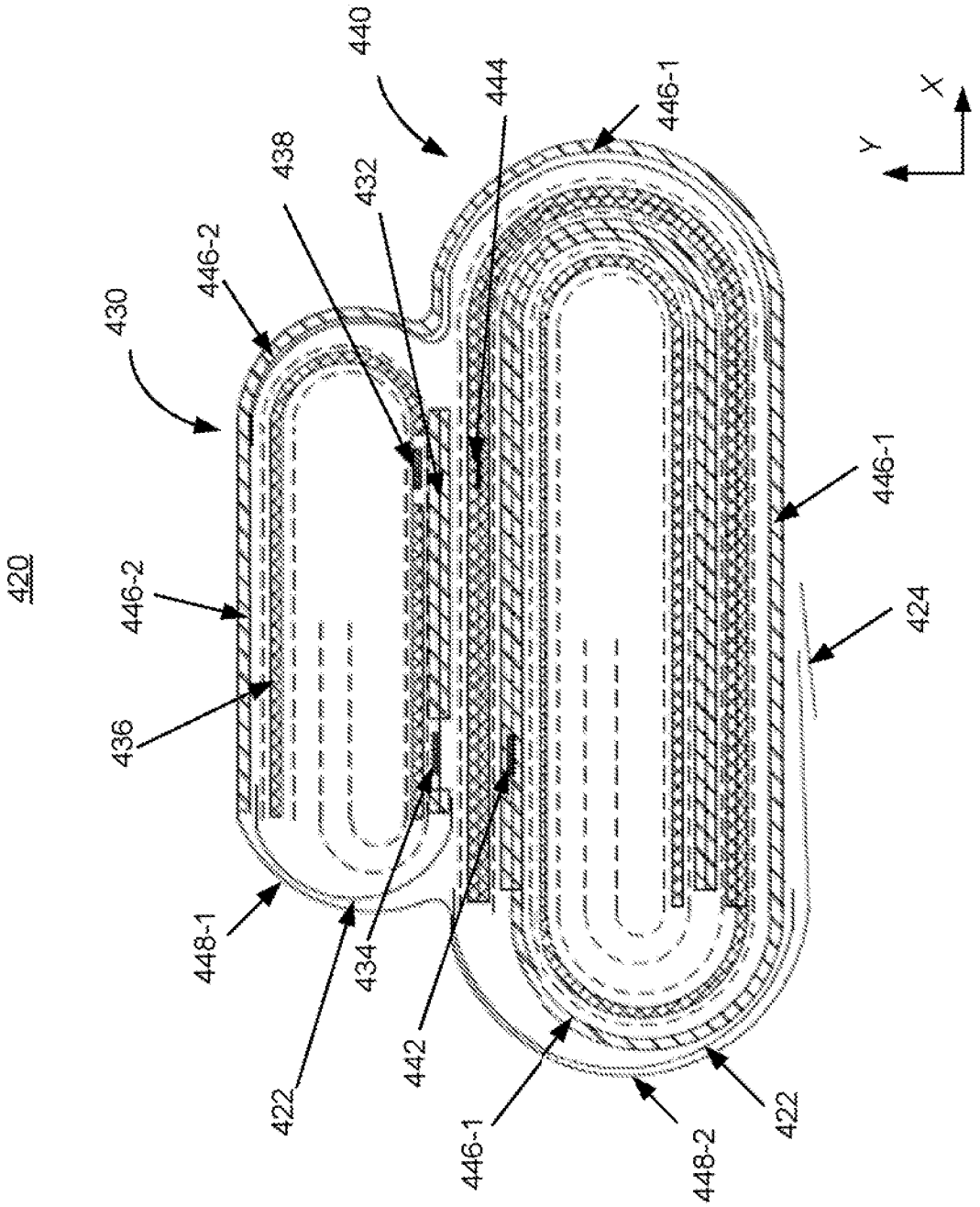

420
430
446-2
436
448-1
422
434
438
432
440
444
442
446-1
448-2
422
446-1
424
Y
X

FIGURE 4C

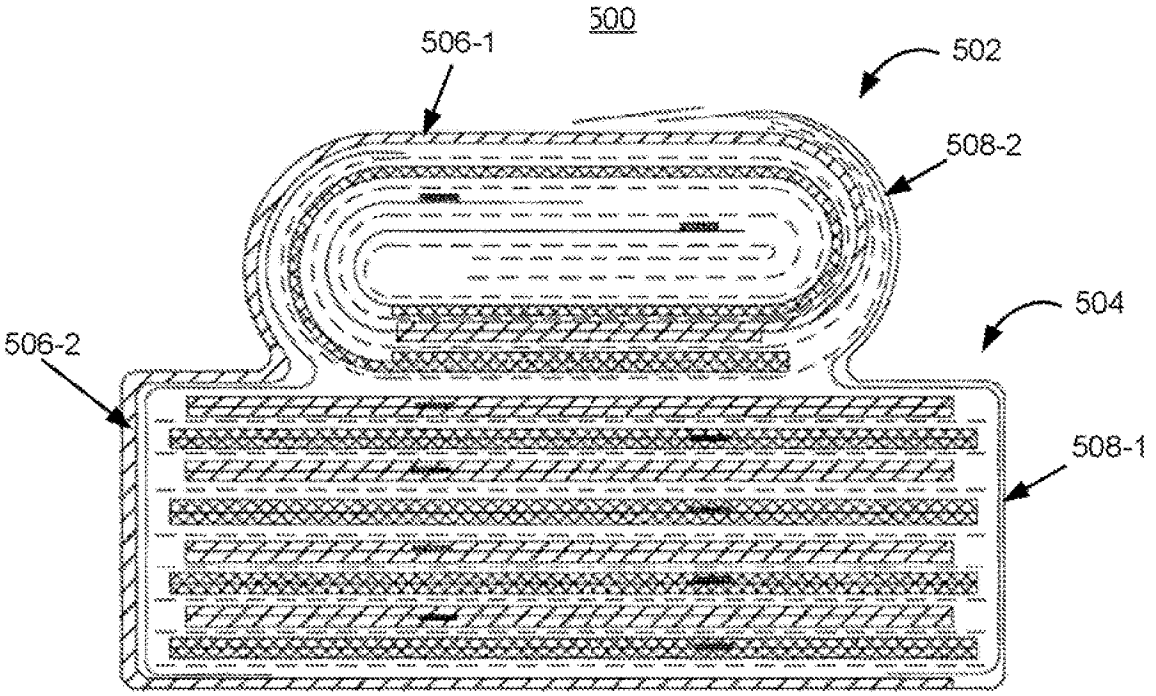


FIGURE 5A

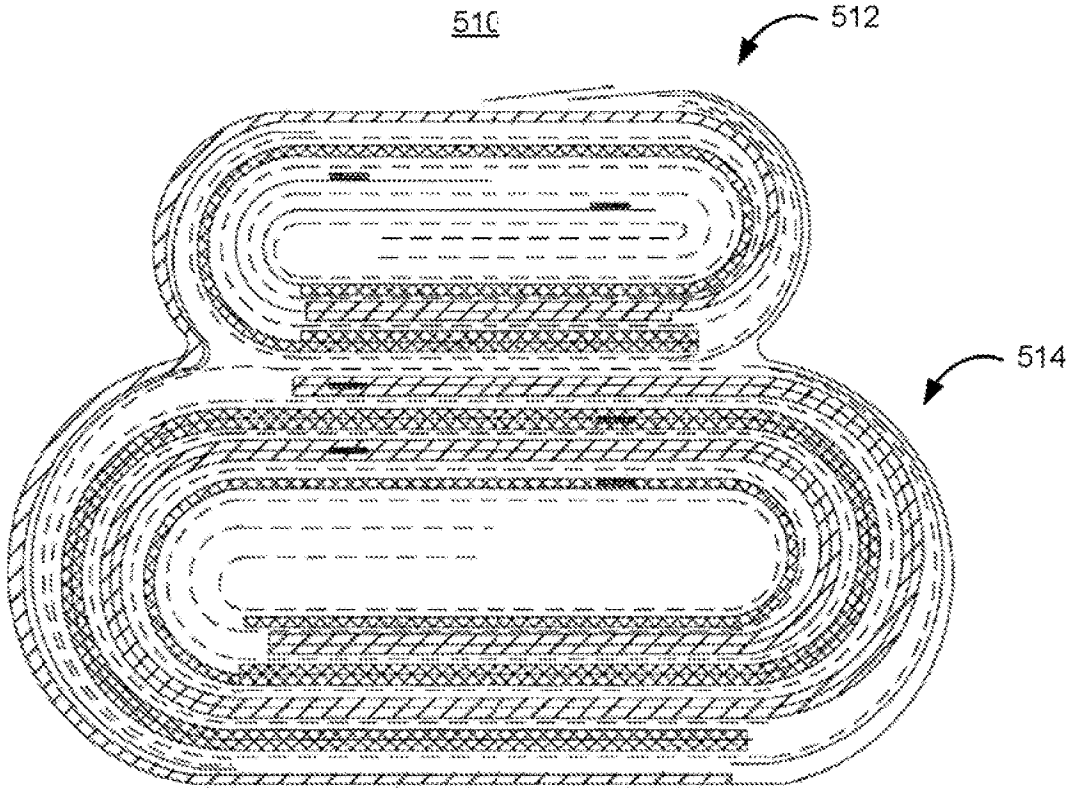


FIGURE 5B

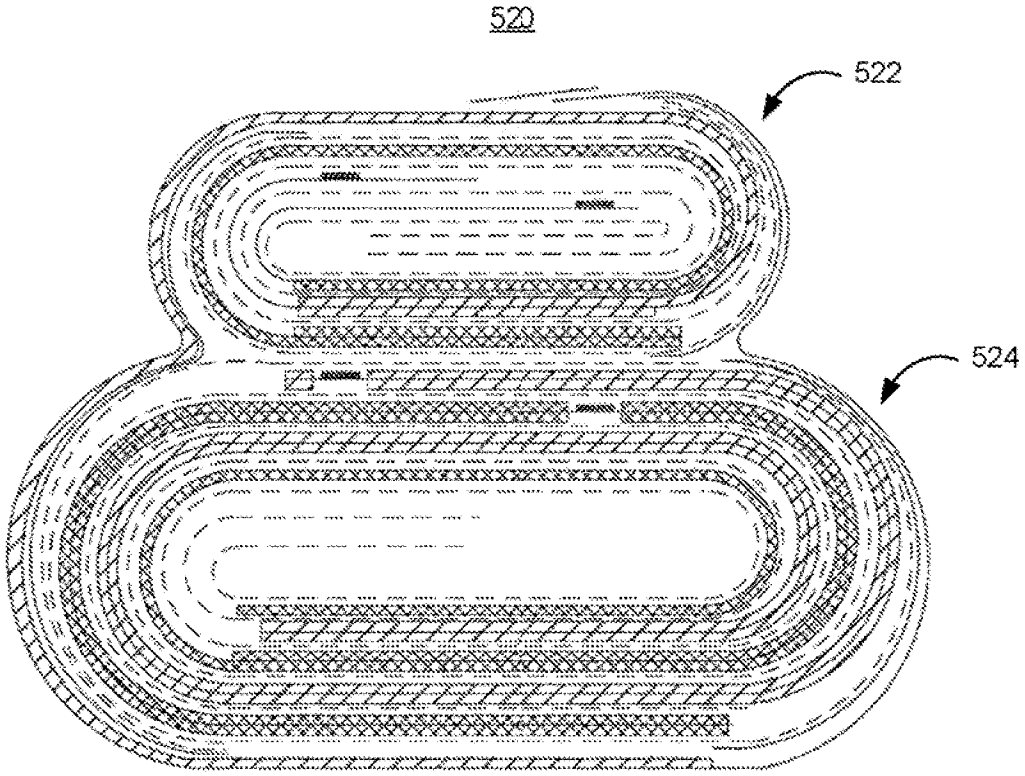


FIGURE 5C

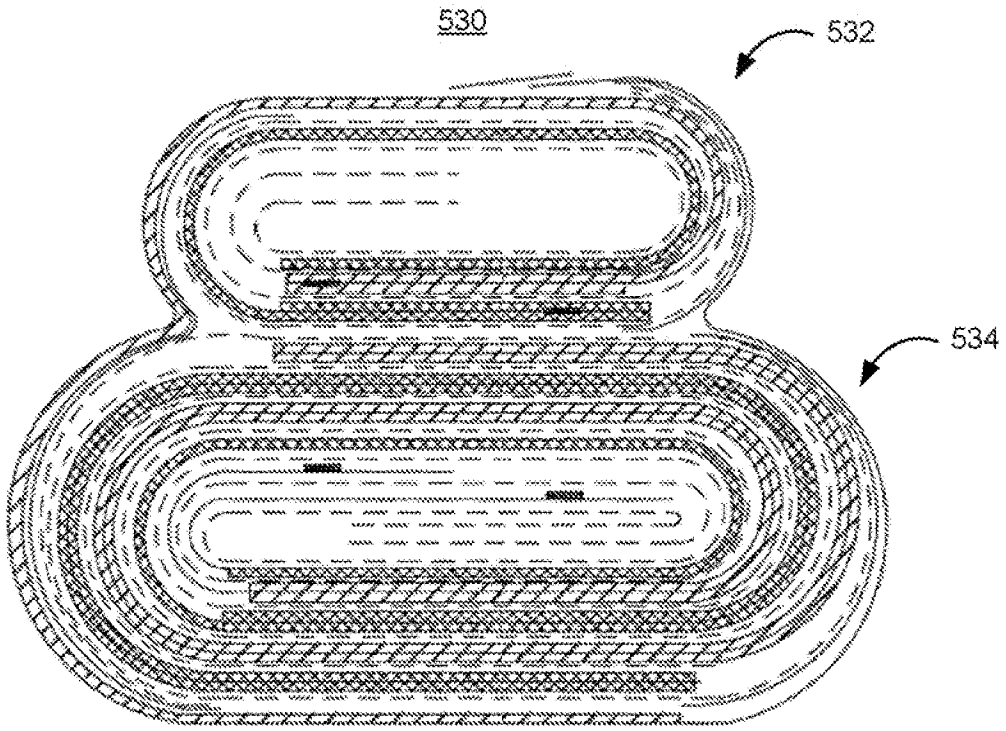


FIGURE 5D

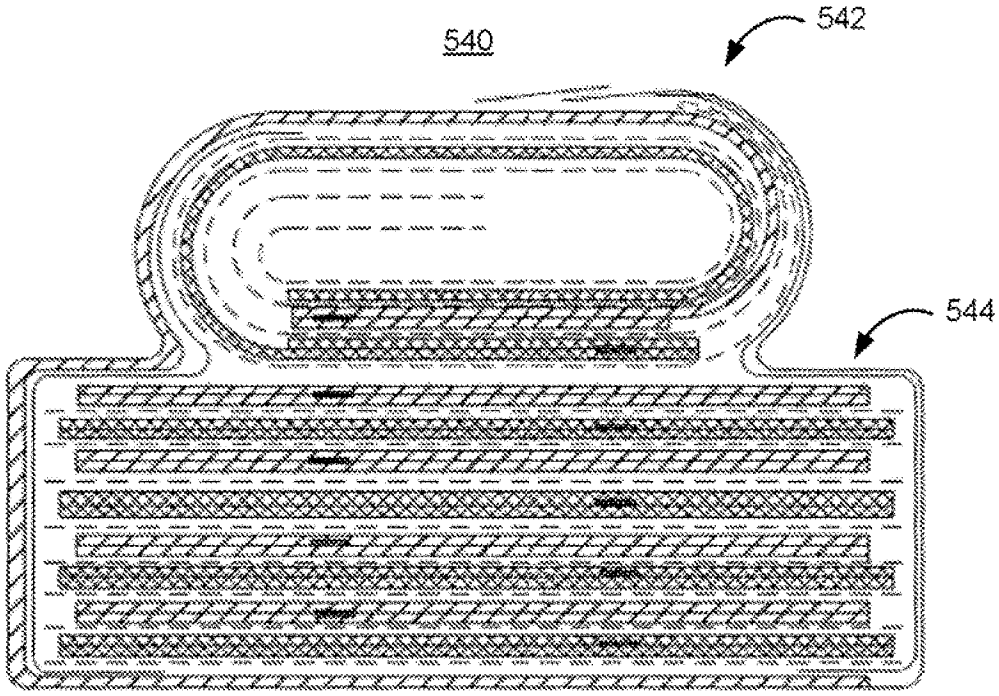


FIGURE 5E

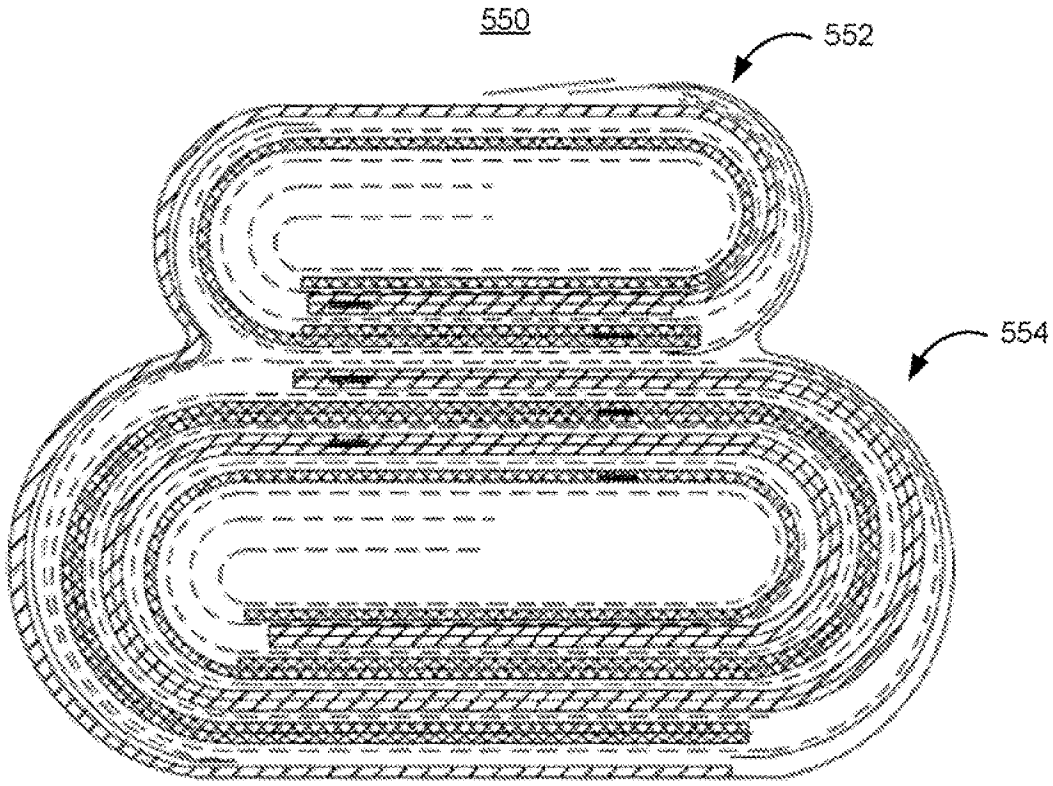


FIGURE 5F

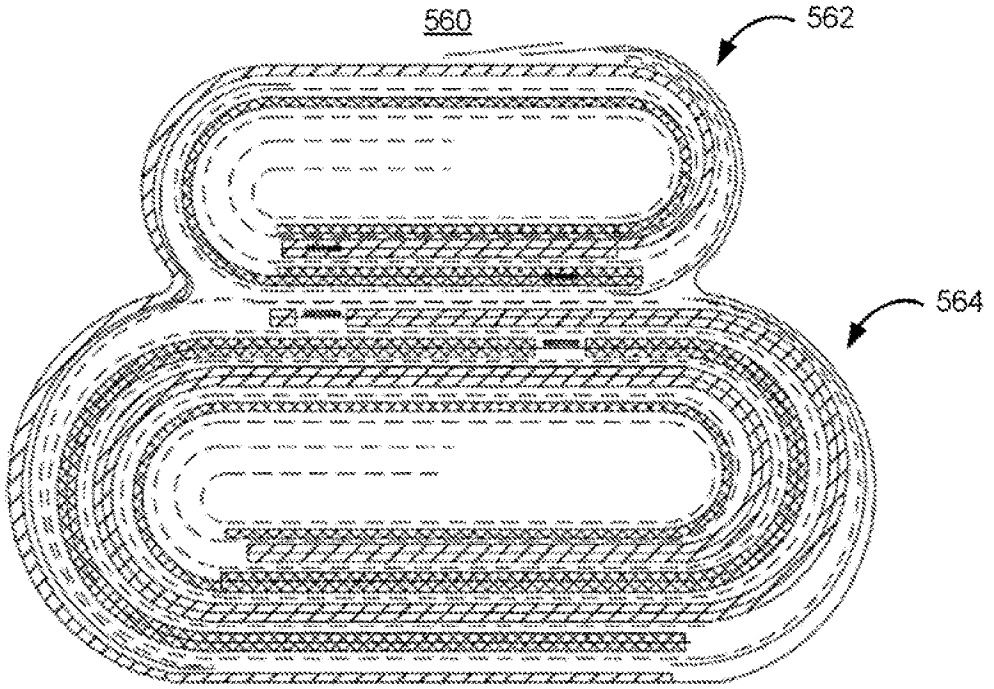


FIGURE 5G

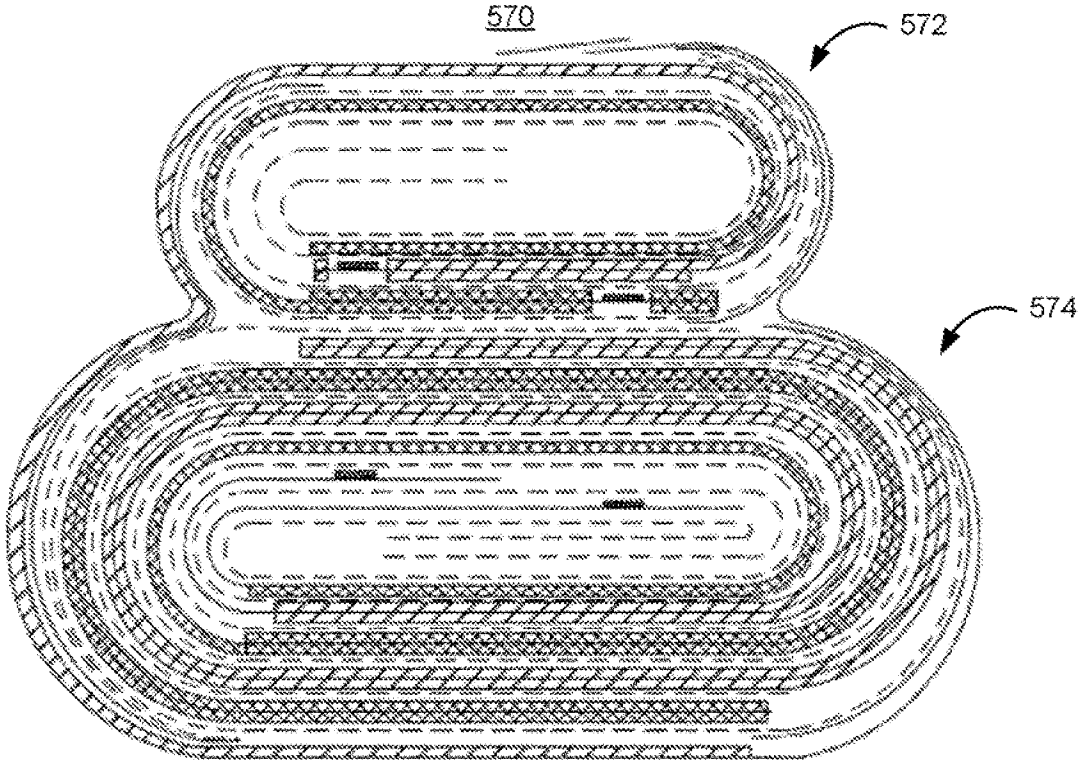


FIGURE 5H

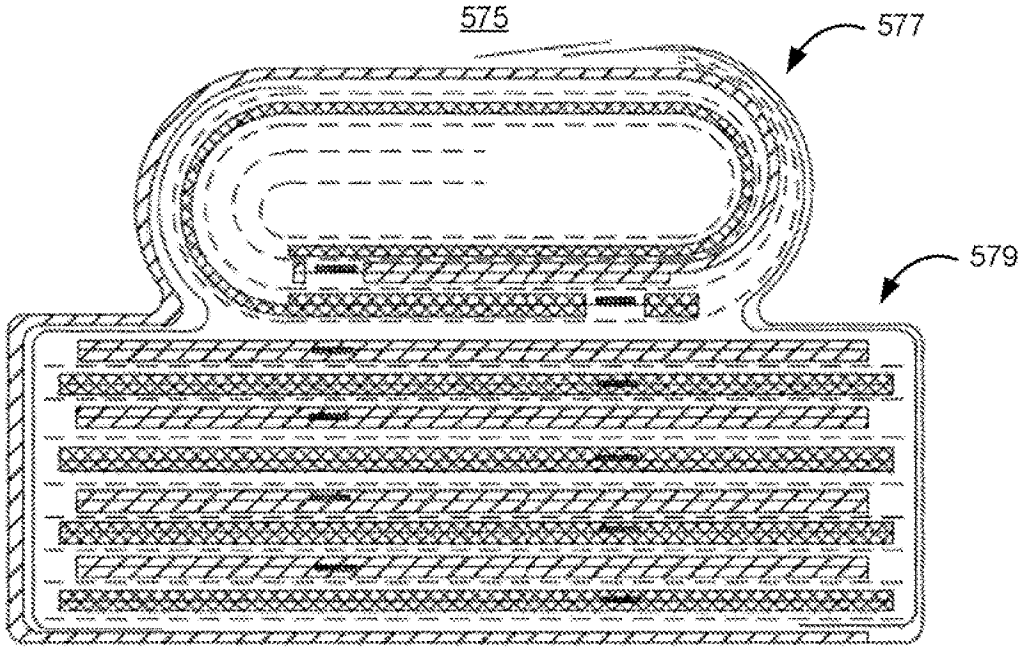


FIGURE 5I

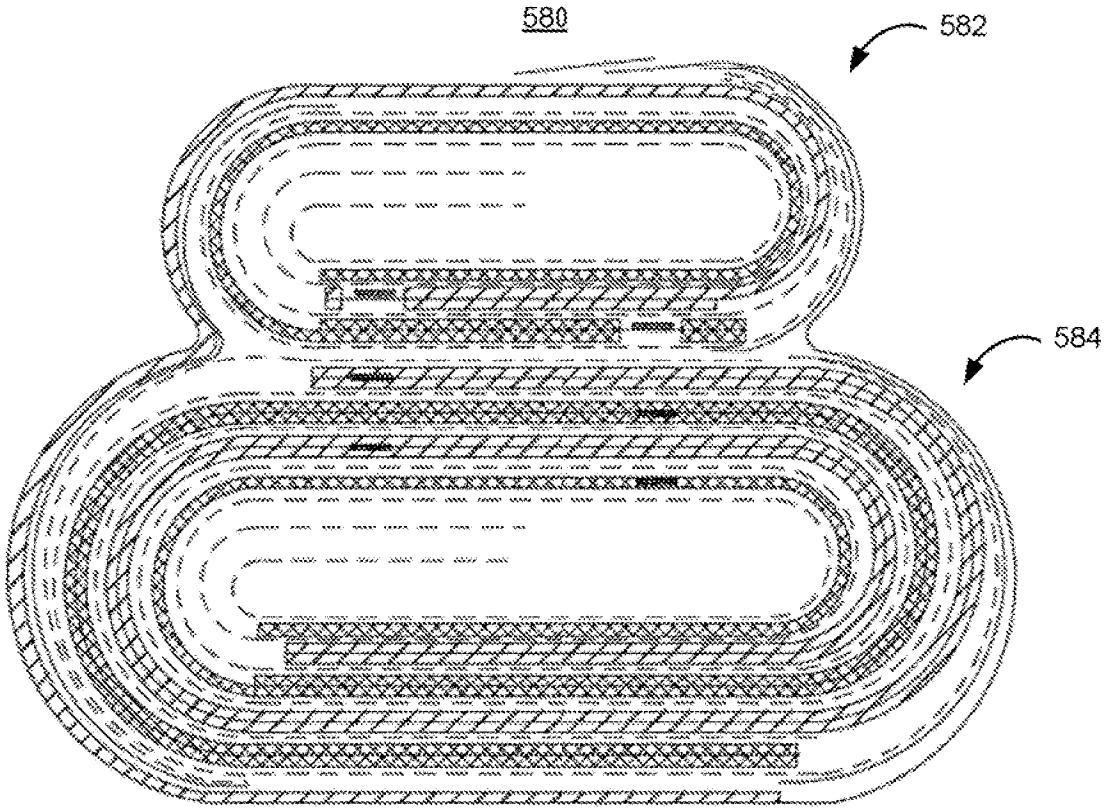


FIGURE 5J

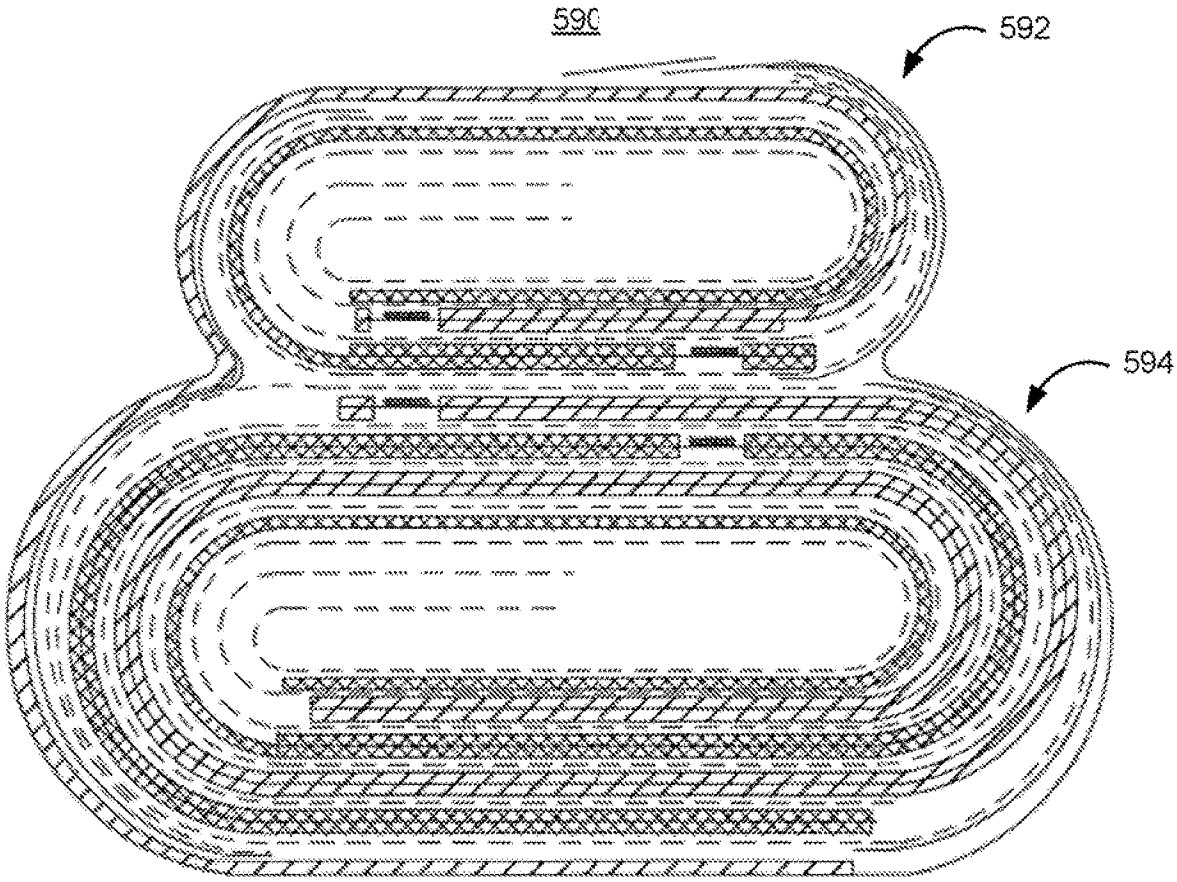


FIGURE 5K

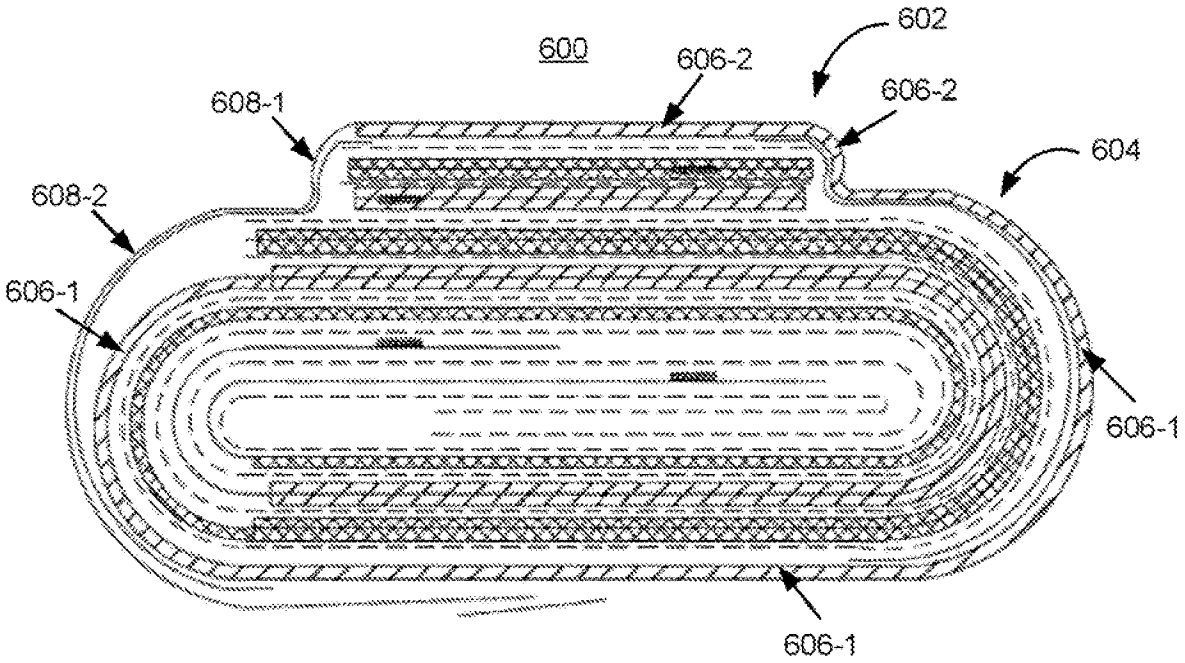


FIGURE 6A

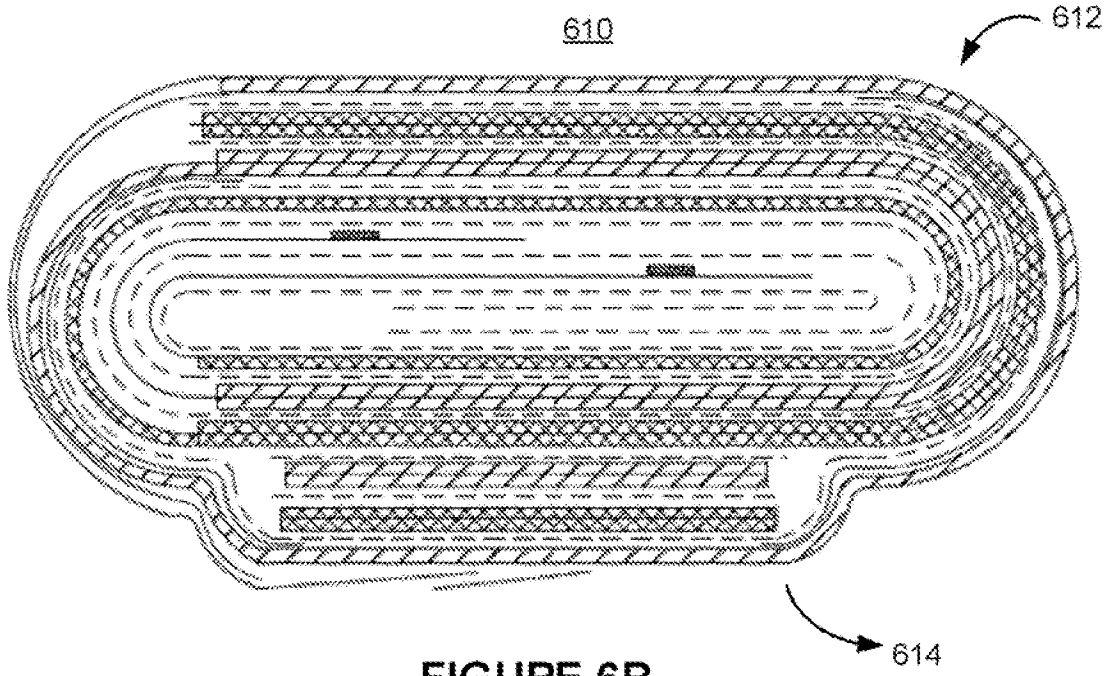


FIGURE 6B

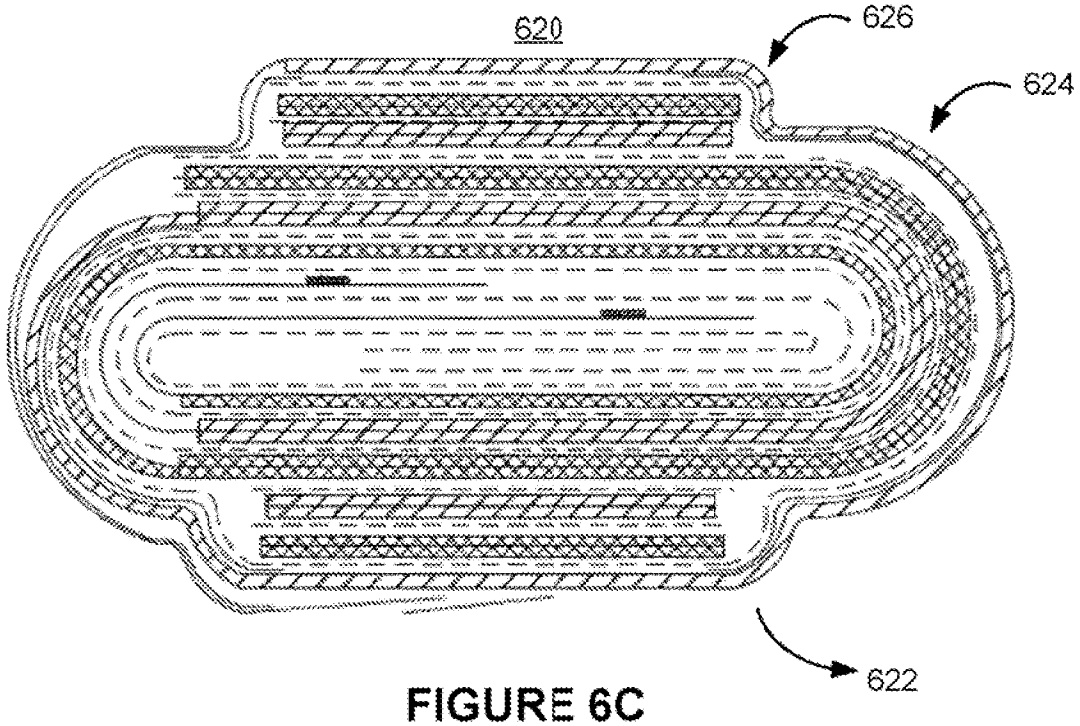


FIGURE 6C

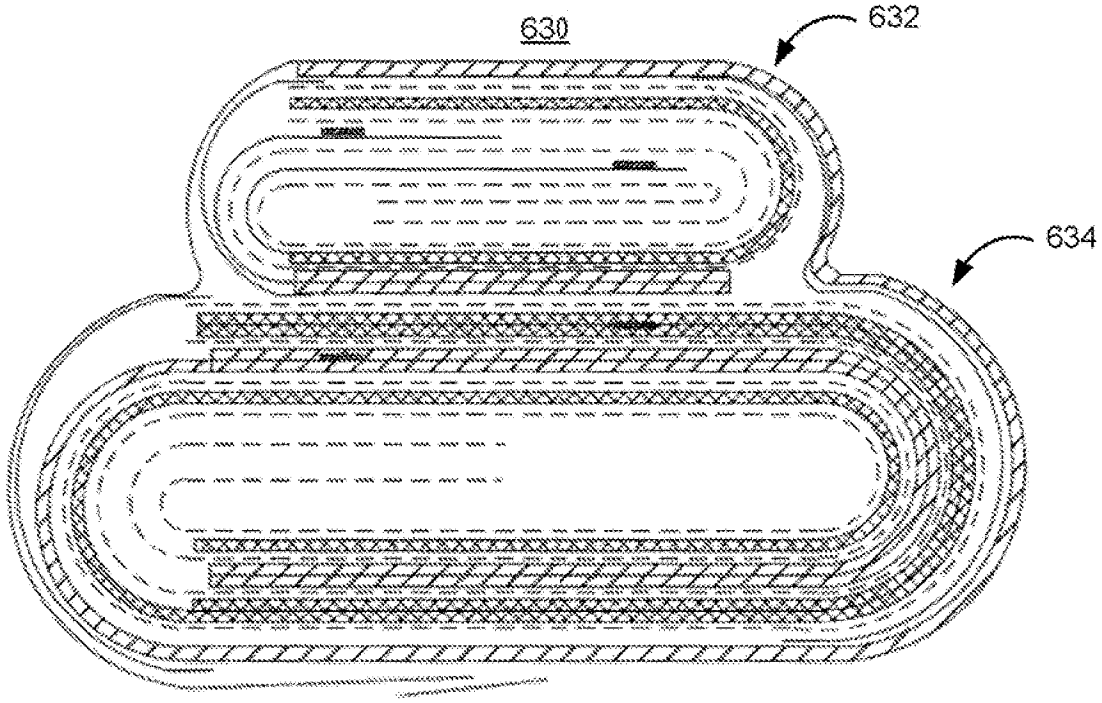


FIGURE 6D

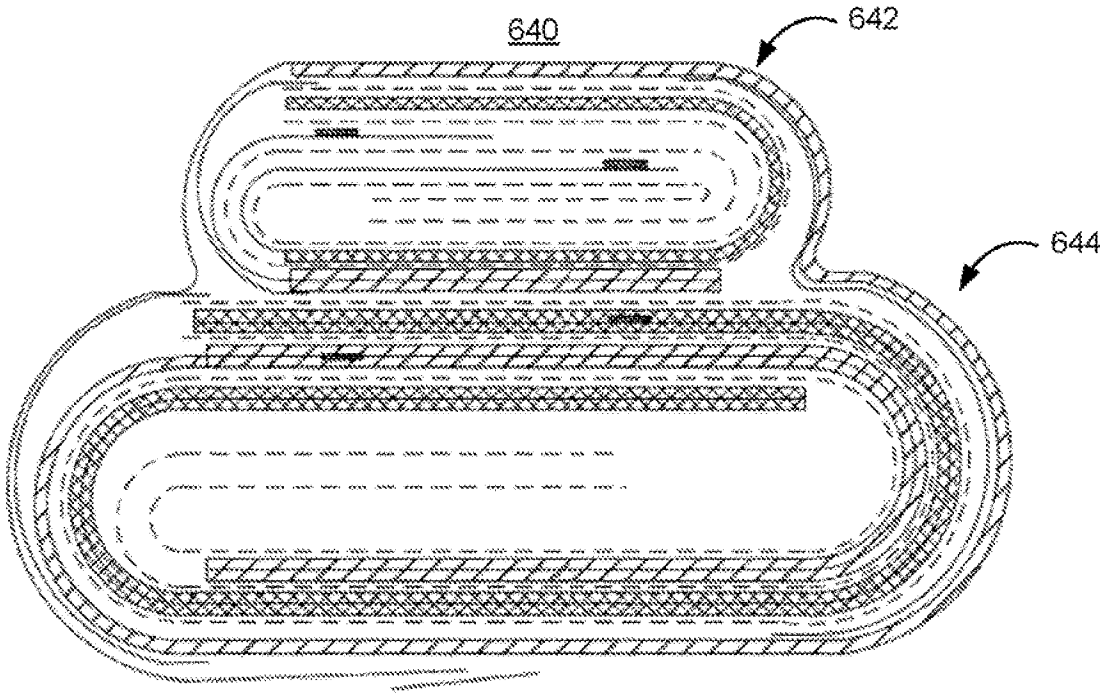


FIGURE 6E

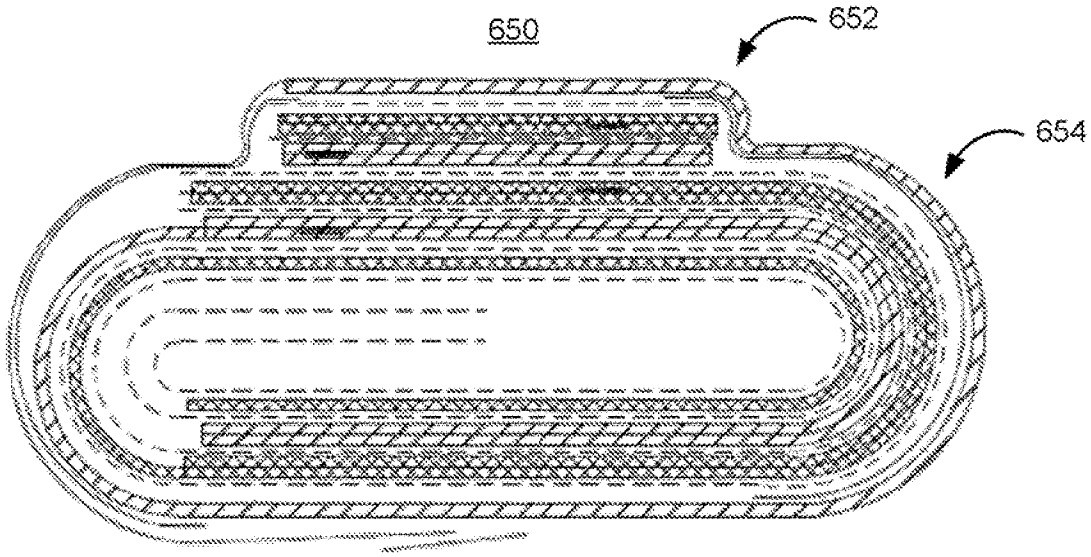


FIGURE 6F

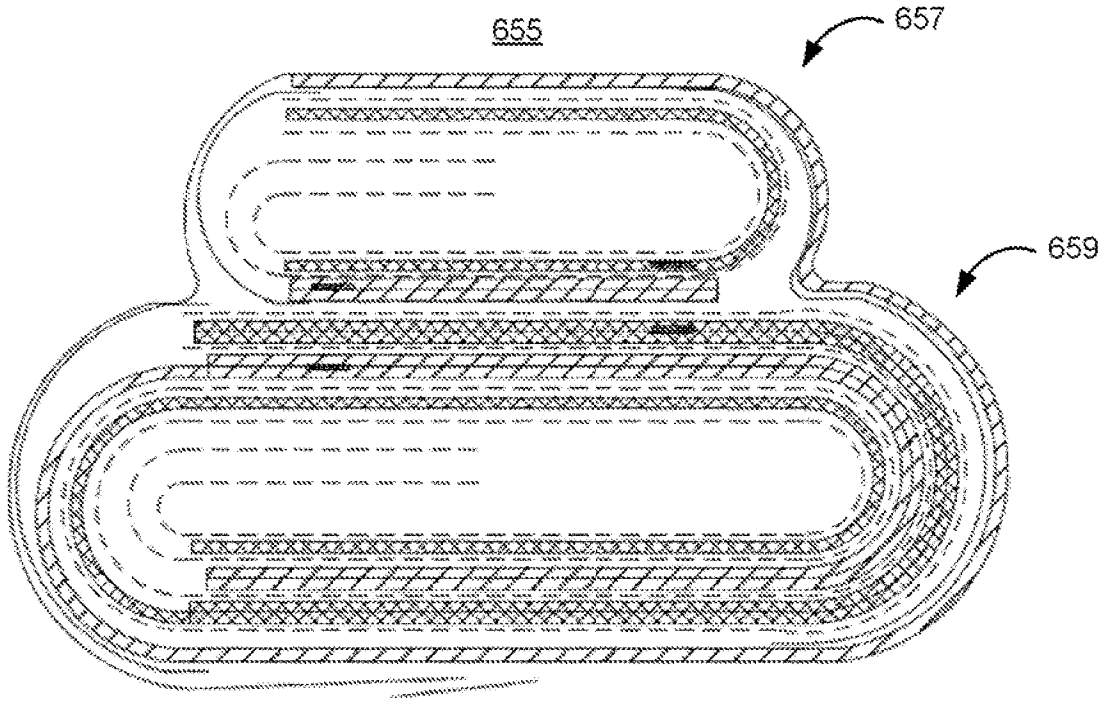


FIGURE 6G

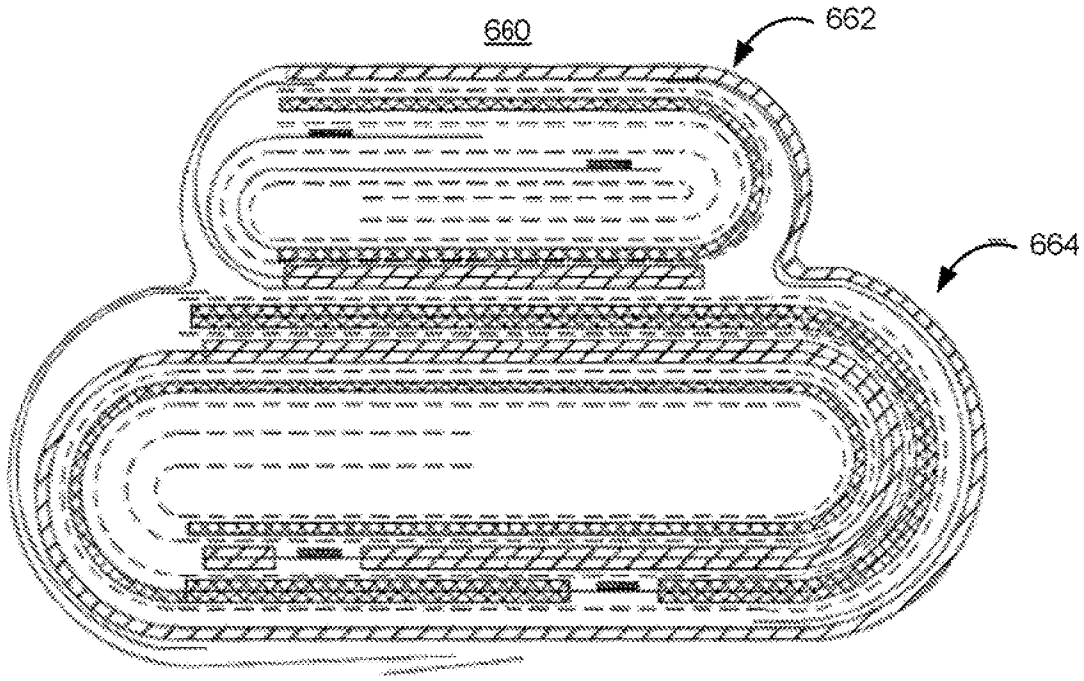


FIGURE 6H

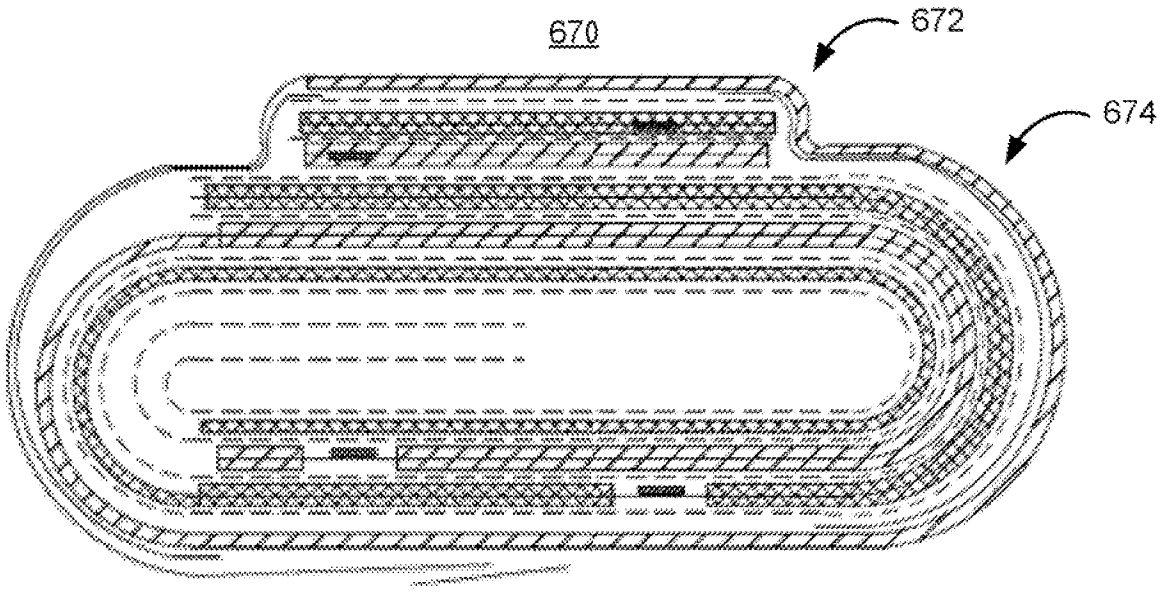


FIGURE 6I

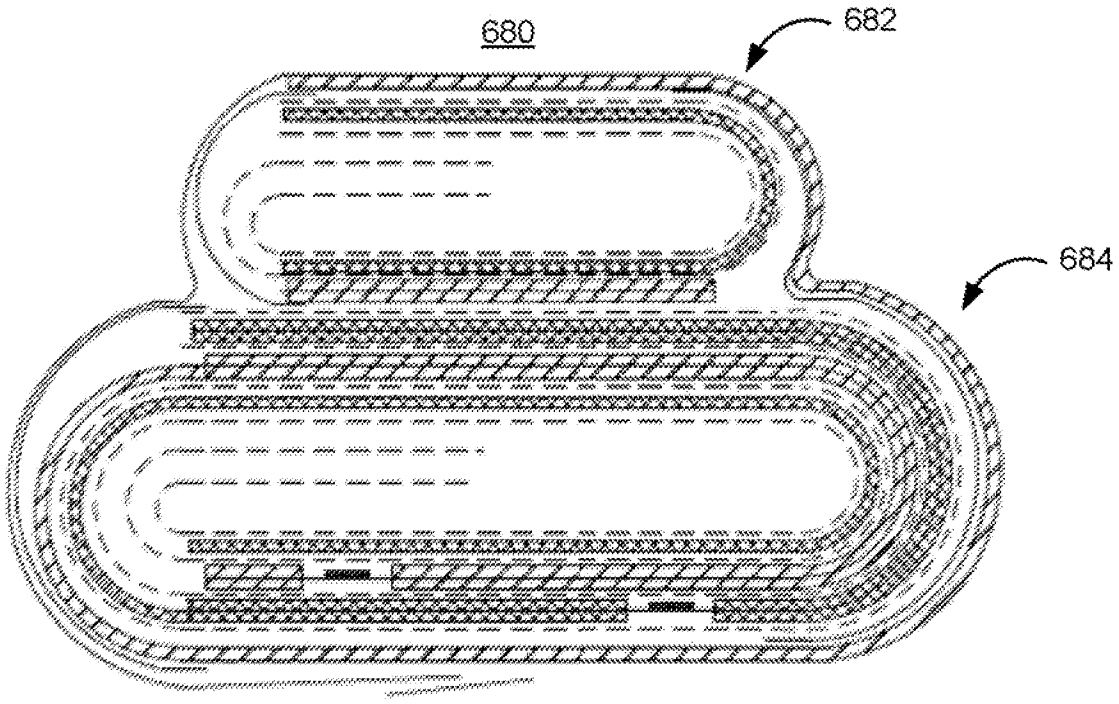


FIGURE 6J

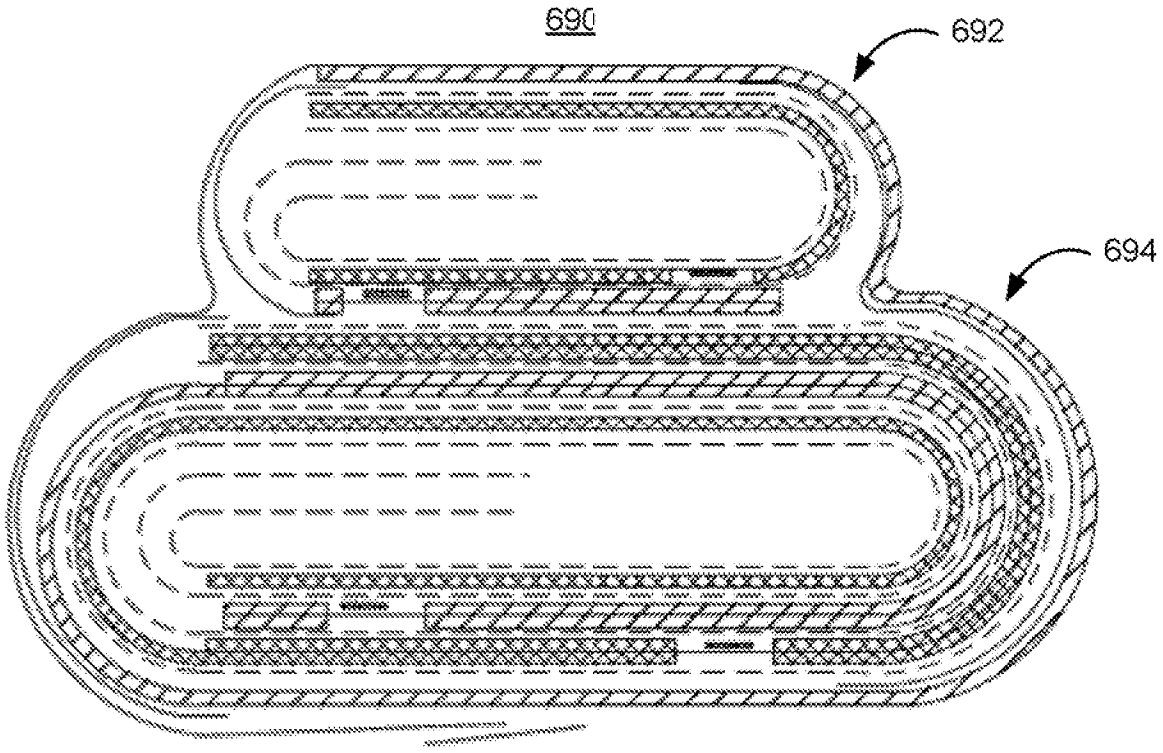


FIGURE 6K



FIGURE 7A



FIGURE 7B

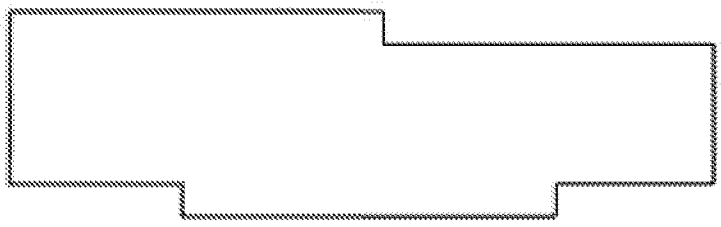


FIGURE 7C

SHARED ELECTRODE SEGMENTS BETWEEN A STEP CELL AND A MAIN CELL OF A STEPPED BATTERY

CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATION

[0001] The application claims priority to Chinese Patent Application No. 201810887262.2, entitled "SHARED ELECTRODE SEGMENTS BETWEEN A STEP CELL AND A MAIN CELL OF A STEPPED BATTERY" filed on Aug. 6, 2018 at the State Intellectual Property Office of the People's Republic of China (SIPO), the disclosure of which is incorporated by reference herein in its entirety.

TECHNICAL FIELD

[0002] The present application is related generally to the field of energy storage devices, and in particular, to lithium ion batteries with stepped structures.

BACKGROUND

[0003] With the development of science and technology, various electronic products emerge and are almost indispensable in daily life. With advantages of high energy density, long cycle life, environmental friendliness and reproductively, lithium ion batteries have been widely used in various electronic products.

[0004] As modern portable electronic devices are miniaturized and designed to have various shapes, conventional are limited by their sizes and regular shapes (e.g., rectangular, cylindrical, etc.) to well fit in these electronic devices. Moreover, convectional batteries often fail to satisfy the need of these electronic devices to have high energy density, high power density, and fast charging/discharging rate with good cyclability. Accordingly, it would be desirable to have versatile batteries with good performance and can be made in irregular shapes to accommodate the need from the portable electronic devices.

SUMMARY

[0005] Conventional stepped batteries have two electrode assemblies that are stacked on each other. The electrodes used in the conventional batteries are often coated with active materials on both surfaces from head to tail. Also the step cell can be directly stacked on the main cell without sharing any electrodes between the two electrode assemblies. As a result, the active materials on some parts of the conventional batteries do not participate in any electrochemical reaction, wasting space within the batteries and reducing the energy density of the devices. Moreover, the step cell and the main cell could shift relatively to each other, jeopardizing the mechanical integrity of the devices. An object of the present application is to provide a lithium ion battery having a stepped structure including one or more segments of an electrode that are shared between a main electrode assembly and a step electrode assembly. Such lithium ion battery can provide custom shapes with improved energy density and robust mechanical integrity after many cycles.

[0006] According to a first aspect of the present application, a battery comprises a first electrode assembly including a first electrode, and a second electrode assembly disposed adjacent the first electrode assembly along a first direction. The first electrode comprises a first segment that is disposed on an outer portion of the second electrode assembly. The first electrode may further comprise a second segment electrically connected to the first segment. The second segment is disposed on an outer portion of the first electrode assembly.

BRIEF DESCRIPTION OF DRAWINGS

[0007] The accompanying drawings, which are included to provide a further understanding of the embodiments and are incorporated herein and constitute a part of the specification, illustrate the described embodiments and together with the description serve to explain the underlying principles. Like reference numerals refer to corresponding parts.

[0008] FIG. **1**A includes schematic structural diagrams of a first side and a second side of a first electrode of a battery, in accordance with some embodiments.

[0009] FIG. **1**B includes schematic structural diagrams of a first side and a second side of a second electrode of a battery, in accordance with some embodiments.

[0010] FIG. **1**C is a schematic structural diagram of an electrode assembly comprising an electrode roll formed through winding of the first and second electrodes as illustrated in FIGS. **1**A and **1**B, in accordance with some embodiments.

[0011] FIGS. **1**D-**1**G are schematic structural diagrams of batteries including two electrode assemblies that are stacked to form stepped structures, in accordance with some embodiments.

[0012] FIGS. **2**A-**2**B are schematic structural diagrams of a first electrode and a second electrode opposite to the first electrode of a battery, in accordance with some embodiments.

[0013] FIG. **2**C is a schematic structural diagram of a separator disposed between two opposing electrodes as illustrated in FIGS. **2**A-**2**B of a battery, in accordance with some embodiments.

[0014] FIG. **2**D is a schematic structural diagram of a battery including two stacking cells that are further stacked to form a stepped structure, in accordance with some embodiments.

[0015] FIG. **2**E is a schematic diagram illustrating a process of forming a battery from a plurality of cells via Z-shape stacking or winding, in accordance with some embodiments.

[0016] FIG. **3**A includes schematic structural diagrams of two sides and a cross-sectional view of a first electrode of a battery, in accordance with some embodiments.

[0017] FIG. **3**B includes schematic structural diagrams of two sides and a cross-sectional view of a second electrode of a battery, in accordance with some embodiments.

[0018] FIGS. **3**C-**3**D are schematic structural diagrams of batteries including two electrode assemblies that are stacked to form stepped structures, in accordance with some embodiments.

[0019] FIG. **4**A includes schematic structural diagrams of two sides of a first electrode of a battery, in accordance with some embodiments.

[0020] FIG. **4**B includes schematic structural diagrams of two sides of a second electrode of a battery, in accordance with some embodiments.

[0021] FIG. **4**C is a schematic structural diagram of a battery including two electrode assemblies that are stacked to form a stepped structure, in accordance with some embodiments.

[0022] FIGS. **5**A-**5**K are schematic structural diagrams of stepped batteries having electrode segments from the step cells to be shared with the main cells, in accordance with some embodiments.

[0023] FIGS. **6**A-**6**K are schematic structural diagrams of stepped batteries having electrode segments from the main cells to be shared with the step cells, in accordance with some embodiments.

[0024] FIGS. **7**A-**7**C are schematic diagrams illustrating various embodiments for stacking the step batteries, in accordance with some embodiments.

DETAILED DESCRIPTION

[0025] Reference will now be made in detail to specific embodiments, examples of which are illustrated in the accompanying drawings. In the following detailed description, numerous non-limiting specific details are set forth in order to assist in understanding the subject matter presented herein. But it will be apparent to one of ordinary skill in the art that various alternatives may be used without departing from the scope of claims and the subject matter may be practiced without these specific details. For example, it will be apparent to one of ordinary skill in the art that the subject matter presented herein can be implemented on many types of energy storage devices, such as batteries. The terms "front", "behind", "left", "right", "upper" and "lower" described in the present application are given with reference to the state where a lithium ion electric roll is disposed in the accompanying drawings.

[0026] FIG. **1**A includes schematic structural diagrams of a first surface **100***a* and a second surface **100***b* of a first electrode **100** (also referred to as "an electrode sheet") of a battery, in accordance with some embodiments. The first surface **100***a* and the second surface **100***b* are two opposite surfaces (also referred to as "sides") of the first electrode **100**. In some embodiments, the first electrode **100** includes a current collector **101** and active material **105** coated on at least one surface of the current collector **101**.

[0027] For ease of description in the current disclosure, two ends of the first electrode **100** are respectively defined as a head (e.g., the left end portion in FIG. **1**A) and a tail (e.g., a right end portion in FIG. **1**A) along a length direction X. In some other embodiments as shown in FIG. **1**A, the active material **105** is coated on both surfaces (e.g., the first surface **100***a* and the second surface **100***b*) of the current collector **101**. In some embodiments along the length direction X, the first surface **100***a* includes a first head uncoated portion **102***a* (e.g., a head blank portion, or a head exposed portion) that is not coated with any active material **105**, a first coated portion **104***a*, and a first tail uncoated portion **106***a* that are sequentially disposed adjacent to each other along the X direction. Similarly, the second surface **100***b* includes a second head uncoated portion **102***b*, a second coated portion **104***b* and a second tail uncoated portion **106***b* that are sequentially disposed adjacent to each other along the X direction. It is to be noted that in the present disclosure, the term "portion" is used interchangeably with the term "segment."

[0028] In some embodiments as shown in FIG. **1**A, the first coated portion **104***a* and the second coated portion **104***b* start at the same location near the head, but end at different locations near the tail. In some embodiments, the first coated portion **104***a* on the first surface **100***a* is longer than the second coated portion **104***b* on the second surface **100***b*. As a result, the first electrode **100** includes a single-side segment **108** that has the active material **105** coated on only one surface (e.g., the first surface **100***a*) of the first electrode **100**. In some embodiments as illustrated in FIG. **1**A, the first electrode **100** includes a head uncoated portion **102** (e.g., a head exposed portion comprised of a portion of a bare current collector), a double-side portion **104**, a single-side portion **108** near the tail, and a tail uncoated portion **106** (e.g., a tail exposed portion comprised of another portion of the bare current collector) that are disposed sequentially along the X direction.

[0029] In some embodiments, the first electrode **100** further includes an electrode tab **110** (also referred to as "a terminal" or "a contact") attached to the head uncoated portion **102**. In some embodiments, the electrode tab **110** is attached to the first surface **100***a* of the first electrode **100**.

[0030] FIG. **1**B includes schematic structural diagrams of a first surface **120***a* and a second surface **120***b* of a second electrode **120** in a lithium ion battery, in accordance with some embodiments. The first surface **120***a* and the second surface **120***b* are two opposite surfaces of the second electrode **120**. In some embodiments, the second electrode **120** and the first electrode **100** of FIG. **1**A are two opposing electrodes of a lithium ion battery. In some embodiments, the second electrode **120** includes a current collector **121** and active material **125** coated on at least one surface of the current collector **121**. In some embodiments, the active material **105** coated on the first electrode **100** is distinct from the active material **125** coated on the second electrode **120**. In some embodiments, the second current collector **121** comprises a different type of material from the first current collector **101**, and is disposed opposite to the first current collector **101** in a lithium ion battery.

[0031] For ease of description in the current disclosure, two ends of the second electrode **120** are respectively defined as a head (e.g., the left end portion in FIG. **1**B) and a tail (e.g., a right end portion in FIG. **1**B) along the length direction X. In some embodiments, the active material **125** is coated on both surfaces (e.g., the first surface **120***a* and the second surface **120***b*) of the current collector **121**. In some embodiments along the length direction X, the first surface **120***a* includes a first head uncoated portion **122***a* that is not coated with any active material **125**, and a first coated portion **124***a* disposed adjacent to the first head uncoated portion **122***a* along the X direction. Similarly, the second surface **120***b* includes a second head uncoated portion **122***b*, and a second coated portion **124***b* disposed adjacent to the second head uncoated portion **122***b* along the X direction.

[0032] In some embodiments as shown in FIG. **1**B, the first coated portion **124***a* and the second coated portion **124***b* start at different locations (e.g., the first coated portion **124***a* being closer to the head), while end at the same location (e.g., at the tail of the electrode). In some embodiments, the first coated portion **124***a* is longer than the second coated portion **124***b* along the X direction. As a result, the second electrode **120** includes a single-side segment **128** that has the active material **125** coated on only one surface (e.g., the first surface **120***a*) of the second electrode **120**. In some embodiments as illustrated in FIG. **1**B, the second electrode **120** includes a head uncoated portion **122**, a single-side portion **128** closer to the head, and a double-side portion **124** extending to the tail that are disposed sequentially along the X direction.

[0033] In some embodiments, the second electrode **120** further includes an electrode tab **130** attached to the head uncoated portion **122**. In some embodiments, the electrode tab **130** is attached to the first surface **120***a* of the second electrode **120**. In some embodiments, the electrode tab **130** is opposite to and made of a different material from the electrode tab **110** in the lithium ion battery.

[0034] Referring now to FIGS. **1**A-**1**B, in some embodiments, the first electrode **100** is a cathode, and the second electrode **120** is an anode of a lithium ion battery. Alternatively, the first electrode **100** is an anode, and the second electrode sheet **120** is a cathode of the lithium ion battery. In some embodiments, the cathode includes a cathode current collector (e.g., the current collector **101** or the current collector **121**) and cathode active material (e.g., the active material **105** or the active material **125**) coated on the cathode current collector. In some embodiments, the anode includes an anode current collector (e.g., the current collector **101** or the current collector **121**) and anode active material (e.g., the active material **105** or the active material **125**) coated on the anode current collector.

[0035] In some embodiments, the cathode current collector comprises an aluminium (Al) sheet, and the anode current collector comprises a copper (Cu) sheet. In some embodiments, each of the cathode current collector and the anode current collector is bendable (e.g., can be wound into a roll), and has a thickness in a range from about 100 nm to about 5000 μm. In some embodiments, the cathode active material includes a material or a mixture of two or more materials selected from $LiCoO_2$, $LiNiO_2$, $LiMn_2O_4$, $LiFePO_4$, $LiMnPO_4$, $LiCoPO_4$, $Li_xM_yMn_{4-y}O_8$ (M=Fe, Co), MnO_2, V_2O_5, TiS_2, and MoS_2. In some embodiments, the anode active material includes one material or a mixture of two or more materials selected from carbon-based anode (e.g., graphite, graphene, carbon nanotubes, carbon nanowires, etc.), tin (Sn)-based anode (e.g., SnO_2, Sn-based composites, Sn-based compounds, Sn-based alloys), silicon (Si)-based anode (e.g., SiO_2, Si-based composites, Si-based compounds), titanium oxide (TiO_2, Ti-based alloys), lithium metal (Li), and iron (Fe) oxide (Fe_2O_3, Fe_3O_4, etc.). The compatibilities of working voltages and chemistry between the cathode and the anode may also be considered when selecting the cathode active material and the anode active material for a lithium ion battery. In some embodiments, the cathode active material and the anode active material have particle sizes in a range from a few nanometers (nm) to a few hundreds of micrometres (μm). In some embodiments, the cathode and anode active materials have various particle shapes, such as nanoparticles, nanotubes, nanopowders, nanoballs, nanoflakes, nanowires, etc. In some embodiments, the active material is mixed with additives and binders to form a paste which is then coated on the corresponding current collector to form the corresponding electrode. In some other embodiments, the active material can be deposited onto the corresponding current collector using any suitable method, such as chemical vapour deposition (CVD), physical vapour deposition (PVD), pulsed laser deposition (PLD), magnetron sputtering deposition, electrochemical depo, epitaxial growth, spin coating method, etc.

[0036] FIG. **1**C is a schematic structural diagram of an electrode assembly **140** comprising an electrode roll formed through winding the first electrode **100** and the second electrode **120** of FIGS. **1**A and **1**B, in accordance with some embodiments. In some embodiments, the electrode assembly **140** is formed by sequentially stacking the first electrode **100**, a separator **144**, and the second electrode **120**, and winding these stacked layers to form the electrode roll as shown in FIG. **1**C. In some embodiments, the winding is along a counterclockwise direction, and starts from the head portions of the first electrode **100** and the second electrode **120**. In some embodiments, the head uncoated portion **122** of the second electrode **120** is closer to the center of the electrode assembly **140** than the head uncoated portion **102** of the first electrode **100**.

[0037] In some embodiments, the first electrode **100** is a cathode, and the second electrode **120** is anode. Alternatively, the first electrode **100** is an anode, and the second electrode **120** is a cathode. For example, as shown in FIG. **1**C, the winding starts from the center including the separator **144**, the head uncoated portion **122** and the electrode tab **130**, and the head uncoated portion **102** and the anode tab **110**. The separator **144** is placed between the cathode current collector and the anode current collector to avoid a direct contact between these metals. In some embodiments, the electrode tab **110** and the electrode tab **130** are arranged to avoid directly stacking on each other, so as to reduce the total thickness and volume of the electrode assembly **140** to improve the battery energy density.

[0038] As shown in FIG. **1**C, when the electrode assembly **140** is formed through winding, the coated surface (e.g., **124***a*) of the single-side segment **128** directly faces a coated surface (e.g., **104***b*) of the double-side portion **104**. The opposite coated surface (e.g., **104***a*) of the double-side portion **104** directly faces a coated surface (e.g., **124***b*) of the double-side portion **124**. Continue winding outward, the opposite coated surface (e.g., **124***a*) of the double-side portion **124** directly faces the coated surface (e.g., **104***b*) of the double-side portion **104**. The single-side segment **108** continues to wind to form an outer portion of the electrode assembly **140**. In one example, the single-side segment **108** covers a top, a left side, and a bottom of the electrode assembly **140**. The tail uncoated portion **106** of the cathode **142** covers a right side of the outer portion of the electrode assembly **140** and ends the winding at the top of the electrode assembly **140**. A tail adhesive **148** is used to attach the tail uncoated portion **106** on the outer portion of the electrode assembly **140**.

[0039] In some embodiments, the electrode assembly **140** further includes an electrolyte (not shown) disposed between the cathode and the anode. In some embodiments, the electrode assembly **140** can use a liquid electrolyte, a gel electrolyte, or a solid electrolyte. The liquid electrolyte can be one or more lithium-based salts selected from $LiPF_6$, $LiBF_4$, $LiASF_6$, $LiClO_4$, $LiB(C_6H_5)_4$, $LiCH_3SO_3$, $LiCF_3SO_3$, $LiN(SO_2CF_3)_2$, $LiC(SO_2CF_3)_3$, $LiSiF_6$, LiBO and LIODFB dissolved in a nonaqueous solvent.

[0040] The nonaqueous solvent may include a carbonate ester compound, a carboxylic acid compound, an ether compound, other suitable organic solvent, or a combination thereof. In some embodiments, the carbonate ester compound may be a chain carbonate compound, a cyclic carbonate compound, a fluorocarbonate compound, or a combination thereof. Examples of chain carbonate compounds include diethyl carbonate (DEC), dimethyl carbonate (DMC), dipropyl carbonate (DPC), methylpropyl carbonate (MPC), ethylene carbonate (EPC), carbonic acid ethyl acetate (MEC), and combinations thereof. Examples of cyclic carbonate compounds include ethylene carbonate

(EC), propylene carbonate (PC), butylene carbonate (BC), vinyl ethylene carbonate (VEC), and combinations thereof. Examples of fluorocarbonate compounds include fluoroethylene carbonate (FEC), 1,2-difluoroethylene carbonate, 1,1-difluoroethylene carbonate, and 1,1,2-tricarboxylic acid. Fluoroethylene, 1,1,2,2-tetrafluoroethylene carbonate, 1-fluoro-2-methylethyl carbonate, 1-fluoro-1-methyl-ethylene carbonate, carbonic acid 1,2-Difluoro-1-methylethylene, 1,1,2-trifluoro-2-methylethyl carbonate, trifluoromethyl ethylene carbonate, and combinations thereof. Examples of carboxylic acid ester compounds include methyl acetate, ethyl acetate, n-propyl acetate, tert-butyl acetate, methyl propionate, ethyl propionate, γ-butyrolactone, terpene lactone, valerolactone, DL-mevalonic acid lactone, caprolactone, methyl formate, and combinations thereof. Examples of ether compounds include dibutyl ether, tetraethylene glycol dimethyl ether, diethylene glycol dimethyl ether, 1,2-dimethoxyethane, 1,2-diethoxyethane, and ethoxymethoxy. Ethane, 2-methyltetrahydrofuran, tetrahydrofuran and combinations thereof. Examples of ether compounds include dibutyl ether, tetraethylene glycol dimethyl ether, diethylene glycol dimethyl ether, 1,2-dimethoxyethane, 1,2-diethoxyethane, and Ethoxymethoxyethane, 2-methyltetrahydrofuran, tetrahydrofuran, and combinations thereof. Examples of other organic solvents include dimethyl sulfoxide, 1,2-dioxolane, sulfolane, methyl sulfolane, 1,3-dimethyl-2-imidazolidinone, N-methyl-2-pyrrolidone, Formamide, dimethylformamide, acetonitrile, trimethyl phosphate, triethyl phosphate, trioctyl phosphate, phosphate esters, and combinations thereof.

[0041] In some embodiments, the separator **144** is made of one or more materials selected from polyethylene, polypropylene, polyethylene terephthalate, polyimide, and aramid. For example, polyethylene for the separator can be high-density polyethylene, low-density polyethylene, or polyethylene with ultra-high molecular weight. Polyethylene separator and polypropylene separator can effectively prevent short-circuit between the cathode current collector and the anode current collector and thus improve stability and cyclability of the battery. In some embodiments, one or both surfaces of the separator is porous, and the pours layer includes inorganic particles and binders. In some embodiments, the inorganic particles include one or more inorganic compounds selected from aluminum oxide (Al_2O_3), silicon oxide (SiO_2), magnesium oxide (MgO), titanium oxide (TiO_2), hafnium dioxide (HfO_2), tin oxide (SnO_2), cerium oxide (CeO_2), nickel oxide (NiO), zinc oxide (ZnO), calcium oxide (CaO), zirconium oxide (ZrO_2), yttrium oxide (Y_2O_3), silicon carbide (SiC), boehmite, aluminum hydroxide, magnesium hydroxide, calcium hydroxide, and barium sulfate. In some embodiments, the binders include one or more types of materials selected from polyvinylidene fluoride, vinylidene fluoride-hexafluoropropylene copolymer, polyamide, polyacrylonitrile, polyacrylate, polyacrylic acid, polyacrylate, carboxymethylcellulose sodium, polyvinyl pyrrolidone, polyethylene, polymethylmethacrylate, polytetrafluoroethylene, and polyhexafluoropropylene. The porous surface can improve thermal resistance and oxidation resistance of the separator. The porous surface can also have an improved electrolyte infiltration effect to provide a better contact between the separator and the cathode and anode.

[0042] As illustrated herein, the cathode and the anode are designed and prepared as discussed with reference to FIGS. **1A-1B**, such that in the electrode assembly **140** of FIG. **1C**, all cathode active material and anode active material participate in electrochemical reactions to generate electric energy. As a result, the electrode assembly **140** can have a much improved energy density.

[0043] FIG. **1D** is a schematic structural diagram of a battery **170** including a step electrode assembly **171** stacked on a main electrode assembly **181** along a vertical Y direction to form a stepped structure, in accordance with some embodiments. In some embodiments, both the step electrode assembly **171** and the main electrode assembly **181** wind along a counterclockwise direction starting from a center to an outer layer of a respective electrode assembly. In some embodiments, the step electrode assembly **171** is shorter (or narrower) than the main electrode assembly **181** along a horizontal X direction.

[0044] In some embodiments, the step electrode assembly **171** has a similar structure as the electrode assembly **140** as discussed with reference to FIG. **1C**. In some embodiments, the step electrode assembly **171** uses the first electrode **100** (FIG. **1A**) and the second electrode **120** (FIG. **1B**) as two opposing electrodes. In some embodiments, the first electrode **100** is a cathode, and the second electrode **120** is an anode of the step electrode assembly **171**. Alternatively, the first electrode **100** is an anode, and the second electrode **120** is a cathode. In some embodiments, the step electrode assembly **171** is formed by sequentially stacking the first electrode **100**, the separators **172**, and the second electrode **120**, and winding these stacked layers to form the electrode roll **171** as shown in FIG. **1D**. In some embodiments, the first electrode **100** includes the head uncoated segment **102**, the double-side segment **104**, the single-side segment **108**, and the tail uncoated segment **106**. In some embodiments, the second electrode **120** includes the head uncoated segment **122**, the single-side segment **128**, and the double-side segment **124**. Separators **172** (dashed lines in FIG. **1D**) are disposed between the cathode and anode to prevent direct contact between the cathode and the anode.

[0045] In some embodiments, the main electrode assembly **181** uses a first electrode modified from the electrode **100** of FIG. **1A** ("the modified first electrode") and the second electrode **120** of FIG. **1B** as two opposing electrodes. In some embodiments, the second electrode **120** is a cathode and the modified first electrode is an anode of the electrode assembly **181**. Alternatively, the second electrode **120** is an anode and the modified first electrode is a cathode. Separators **182** (dashed lines in FIG. **1D**) are disposed between the cathode and anode of the main electrode assembly **181** to prevent direct contact between the cathode and the anode. In some embodiments, the main electrode assembly **181** is formed by sequentially stacking the modified first electrode, the separators **182**, and the second electrode **120**, and winding these stacked layers to form the electrode roll as shown in FIG. **1D**.

[0046] In some embodiments, the second electrode **120** of the main electrode assembly **181** includes the head uncoated segment **122**, the single-side segment **128**, and the double-side segment **124**. As shown in FIG. **1D**, the modified first electrode includes the head uncoated segment **102** and the electrode tab **110** disposed near the center of the electrode assembly **181**. The modified first electrode further includes the double-side segment **104** that connects to the head uncoated segment **102**, winds within the main electrode assembly **181**, and ends at the top of the main electrode assembly **181**. In some embodiments, different from the first

electrode **100** as shown in FIG. 1A, the modified first electrode does not include a single-side segment or a tail uncoated segment, because a part of the single-side segment **108** and a part of the tail uncoated segment **106** from the step electrode assembly **171** extend to cover an outer portion of the main electrode assembly **181** as shown in FIG. 1D as discussed below.

[0047] In some embodiments, the step electrode assembly **171** and the main electrode assembly **181** share one or more parts. In some embodiments, the shared parts are from the step electrode assembly **171**. For example, in some embodiments, the single-side segment **108** of the first electrode **100** (e.g., the cathode or the anode) in the step electrode assembly **171** comprises a first single-side segment **108-1** disposed on an outer portion (e.g., including right, top, and left sides) of the step electrode assembly **171**, and a second single-side segment **108-2** disposed on an outer portion (e.g., left and bottom sides) of the main electrode assembly **181**. In some embodiments, separators are also shared between the step and main electrode assemblies.

[0048] In some embodiments in the step electrode assembly **171**, the coated surface of the first single-side segment **108-1** is facing the coated surface of the single-side segment **128** of the opposing electrode to participate in electrochemical reactions to generate electric energy. In some embodiments in the main electrode assembly **181**, the coated surface of the second single-side segment **108-2** is facing a coated surface of the double-side segment **124** of the opposing electrode to participate in electrochemical reactions to generate electric energy.

[0049] The tail uncoated segment **106** of the first electrode **100** in the step electrode assembly **171** further comprises a first segment **106-1** disposed on an outer portion (e.g., right side) of the main electrode assembly **181**, and a second segment **106-2** disposed on an outer portion (e.g., right side) of the step electrode assembly **171** and ends at the top of the step electrode assembly **171**. In some embodiments, a tail adhesive **174** is used to attach the tail uncoated segment **106-2** on the outer portion of the electrode assembly **171**. In some embodiments as shown in FIG. 1D, the protective adhesives **173** and **183**, and a shared protective adhesive **185** are disposed on respective sides of the step electrode assembly **171** and the main electrode assembly **181** to prevent precipitation and/or exposure of lithium from the battery **170**. Examples of the protective adhesive materials include PET film attached to acrylic adhesive tape to provide insulation protection, binding, and fixation.

[0050] In some embodiments at the interface between the step electrode assembly **171** and the main electrode assembly **181**, one coated surface of the double-side segment **124** from the step electrode assembly **171** directly faces one coated surface of the double-side segment **104** of the main electrode assembly **181** such that electrochemical reactions take place between these two opposite electrodes to generate electrical energy.

[0051] In some embodiments, the component-sharing structure of the battery **170** as discussed herein can avoid relative movement between the step electrode assembly **171** and the main electrode assembly **181** in the battery **170** to provide a better mechanical integrity. Furthermore, the battery **170** has an improved energy density compared to the conventional stepped batteries, because the design and structure of the electrodes in the battery **170** can optimize and/or maximize the coated areas having active materials that participate in electrochemical reactions to generate more electrical energy. In addition, the structure of the stepped battery **170** can mitigate the material corrosion issues in the conventional batteries thanks to the reduced active material exposure in the battery **170**.

[0052] FIG. 1E is a schematic structural diagram of a battery **190** including a step electrode assembly **191** stacked on a main electrode assembly **192** along a vertical Y direction to form a stepped structure, in accordance with some embodiments. In some embodiments, both the step electrode assembly **191** and the main electrode assembly **192** wind counterclockwise and starting from a center. In some embodiments, the step electrode assembly **191** is shorter (or narrower) than the main electrode assembly **192** along a horizontal X direction. In some embodiments, different from the battery **170** as discussed with reference to FIG. 1D, the shared parts between the step electrode assembly **191** and the main electrode assembly **192** are from the main electrode assembly **192**.

[0053] In some embodiments, the step electrode assembly **191** includes a first electrode including a head uncoated segment connected to a double-side segment disposed at the interface between the step electrode assembly **191** and the main electrode assembly **192**. The step electrode assembly **191** further includes a second electrode opposite to the first electrode and including a head uncoated segment connected to a single-side segment. Both the first and second electrodes of the step electrode assembly **191** wind counterclockwise starting from a center toward outside.

[0054] In some embodiments, the main electrode assembly **192** includes a similar structure as the electrode assembly **140** as discussed with reference to FIG. 1C, which includes the first electrode **100** (FIG. 1A) and the second electrode **120** (FIG. 1B) as two opposing electrodes. The first electrode **100** includes an uncoated head segment, a double-side segment, a single-side segment (including a segment **108-1** disposed on the main electrode assembly **192** and a segment **108-2** disposed on an outer right and top sides of the step electrode assembly **191**), and a tail uncoated segment (including a segment **106-1** disposed on an outer left side of the step electrode assembly **191** and a segment **106-2** on an outer left side of the main electrode assembly **192**).

[0055] In some embodiments, the first electrode from the step electrode assembly or the main electrode assembly can be a cathode or an anode, while the second electrode being an anode or a cathode that is opposite to the first electrode. In some embodiments, the battery **190** further includes separators (dashed lines) disposed between the opposing electrodes (e.g., the first electrode and the second electrode, or the cathode and the anode). In some embodiments, the battery **190** further includes a tail adhesive to seal the end of the tail uncoated segment on the main electrode assembly **192**, and protective adhesives to prevent precipitation and/or exposure of lithium from the battery **190**.

[0056] In some embodiments, the step electrode assembly **191** and the main electrode assembly **192** share one or more parts of the first electrode from the main electrode assembly **192**, including the above discussed single-side segments **108-1** and **108-2**, and the tail uncoated segments **106-1** and **106-2**. In some embodiments at the interface between the step electrode assembly **191** and the main electrode assembly **192**, the double-side segment of the first electrode from the step electrode assembly **191** is facing the double-side

segment of the second electrode from the main electrode assembly **192** to participate in the electrochemical reactions between the two opposing electrodes to generate electrical energy.

[0057] FIG. **1**F is a schematic structural diagram of a battery **150** including a main electrode assembly **151** stacked on a step electrode assembly **152** along a vertical Y direction to form an inverted stepped structure, in accordance with some embodiments. In some embodiments, the first electrode, the separators, and the second electrode of the main electrode assembly **151** wind along a counterclockwise direction starting from a center to an outer layer of the main electrode assembly **151**. On the other hand, the first electrode, the separators, and the second electrode of the step electrode assembly **152** wind along a clockwise direction from a center to an outer layer of the step electrode assembly **152**. In some embodiments, the step electrode assembly **152** is shorter (or narrower) than the main electrode assembly **151** along a horizontal X direction.

[0058] In some embodiments, the main electrode assembly **151** has a similar structure as the electrode assembly **140** (FIG. **1**C) or the step electrode assembly **171** (FIG. **1**D). For example, the main electrode assembly **151** uses the first electrode **100** (FIG. **1**A) and the second electrode **120** (FIG. **1**B) as two opposing electrodes. The first and second electrodes in the main electrode assembly **151** include similar segments as discussed with reference to FIGS. **1**A-**1**B and FIG. **1**D. In some embodiments, the first electrode **100** is a cathode, and the second electrode **120** is an anode of the main electrode assembly **151**. Alternatively, the first electrode **100** is an anode, and the second electrode **120** is a cathode.

[0059] In some embodiments, the first electrode of the step electrode assembly **152** includes a head uncoated segment winding clockwise outward and a double-side segment **154** disposed on the top side of the step electrode assembly **152**. In some embodiments, the second electrode opposite to the first electrode includes a head uncoated segment winding clockwise outward, and a single-side segment **153** disposed on the top side and opposite to the double-side segment of the first electrode. The single-side segment **153** of the second electrode further winds clockwise to be disposed on the right side and the bottom side of the step electrode assembly **152**. In some embodiments, the first electrode is a cathode, and the second electrode is an anode of the step electrode assembly **152**. Alternatively, the first electrode is an anode, and the second electrode is a cathode of the step electrode assembly **152**.

[0060] In some embodiments, the main electrode assembly **151** and the step electrode assembly **152** share one or more parts. For example, in some embodiments, the single-side segment **108** of the first electrode **100** in the main electrode assembly **151** comprises a first single-side segment **108-1** disposed on a portion (e.g., the left side) of the main electrode assembly **151**, a second single-side segment **108-2** disposed on a portion (e.g., left, bottom, and right sides) of the step electrode assembly **152**, and a third single-side segment **108-3** disposed on a portion (e.g., the right and top sides) of the main electrode assembly **151**. In some embodiments, the second single-side segment **108-2** of the first electrode **100** extending from the main electrode assembly **151** is facing the single-side segment **153** of the second electrode from the step electrode assembly **152** to participate in electrochemical reactions between these two opposite electrodes to generate electric energy.

[0061] In some embodiments, the tail uncoated segment **106** of the first electrode **100** in the main electrode assembly **151** comprises a first segment **106-1** disposed on an outer portion (e.g., left side) of the main electrode assembly **151**, and a second segment **106-2** disposed on an outer portion (e.g., left side) of the step electrode assembly **152**, and ends at the bottom of the step electrode assembly **152**. In some embodiments, a tail adhesive **159** is used to attach the tail uncoated segment **106-2** on the outer bottom portion of the step electrode assembly **152**. In some embodiments as shown in FIG. **1**F, the main electrode assembly **151** and the step electrode assembly **152** share the protective adhesives **155** on left and right sides to prevent precipitation and/or exposure of lithium from the battery **150**.

[0062] In some embodiments at the interface between the main electrode assembly **151** and the step electrode assembly **152**, one coated surface of the double-side segment **124** from the step electrode assembly **151** directly faces one coated surface of the double-side segment **154** of the main electrode assembly **152** such that electrochemical reactions take place between these two opposite electrodes to generate electrical energy.

[0063] FIG. **1**G is a schematic structural diagram of a battery **160** including a main electrode assembly **161** stacked on a step electrode assembly **162** along a vertical Y direction to form an inverted stepped structure, in accordance with some embodiments. In some embodiments, both the main electrode assembly **161** and the step electrode assembly **162** wind along a counterclockwise direction starting from a center to an outer layer of a respective electrode assembly. In some embodiments, the step electrode assembly **162** is shorter (or narrower) than the main electrode assembly **161** along a horizontal X direction.

[0064] In some embodiments, the main electrode assembly **161** has a similar structure as the electrode assembly **140** (FIG. **1**C), the step electrode assembly **171** (FIG. **1**D), or the main electrode assembly **151** (FIG. **1**F). For example, the main electrode assembly **161** includes the first electrode **100** (FIG. **1**A) and the second electrode **120** (FIG. **1**B) as two opposing electrodes which have similar segments as discussed with reference to FIGS. **1**A-**1**B and FIGS. **1**D-**1**F. In some embodiments, a first electrode of the step electrode assembly **162** includes a head uncoated segment **163** and a single-side segment **164** that wind counterclockwise outward. A second electrode opposite to the first electrode in the step electrode assembly **162** includes a head uncoated segment **165** and a double-side segment **166** that wind counterclockwise outward. In some embodiments, the first electrode in the main electrode assembly **161** and the step electrode assembly **162** is a cathode, and the second electrode is an anode. Alternatively, the first electrode is an anode and the second electrode is a cathode.

[0065] In some embodiments, the battery **160** further includes separators (dashed lines) disposed between the opposing electrodes (e.g., the first electrode and the second electrode, or the cathode and the anode). In some embodiments, the battery **160** further includes a tail adhesive to seal the end of the tail uncoated segment on the step electrode assembly **162**, and protective adhesives to prevent precipitation and/or exposure of lithium from the battery **160**.

[0066] In some embodiments, the main electrode assembly **161** shares with the step electrode assembly **162** the

same parts as discussed with reference to FIG. 1F. For example, the single-side segment **108** of the first electrode in the main electrode assembly **161** includes a first single-side segment **108-1** disposed on the left side of the main electrode assembly **161**, a second single-side segment **108-2** disposed on the left, bottom, and right sides of the step electrode assembly **162**, and a third single-side segment **108-3** disposed on the right and top sides of the main electrode assembly **161**. In some embodiments, the tail uncoated segment **106** of the first electrode in the main electrode assembly **161** includes a first segment **106-1** disposed on an outer left side of the main electrode assembly **161**, and a second segment **106-2** disposed on an outer left side of the step electrode assembly **162**, and ends at the bottom of the step electrode assembly **162**. In some embodiments at the interface between the main electrode assembly **161** and the step electrode assembly **162**, one coated surface of the double-side segment **124** of the second electrode from the step electrode assembly **161** directly faces the coated surface of the single-side segment **164** of the first electrode from the main electrode assembly **162** such that electrochemical reactions take place between these two opposite electrodes to generate electrical energy.

[0067] In some embodiments, the center of the main electrode assembly **161** and the center of the step electrode assembly **162** have opposite polarities. For example, the center of the main electrode assembly **161** has the head uncoated segment **122** of the second electrode **120** (either a cathode or an anode), whereas the center of the step electrode assembly **162** has the head uncoated segment **163** of the first electrode (either an anode or a cathode) that has the opposite polarity to the second electrode at the center of the main electrode assembly **161**.

[0068] FIGS. 2A-2B include schematic structural diagrams of a first electrode **200** and a second electrode **210** opposite to the first electrode **200** of a battery (e.g., a lithium ion battery), in accordance with some embodiments. In some embodiments, the first electrode **200** includes a first current collector and first active material coated on the first current collector, and the second electrode **210** includes a second current collector and second active material coated on the second current collector. In some embodiments, a first tab **202** is an extended portion of the first current collector, and a second tab **212** is an extended portion of the second current collector. In some embodiments, the first tab **202** and the second tab **212** may be preserved from respective metal sheets when cutting the first current collector and the second current collector out from the respective metal sheets. In some embodiments, the first electrode **200** is a cathode and the second electrode **210** is an anode of the battery. Alternatively, the first electrode **200** is an anode and the second electrode **210** is a cathode of the battery. FIG. 2C is a schematic structural diagram of a separator **220** disposed between two opposing electrodes as illustrated in FIGS. 2A-2B of the battery. In some embodiments, the cathode, the anode, and the separator are made using respective materials as discussed herein.

[0069] FIG. 2D is a schematic structural diagram of a battery **240** including two stacking cells, e.g., a step cell **250** and a main cell **270**, that are further stacked along the Y direction to form a stepped structure, in accordance with some embodiments. In some embodiments, the step cell **250** is shorter (or narrower) than the main cell **270** along the X direction. In some embodiments, the step cell **250** is formed by alternatingly stacking a single-side first electrode **252** (e.g., the first electrode **200** of FIG. 2A), a double-side second electrode **254** (e.g., the second electrode **210** of FIG. 2B) opposite to the first electrode **252**, and a double-side first electrode **258** (e.g., the first electrode **200** of FIG. 2A) opposite to the second electrode **254** along the Y direction. In some embodiments, separators **256** are disposed between adjacent first and second electrodes. In some embodiments, the main cell **270** is formed by alternatingly stacking a plurality of second electrodes **274** (e.g., the second electrode **210**, FIG. 2B) and a plurality of first electrodes **272** (e.g., the first electrode **100**, FIG. 2A) along the Y direction. In some embodiments, separators **276** are disposed between adjacent first and second electrodes.

[0070] In some embodiments, the first electrode **252** of the step cell **250** includes side segments **252-1** that are disposed on two sides of the step cell **250**. In order to prevent lithium precipitation and/or exposure, protective adhesives **242** are used to seal the sides of the protruding steps of the step cell **250**. In some embodiments, the first electrode **252** of the step cell **250** further includes shared segments **252-2** that are disposed over end portions of the second electrode **274** of the main cell **270**. The shard segments **252-2** of the first electrode **252** and the first electrode **258** of the step cell **250** can have electrochemical intercalation with the second electrode **274** of the main cell **270** at the interface between the step cell **250** and the main cell **270** to generate more electrical energy. In some embodiments, the first electrodes **252** and **258** can be either a cathode or an anode of the step cell **250**, correspondingly, the second electrode **274** can be either an anode or a cathode of the main cell **270**. In some embodiments, separators are also shared between the step and main electrode assemblies.

[0071] In some embodiments, the first electrodes and the second electrodes are alternating, i.e., a first electrode, a separator, a second electrode, a separator, a first electrode , . . to directly stack to form the battery **240**. In some embodiments as illustrated in FIG. 2E, a plurality of cells (e.g., cells **280**, **282**) can be disposed on a continuous and long separator. Each cell of the plurality of cells may include one or more first electrodes and one or more second electrodes alternatingly stacked, e.g., to form respective cells. The battery **240** can then be formed from the plurality of cells disposed on the continuous and long separator via Z-shape stacking. In some embodiments, a plurality of bi-cells, such as bi-cells **280** including first electrode/separator/second electrode/separator/first electrode, or bi-cells **282** including second electrode/separator/first electrode/separator/second electrode, are disposed onto a continuous and long separator **256** via hot pressing, as illustrated in FIG. 2E. The battery **240** can then be formed from the bi-cells on the separator through a winding **284** process.

[0072] In some embodiments, the battery **240** includes first tabs **202** on the first electrodes and second tabs **212** on the second electrodes. In some embodiments, the main cell **270** further includes a protective adhesive **244** attached to the bottom of the main cell **270** at a position corresponding to the positions of the electrode tabs, such that the protective adhesive **244** can prevent any sharp metal defects of the tabs, e.g., welding burrs and/or cutting burrs, from penetrating the packaging film of the battery **240** and forming a contact with a metal layer of the packaging film, e.g., an aluminum (Al) layer.

[0073] FIG. **3**A includes schematic structural diagrams of two sides (e.g., surfaces) and a cross-section view of a first electrode **300** of a battery, in accordance with some embodiments. For ease of description in the current disclosure, two ends of the first electrode **300** are respectively defined as a head (e.g., the left end portion in FIG. **3**A) and a tail (e.g., a right end portion in FIG. **3**A) along a length direction X. In some embodiments, the first electrode **300** includes a head double-side segment **302** which have active material coated on both sides of the current collector, a tab opening area **304** that is uncoated (e.g., a portion of a bare electrode current collector), a tab **309** attached to the tab opening area **304** (with an embedded tab (ETS) structure), a single-side segment **306** which has active material coated on only one side of the current collector, and a tail uncoated segment **308** which is a portion of the bare current collector without coating any active material. The height of the tab **309** may be smaller than the thickness of the active materials coated on the current collector as illustrated in the cross-sectional view.

[0074] FIG. **3**B includes schematic structural diagrams of two sides and a cross-section view of a second electrode **310** of a battery, in accordance with some embodiments. For ease of description in the current disclosure, two ends of the second electrode **310** are respectively defined as a head (e.g., the left end portion in FIG. **3**B) and a tail (e.g., a right end portion in FIG. **3**B) along a length direction X. In some embodiments, the second electrode **310** includes a head single-side segment **316** which have active material coated on only one side of the current collector, a double-side segment **312** which have active material coated on both sides of the current collector and extends to the tail, a tab opening area **314** that is uncoated (e.g., a portion of a bare electrode current collector), and a tab **319** attached to the tab opening area **314** (with an embedded tab structure (ETS)). The height of the tab **319** may be smaller than the thickness of the active materials coated on the current collector as illustrated in the cross-sectional view.

[0075] In some embodiments, the first electrode **300** is a cathode and the second electrode **310** is an anode. Alternatively, the first electrode **300** is an anode and the second electrode **310** is a cathode. In some embodiments, the cathode includes cathode current collector and cathode active material, and the anode include anode current collector and anode active material as discussed elsewhere herein. In some embodiments, the tabs **309** and **319** can be disposed at the middle or closer to either end of the respectively electrodes **300** and **310**.

[0076] In some embodiments, the first electrode **300** or the second electrode **310** does not include a head uncoated segment, so that no uncoated segment of the current collector takes up additional volume at the center (e.g., as discussed in FIGS. **1**A-**1**G). Further, the tabs **309** and **319** are thinner than the thickness of the active material coated on the first and second electrodes **300** and **310** respectively (e.g., as shown in the cross-sectional views in FIGS. **3**A-**3**B), thus the tabs are not taking extra volume or space in a battery prepared by the first and second electrodes **300** and **310**. Therefore, batteries prepared using the first and second electrodes **300** and **310** can have improved energy density because more active materials can contribute to the lithium ion intercalation process.

[0077] FIG. **3**C is a schematic structural diagram of a battery **320** including a step electrode assembly **330** stacked on a main electrode assembly **340** along a Y direction to form a stepped structure, in accordance with some embodiments. In some embodiments, the step electrode assembly **330** is shorter or narrower than the main electrode assembly **340** along a X direction.

[0078] In some embodiments, the step electrode assembly **330** has a similar structure as the electrode assembly **191** as discussed with reference to FIG. **1**E. In some embodiments, the step electrode assembly **330** includes a first electrode including a head uncoated segment connected to a double-side segment disposed at the interface between the step electrode assembly **330** and the main electrode assembly **340**. The step electrode assembly **330** further includes a second electrode opposite to the first electrode and including a head uncoated segment connected to a single-side segment. Both the first and second electrodes of the step electrode assembly **330** wind counterclockwise starting from a center toward outside.

[0079] In some embodiments, the main electrode assembly **340** uses the first electrode **300** and the second **310** as discussed with reference to FIGS. **3**A-**3**B. In some embodiments, the first electrode and the second electrode start from the same position inside the electrode assembly **340** to wind counterclockwise from inside out. For example, the single-side segment **342** (e.g., the single-side segment **316**, FIG. **3**B) of the second electrode and the double-side segment **344** (e.g., the double-side segment **302**, FIG. **3**A) of the first electrode start from the same position within the electrode assembly **340** and wind counterclockwise.

[0080] In some embodiments, different from the proportions between different segments illustrated in FIGS. **3**A-**3**B, the single-side segments **306** and the tail uncoated segment **308** of the first electrode **300** and the single-side segment **316** of the second electrode **310** are longer than the double-side segment **302** and the double-side segment **312** in respective electrodes. Ins some embodiments, the single-side segment **346** (e.g., the single-side segment **306**, FIG. **3**A) and the tail uncoated segment **348** (e.g., the tail uncoated segment **308**, FIG. **3**A) extend from the main electrode assembly **340** to disposed on an outer portion of the step electrode assembly **330**. For example, the single-side segment **346** of the first electrode includes a segment **346-1** disposed on the left, bottom, and right sides of the main electrode assembly **340**, and a segment **346-2** disposed on the right and top sides of the step electrode assembly **330** (the segment **346-2** participating in electrochemical reactions with the single-side segment of the second electrode in the step electrode assembly **330** to generate electrical energy). The tail uncoated segment **348** includes a segment **348-1** disposed on the left side of the step electrode assembly **330** and a segment **348-2** disposed on the left side of the main electrode assembly **340**. In some embodiments at the interface between the step electrode assembly **330** and the main electrode assembly **340**, the double-side segment of the first electrode from the step electrode assembly **330** is facing the double-side segment of the second electrode from the main electrode assembly **340** to participate in the electrochemical reactions between the two opposing electrodes to generate electrical energy.

[0081] In some embodiments, the first electrode from the step electrode assembly or the main electrode assembly can be a cathode or an anode, while the second electrode being an anode or a cathode that is opposite to the first electrode. In some embodiments, the battery **320** further includes

separators (dashed lines) disposed between the opposing electrodes (e.g., the first electrode and the second electrode, or the cathode and the anode). In some embodiments, the battery **320** further includes a tail adhesive **324** to seal the end of the tail uncoated segment on the main electrode assembly **340**, and protective adhesives **322** to prevent precipitation and/or exposure of lithium from the battery **320**.

[0082] FIG. **3**D is a schematic structural diagram of a battery **350** including a step electrode assembly **350** stacked on a main electrode assembly **360** along a Y direction to form a stepped structure, in accordance with some embodiments. In some embodiments, the step electrode assembly **350**, the main electrode assembly **360**, and the shared segments of the first electrode from the main electrode assembly **360** to the step electrode assembly **350** are substantially the same as the step electrode assembly **330**, the main electrode assembly **340**, the shared segments **346** and **348** of the first electrode from the main electrode assembly **330** to the step electrode assembly **340** as discussed with reference to FIG. 3C. The main difference between the battery **320** in FIG. 3C and the battery **350** in FIG. 3D is that, the first electrode and the second electrode start from different (e.g., opposite) locations. For example, the double-side segment **374** of the first electrode starts from the bottom left within the electrode assembly **340**, and the double-side segment **372** (alternatively could be single-side) of the second electrode starts from the top right of within the electrode assembly **340** and wind counterclockwise. In some embodiments, separators are also shared between the step and main electrode assemblies.

[0083] FIG. **4**A includes schematic structural diagrams of two sides (e.g., surfaces) of a first electrode **400** of a battery, in accordance with some embodiments. In some embodiments, the first electrode **400** includes a head (e.g., left end portion) double-side segment **402** with active material coated on both sides of the current collector, a single-side segment **404** with active material coated on one surface of the current collector, and a tail (e.g., the right end portion) uncoated segment **406** (e.g., a portion of the bare current collector), and a plurality of electrode tabs **408** which are connected to the current collector. The electrode tabs **408** may be preserved from a metal sheet when cutting the current elector of the first electrode **400** from the metal sheet.

[0084] FIG. **4**B includes schematic structural diagrams of two sides (e.g., surfaces) of a second electrode **410** of a battery, in accordance with some embodiments. In some embodiments, the second electrode **410** includes a head (e.g., left end portion) single-side segment **414** with active material coated on one surface of the current collector, a double-side segment **412** with active material coated on both surfaces of the current collector, and a plurality of electrode tabs **418** which are connected to the current collector. The electrode tabs **418** may be preserved from a metal sheet when cutting the current elector of the second electrode **410** from the metal sheet.

[0085] In some embodiments, the first electrode **400** is a cathode and the second electrode **410** is an anode. Alternatively, the first electrode **400** is an anode and the second electrode **410** is a cathode. In some embodiments, the cathode includes cathode current collector and cathode active material, and the anode include anode current collector and anode active material as discussed elsewhere herein. In some embodiments, the number of tabs on each electrode can be determined by the number of layers in the electrode assembly. For example, there are one tab every layer or every other layer. The positions and the distances between the tabs on the electrode can be adjusted to change the location and number of tabs in the battery. In some embodiments, using multiple tabs on an electrode can increase the power density of the battery. That is, the battery is capable of fast discharging at a high current rate.

[0086] FIG. **4**C is a schematic structural diagram of a battery **420** including a step electrode assembly **430** stacked on a main electrode assembly **440** along a Y direction to form a stepped structure, in accordance with some embodiments. In some embodiments, the step electrode assembly **430** is shorter or narrower than the main electrode assembly **440** along a X direction.

[0087] In some embodiments, the first electrode and the second electrode of the step electrode assembly **430** uses embedded tab structures (ETS) as discussed with reference to FIGS. 3A-3B. For example, the first electrode **432** is double-sided with active materials coated on both surfaces of the current collector. A tab **434** is embedded in the first electrode **432** as discussed in FIG. 3A. The second electrode **436** is single-sided, and a tab **438** is embedded on the coated surface of the second electrode **436**.

[0088] In some embodiments, the main electrode assembly **440** uses the first electrode **400** and the second electrode **410** as discussed in FIGS. **4**A-4B. In particular, each of the first and second electrodes includes one or more tabs that are parts of the current collector as discussed with reference to FIGS. **4**A-4B.

[0089] In some embodiments, the first electrode of the main electrode assembly **440** includes a single-side segment **446-1** disposed on the left, bottom, and right sides of the main electrode assembly **340**, and a single-side segment **446-2** disposed on the right and top sides of the step electrode assembly **330**. The single-side segment **446-2** participates in electrochemical reactions with the single-side segment of the second electrode in the step electrode assembly **430** to generate electrical energy. In some embodiments, the first electrode of the main electrode assembly **440** further includes an uncoated segment (e.g., a portion of a bare current collector) **448-1** disposed on the left side of the step electrode assembly **430** and an uncoated segment **448-2** disposed on the left side of the main electrode assembly **440**. The first electrode can be a cathode or an anode, and the second electrode is opposite to the first electrode. In some embodiments at the interface between the step electrode assembly **430** and the main electrode assembly **440**, the first electrode from the step electrode assembly **430** is facing the second electrode from the main electrode assembly **440** to participate in the electrochemical reactions between the two opposing electrodes to generate electrical energy.

[0090] In some embodiments, the battery **420** further includes separators (dashed lines) disposed between the opposing electrodes (e.g., the first electrode and the second electrode, or the cathode and the anode). In some embodiments, the battery **420** further includes a tail adhesive **424** to seal the end of the tail uncoated segment on the main electrode assembly **440**, and protective adhesives **422** to prevent precipitation and/or exposure of lithium from the battery **420**.

[0091] FIGS. **5**A-5K are schematic structural diagrams of various stepped batteries having electrode segments from

the step cells (also "step electrode assemblies") to be shared with the main cells (also "main electrode assemblies"), in accordance with some embodiments. In some embodiments, each battery as illustrated in FIGS. **5A-5K** includes a step electrode assembly stacked on a main electrode assembly to form a stepped structure. The step electrode assembly is shorter or narrower than the main electrode assembly. In some embodiments, each electrode assembly ("cell") includes a first electrode and a second electrode as two opposing electrodes of a battery. In some embodiments, the first electrode is a cathode, and the second electrode is an anode. Alternatively, the first electrode is anode, and the second electrode is a cathode of the battery. The materials and process used for preparing the cathode and the anode are discussed in various embodiments elsewhere in the present disclosure. Each battery from FIGS. **5A-5K** may further include separators (dashed lines) disposed between the opposing electrodes (e.g., the first electrode and the second electrode, or the cathode and the anode). Each battery may also include a tail adhesive to seal the end of the tail uncoated segment onto an electrode assembly (e.g., the top of the step cell), and protective adhesives to prevent precipitation and/or exposure of lithium from the battery. In some embodiments, separators are also shared between the step and main electrode assemblies.

[0092] For each battery as shown in FIGS. **5A-5K**, in some embodiments, the first electrode from the step cell includes a first segment (e.g., the single-side segment **506-1** of the step cell **502**, FIG. **5A**) disposed on the top and left sides of the step cell, and a second segment (e.g., the single-side segment **506-2** of the main electrode assembly **504**, FIG. **5A**) disposed on an outer portion, such as left and bottom sides of the main cell. In some embodiments, the second segment of the first electrode from the step cell participates in electrochemical reactions with the second electrode of the main cell to generate electrical energy. The first electrode from the step cell further includes a first uncoated segment (e.g., a portion of a bare current collector, such as the uncoated segment **508-1**) disposed on the outer right side of the main cell, and a second uncoated segment (e.g., the uncoated segment **508-2**) disposed on the outer right side of the step cell. In some embodiments, at the interface between the step cell and the main cell, the second electrode from the step cell is facing the first electrode from the main cell to participate in the electrochemical reactions between these two opposing electrodes to generate electrical energy.

[0093] FIG. **5A** shows a stepped battery **500** including a step cell **502** having a similar structure as the step electrode assembly **171** as discussed with reference to FIG. **1D**, and a main cell **504** having a similar structure as the stacking electrode assembly **270** as discussed with reference to **2D**.

[0094] FIG. **5B** illustrates a stepped battery **510** including a step cell **512** with a similar structure as the step electrode assembly **171** as discussed with reference to FIG. **1D**, and a main cell **514** with a similar structure as the main electrode assembly **440** as discussed with reference to FIG. **4C**.

[0095] FIG. **5C** illustrates a stepped battery **520** including a step cell **522** with a similar structure as the step electrode assembly **171** as discussed with reference to FIG. **1D**, and a main cell **524** with a similar structure as the main electrode assembly **440** as discussed with reference to FIG. **4C**.

[0096] FIG. **5D** illustrates a stepped battery **530** including a step cell **532** with a similar structure as the main electrode assembly **440** and the first and second electrodes **400** and **410** as discussed with reference to FIGS. **4A-4C**, and a main cell **534** with a similar structure as the main electrode assembly **181** as discussed with reference to FIG. **1D**.

[0097] FIG. **5E** illustrates a stepped battery **540** including a step cell **542** with a similar structure as the main electrode assembly **440** and the first and second electrodes **400** and **410** as discussed with reference to FIGS. **4A-4C**, and a main cell **544** with a similar structure as the main electrode assembly **270** as discussed with reference to FIG. **2D**.

[0098] FIG. **5F** illustrates a stepped battery **550** including a step cell **552** with a similar structure as the main electrode assembly **440** and the first and second electrodes **400** and **410** as discussed with reference to FIGS. **4A-4C**, and a main cell **554** with a similar structure as the main electrode assembly **440** and the first and second electrodes **400** and **410** as discussed with reference to FIGS. **4A-4C**.

[0099] FIG. **5G** illustrates a stepped battery **560** including a step cell **562** with a similar structure as the electrode assembly **440** and the first and second electrodes **400** and **410** as discussed with reference to FIGS. **4A-4C**, and a main cell **564** with a similar structure as the electrode assembly **340** and first and second electrodes **300** and **310** as discussed with reference to FIGS. **3A-3C**.

[0100] FIG. **5H** illustrates a stepped battery **570** including a step cell **572** with a similar structure as the electrode assembly **370** and the first and second electrodes **300** and **310** as discussed with reference to FIGS. **3A-3B** and **3D**, and a main cell **554** with a similar structure as the main electrode assembly **181** as discussed with reference to FIG. **1D**.

[0101] FIG. **5I** illustrates a stepped battery **575** including a step cell **577** with a similar structure as the electrode assembly **370** and the first and second electrodes **300** and **310** as discussed with reference to FIGS. **3A-3B** and **3D**, and a main cell **554** with a similar structure as the stacking electrode assembly **270** as discussed with reference to **2D**.

[0102] FIG. **5J** illustrates a stepped battery **580** including a step cell **582** with a similar structure as the electrode assembly **370** and the first and second electrodes **300** and **310** as discussed with reference to FIGS. **3A-3B** and **3D**, and a main cell **584** with a similar structure as the main electrode assembly **440** and the first and second electrodes **400** and **410** as discussed with reference to FIGS. **4A-4C**.

[0103] FIG. **5K** illustrates a stepped battery **590** including a step cell **592** with a similar structure as the electrode assembly **370** and the first and second electrodes **300** and **310** as discussed with reference to FIGS. **3A-3B** and **3D**, and a main cell **594** with a similar structure as the electrode assembly **340** and first and second electrodes **300** and **310** as discussed with reference to FIGS. **3A-3C**.

[0104] FIGS. **6A-6L** are schematic structural diagrams of various stepped batteries having electrode segments from the main cells (also "main electrode assemblies") to be shared with the step cells (also "step electrode assemblies"), in accordance with some embodiments. In some embodiments, each battery as illustrated in FIGS. **6A** and **6D-6L** includes a step electrode assembly stacked on a main electrode assembly to form a stepped structure. The step electrode assembly is shorter or narrower than the main electrode assembly. In some embodiments, a battery **610** as illustrated in FIG. **6B** includes a main electrode assembly **612** stacked on a step electrode assembly **614** to form an inverted stepped structure. In some embodiments, a battery **620** as illustrated in FIG. **6C** includes a first step electrode

assembly **622**, a main electrode assembly **624** stacked on the first step electrode assembly **622**, and a second step electrode assembly **626** stacked on the main electrode assembly **624** to form a stepped structure. In some embodiments, separators are also shared between the step and main electrode assemblies.

[0105] In some embodiments, each electrode assembly ("cell") includes a first electrode and a second electrode as two opposing electrodes of a battery. In some embodiments, the first electrode is a cathode, and the second electrode is an anode. Alternatively, the first electrode is anode, and the second electrode is a cathode of the battery. The materials and process used for preparing the cathode and the anode are discussed in various embodiments elsewhere in the present disclosure. Each battery from FIGS. **6**A-**6**L may further include separators (dashed lines) disposed between the opposing electrodes (e.g., the first electrode and the second electrode, or the cathode and the anode). Each battery may also include a tail adhesive to seal the end of the tail uncoated segment onto an electrode assembly (e.g., the bottom of the main cell of the batteries in FIGS. **6**A and **6**D-**6**L), and protective adhesives to prevent precipitation and/or exposure of lithium from the battery.

[0106] For each battery as shown in FIGS. **6**A and **6**D-**6**L, the step cell and the main cell share one or more segments of the first electrode from the main electrode assembly, which are similar to the battery **190** as discussed with reference to FIG. **1**E. In some embodiments, the first electrode from the main cell includes a first segment (e.g., the single-side segment **606-1** of the main cell **604**, FIG. **6**A) disposed on the left, bottom, and right sides of the main cell, and a second segment (e.g., the single-side segment **606-2** of the main cell **604**, FIG. **6**A) disposed on an outer portion, such as right and top sides of the step cell. In some embodiments, the second segment of the first electrode from the main cell participates in electrochemical reactions with the second electrode of the step cell to generate electrical energy. The first electrode from the main cell further includes a first uncoated segment (e.g., a portion of a bare current collector, such as the uncoated segment **608-1**) disposed on the outer left side of the step cell, and a second uncoated segment (e.g., the uncoated segment **608-2**) disposed on the outer left side of the main cell. In some embodiments, at the interface between the step cell and the main cell, the first electrode of the step cell is facing the second electrode of the main cell to participate in the electrochemical reactions between these two opposing electrodes to generate electrical energy. In some embodiments, separators are also shared between the step and main electrode assemblies.

[0107] FIG. **6**A shows a stepped battery **600** including a step cell **602** having a similar structure as the stacking electrode assembly **250** as discussed with reference to FIG. **2**D, and a main cell **604** having a similar structure as the main electrode assembly **192** as discussed with reference to **1**E.

[0108] FIG. **6**B shows an inverted stepped battery **610** including a main cell **612** having a similar structure as the main electrode assemblies **151** and **161** as discussed with reference to FIGS. **1**F and **1**G, and a step cell **614** having a structure of a stacking cell by stacking the first and second electrodes and the separator as discussed with reference to FIGS. **2**A-**2**D. Similar to the main electrode assembly **151** or **161**, the first electrode from the main cell includes single-side segments and uncoated segments that are shared by and disposed on both the main cell and the step cell to increase the areas participating in the electrochemical reactions and to improve the mechanical integrity of the battery **610**.

[0109] FIG. **6**C shows an inverted stepped battery **620** including a step cell **626** disposed on a main cell **624**, and the main cell **624** further disposed on a step cell **622**. In some embodiments, the step cell **626** and the step cell **622** each includes a similar structure as the stacking electrode assembly **250** as discussed with reference to FIG. **2**D. The main cell **624** includes a similar structure as the main cell **192** as discussed with reference to FIG. **1**E. In some embodiments, the first electrode from the main cell includes single-side segments and uncoated segments that are shared by and disposed on the main cell **624**, the step cell **622**, and the step cell **626** to increase the areas participating in the electrochemical reactions and to improve the mechanical integrity of the battery **620**.

[0110] FIG. **6**D shows a stepped battery **630** including a step cell **632** having a similar structure as the step electrode assembly **191** as discussed with reference to FIG. **1**E, and a main cell **634** having a similar structure as the main electrode assembly **440** as discussed with reference to **4**C.

[0111] FIG. **6**E shows a stepped battery **640** including a step cell **642** having a similar structure as the step electrode assembly **191** as discussed with reference to FIG. **1**E, and a main cell **644** having a similar structure as the main electrode assembly **440** as discussed with reference to **4**C. In some embodiments, the first electrode and the second electrode of the main cell **634** in FIG. **6**D start winding at the same location, whereas the first electrode and the second electrode of the main cell **644** in FIG. **6**E start from different (opposite) locations.

[0112] FIG. **6**F shows a stepped battery **650** including a step cell **652** having a similar structure as the stacking electrode assembly **250** as discussed with reference to FIG. **2**D, and a main cell **654** having a similar structure as the stacking electrode assembly **440** as discussed with reference to **4**C.

[0113] FIG. **6**G shows a stepped battery **655** including a step cell **657** having a similar structure as the main electrode assembly **440** and the first and second electrodes **400** and **410** as discussed with reference to FIGS. **4**A-**4**C, and a main cell **659** having a similar structure as the stacking electrode assembly **440** as discussed with reference to **4**C.

[0114] FIG. **6**H shows a stepped battery **660** including a step cell **662** having a similar structure as the step electrode assembly **191** as discussed with reference to FIG. **1**E, and a main cell **664** having a similar structure as the main electrode assembly **340** as discussed with reference to **3**C.

[0115] FIG. **6**I shows a stepped battery **670** including a step cell **672** having a similar structure as the stacking electrode assembly **250** as discussed with reference to FIG. **2**D, and a main cell **604** having a similar structure as the main electrode assembly **340** as discussed with reference to **3**C.

[0116] FIG. **6**J shows a stepped battery **680** including a step cell **682** having a similar structure as the main electrode assembly **440** and the first and second electrodes **400** and **410** as discussed with reference to FIGS. **4**A-**4**C, and a main cell **684** having a similar structure as the main electrode assembly **340** as discussed with reference to **3**C.

[0117] FIG. **6**K shows a stepped battery **690** including a step cell **692** having a similar structure as the electrode

assembly **340** and the first and second electrodes **300** and **310** as discussed with reference to FIGS. **3**A-**3**C, and a main cell **684** having a similar structure as the main electrode assembly **340** as discussed with reference to **3**C.

[0118] FIGS. **7**A-**7**C are schematic diagrams illustrating various embodiments for stacking the step batteries, in accordance with some embodiments. In some embodiments as illustrated in FIG. **7**A, a step cell is disposed on a main cell, and the step cell is placed in the middle of the main cell. In some embodiments as illustrated in FIG. **7**B, a step cell is disposed on a main cell, and the step cell is placed on one side of the main cell. In some other embodiments as illustrated in FIG. **7**C, a first step cell is stacked on a main cell and placed on one side of the main cell, and a second step cell is stacked below the main cell and placed in the middle of the main cell. Thus two or more cells can be stacked in various ways to provide different shapes of the stepped battery, to accommodate devices having different shapes and/or limited space for the battery.

[0119] It is noted that the figures as discussed in the description of the embodiments herein are for illustration purpose only and are not intended to limit the scope of claims. For example, the different segments in the electrodes as illustrated in FIGS. **1**A-**1**B, **3**A-**3**B, and **4**A-**4**B are not intended to be limited to the lengths, proportions, numbers, and/or locations as shown in the figures. In some embodiments, the single-side segments can be longer than the double-side segments. In some embodiments, the uncoated segments (located at head or tail) can be longer than the double-side segments. In some embodiments, numbers of various types of segments may vary according to the need of battery design and manufacturing. Modifications, variations, and alternative embodiments will be apparent to those of ordinary skill in the art having the benefit of the illustrations presented in the foregoing descriptions and the associated drawings.

[0120] The terminology used in the description of the embodiments herein is for the purpose of describing particular embodiments only and is not intended to limit the scope of claims. As used in the description of the embodiments and the appended claims, the singular forms "a," "an," and "the" are intended to include the plural forms as well, unless the context clearly indicates otherwise. It will also be understood that the term "and/or" as used herein refers to and encompasses any and all possible combinations of one or more of the associated listed items. It will be further understood that the terms "comprises" and/or "comprising," when used in this specification, specify the presence of stated features, elements, and/or components, but do not preclude the presence or addition of one or more other features, elements, components, and/or groups thereof.

[0121] It will also be understood that, although the terms first, second, etc. may be used herein to describe various elements, these elements should not be limited by these terms. These terms are only used to distinguish one element from another. For example, a first electrode assembly could be termed a second electrode assembly, and, similarly, a second electrode assembly could be termed a first electrode assembly, without departing from the scope of the embodiments. The first electrode assembly and the second electrode assembly are both electrode assemblies, but they are not the same electrode assembly.

[0122] The description of the present application has been presented for purposes of illustration and description, and is not intended to be exhaustive or limited to the invention in the form disclosed. Many modifications, variations, and alternative embodiments will be apparent to those of ordinary skill in the art having the benefit of the teachings presented in the foregoing descriptions and the associated drawings. The embodiment was chosen and described in order to best explain the principles of the invention, the practical application, and to enable others skilled in the art to understand the invention for various embodiments and to best utilize the underlying principles and various embodiments with various modifications as are suited to the particular use contemplated. Therefore, it is to be understood that the scope of claims is not to be limited to the specific examples of the embodiments disclosed and that modifications and other embodiments are intended to be included within the scope of the appended claims.

What is claimed is:

1. A battery, comprising:

a first electrode assembly including a first electrode; and

a second electrode assembly disposed adjacent the first electrode assembly along a first direction;

wherein the first electrode comprises a first segment, disposed on an outer portion of the second electrode assembly.

2. The battery of claim **1**, wherein the first electrode further comprises a second segment electrically connected to the first segment, the second segment disposed on an outer portion of the first electrode assembly.

3. The battery of claim **2**, wherein the first electrode assembly further comprises a second electrode facing the second segment, and wherein the second segment comprises a first active material coated on a surface of a first current collector facing a second active material coated on a surface of a second current collector of the second electrode.

4. The battery of claim **3**, wherein the first segment of the first electrode comprises the first active material coated on a single surface of the first current collector that faces the outer portion of the second electrode assembly.

5. The battery of claim **3**, wherein the first segment of the first electrode comprises an uncoated portion of the first current collector that faces the outer portion of the second electrode assembly.

6. The battery of claim **3**, wherein a starting segment of the first electrode comprises the first active material coated on both surfaces of the first current collector.

7. The battery of claim **3**, wherein a starting segment of the first electrode comprises a uncoated portion of the first current collector.

8. The battery of claim **1**, wherein the first electrode is a cathode.

9. The battery of claim **1**, wherein the first electrode is an anode.

10. The battery of claim **1**, wherein the first electrode assembly is shorter than the second electrode assembly along a second direction perpendicular to the first direction.

11. The battery of claim **1**, wherein the second electrode assembly is shorter than the first electrode assembly along a second direction perpendicular to the first direction.

12. The battery of claim **1**, wherein the first electrode assembly comprises a plurality of cells that are stacked on each other.

13. The battery of claim **1**, wherein the first electrode assembly comprises a jelly-roll cell.

14. The battery of claim **1**, wherein the second electrode assembly comprises a plurality of cells that are stacked on each other.

15. The battery of claim **1**, wherein the second electrode assembly comprises a jelly-roll cell.

16. The battery of claim **1**, wherein the first electrode further comprises a third segment electrically connected to the first segment and extending from the outer portion of the second electrode assembly to wrap a portion of the first electrode assembly.

17. A battery, comprising:

a first electrode assembly including a first electrode; and

a second electrode assembly disposed adjacent the first electrode assembly along a first direction;

wherein the first electrode comprises:

a first segment, disposed on an outer portion of the second electrode assembly; and

a second segment electrically connected to the first segment, the second segment disposed on an outer portion of the first electrode assembly.

18. The battery of claim **17**, wherein the first electrode of the first electrode assembly is a cathode.

19. The battery of claim **17**, wherein the first electrode of the first electrode assembly and a second electrode of the second electrode assembly are disposed at an interface between the first electrode assembly and the second electrode assembly, and wherein the first electrode of the first electrode assembly and the second electrode of the second electrode assembly participate in an electrochemical reaction.

20. A battery, comprising:

a first electrode assembly including a cathode; and

a second electrode assembly disposed adjacent the first electrode assembly along a first direction;

wherein the cathode comprises a first segment disposed on an outer portion of the second electrode assembly, and a second segment electrically connected to the first segment and disposed on an outer portion of the first electrode assembly, and

wherein each of the first electrode assembly and the second electrode assembly comprises:

a cathode including a cathode current collector and a cathode active material coated on at least a portion of at least one surface of the cathode current collector;

an anode opposite to the cathode and including an anode current collector and an anode active material coated on at least a portion of at least one surface of the anode current collector;

a separator interposed between the cathode and the anode; and

an electrolyte interposed between the cathode and the anode.

* * * * *

PTO/SB/08a (01-22)
Approved for use through 05/31/2024. OMB 0651-0031
U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

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

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT

(Not for submission under 37 CFR 1.99)

Application Number	17699555
Filing Date	2022-03-21
First Named Inventor	Xiaojing Liu
Art Unit	1722
Examiner Name	MONIQUE M WILLS
Attorney Docket Number	U 020968-8

U.S.PATENTS Remove

Examiner Initial*	Cite No	Patent Number	Kind Code[1]	Issue Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	1					

If you wish to add additional U.S. Patent citation information please click the Add button. Add

U.S.PATENT APPLICATION PUBLICATIONS Remove

Examiner Initial*	Cite No	Publication Number	Kind Code[1]	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear
	1	20200044234	A1	2020-02-06	Q ZENG et al.	

If you wish to add additional U.S. Published Application citation information please click the Add button. Add

FOREIGN PATENT DOCUMENTS Remove

Examiner Initial*	Cite No	Foreign Document Number[3]	Country Code[2]	Kind Code[4]	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of cited Document	Pages,Columns,Lines where Relevant Passages or Relevant Figures Appear	T[5]
	1	203733894	CN	U	2014-07-23	NINGDE AMPEREX TECHNOLOGY LTD		☒
	2	207303603	CN	U	2018-05-01	LI LE		☒
	3	2018018646	JP	A	2018-02-01	MAXELL HOLDINGS LTD		☒

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT (Not for submission under 37 CFR 1.99)		
	Application Number	17699555
	Filing Date	2022-03-21
	First Named Inventor	Xiaojing Liu
	Art Unit	1722
	Examiner Name	MONIQUE M WILLS
	Attorney Docket Number	U 020968-8

If you wish to add additional Foreign Patent Document citation information please click the Add button Add

NON-PATENT LITERATURE DOCUMENTS Remove

Examiner Initials*	Cite No	Include name of the author (in CAPITAL LETTERS), title of the article (when appropriate), title of the item (book, magazine, journal, serial, symposium, catalog, etc), date, pages(s), volume-issue number(s), publisher, city and/or country where published.	T[5]
	1	First Office Action of CN application No. 202210526079.6, dated April 19, 2024	☒
	2	Second Office Action of JP application No. 2022-543155, dated March 12, 2024	☐
	3	Notice of allowance of JP application No. 2022-543155, dated October 1, 2024	☐

If you wish to add additional non-patent literature document citation information please click the Add button Add

EXAMINER SIGNATURE

Examiner Signature		Date Considered	

*EXAMINER: Initial if reference considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609. Draw line through a citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant.

[1] See Kind Codes of USPTO Patent Documents at www.USPTO.GOV or MPEP 901.04. [2] Enter office that issued the document, by the two-letter code (WIPO Standard ST.3). [3] For Japanese patent documents, the indication of the year of the reign of the Emperor must precede the serial number of the patent document. [4] Kind of document by the appropriate symbols as indicated on the document under WIPO Standard ST.16 if possible. [5] Applicant is to place a check mark here if English language translation is attached.

INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT BY APPLICANT

(Not for submission under 37 CFR 1.99)

Application Number	17699555
Filing Date	2022-03-21
First Named Inventor	Xiaojing Liu
Art Unit	1722
Examiner Name	MONIQUE M WILLS
Attorney Docket Number	U 020968-8

CERTIFICATION STATEMENT

Please see 37 CFR 1.97(e) to make the appropriate selection(s):

☐ That each item of information contained in the information disclosure statement was first cited in any communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application not more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(1).

OR

☐ That no item of information contained in the information disclosure statement was cited in a communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application, and, to the knowledge of the person signing the certification after making reasonable inquiry, no item of information contained in the information disclosure statement was known to any individual designated in 37 CFR 1.56(c) more than three months prior to the filing of the information disclosure statement. See 37 CFR 1.97(e)(2).

☐ See attached certification statement.

☐ A certification statement is not submitted herewith.

FEE

☒ The fee set forth in 37 CFR 1.17 (p) has been submitted herewith.

COPIES

☐ An identification of an earlier application pursuant to 37 CFR 1.98 (d) (1) is attached.

SIGNATURE

A signature of the applicant or representative is required in accordance with CFR 1.33, 10.18. Please see CFR 1.4(d) for the form of the signature.

Signature	/Shiming Wu/	Date (YYYY-MM-DD)	2024-11-26
Name/Print	Shiming Wu	Registration Number	56885

This collection of information is required by 37 CFR 1.97 and 1.98. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 1 hour to complete, including gathering, preparing and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. **SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.**

Privacy Act Statement

The Privacy Act of 1974 (P.L. 93-579) requires that you be given certain information in connection with your submission of the attached form related to a patent application or patent. Accordingly, pursuant to the requirements of the Act, please be advised that: (1) the general authority for the collection of this information is 35 U.S.C. 2(b)(2); (2) furnishing of the information solicited is voluntary; and (3) the principal purpose for which the information is used by the U.S. Patent and Trademark Office is to process and/or examine your submission related to a patent application or patent. If you do not furnish the requested information, the U.S. Patent and Trademark Office may not be able to process and/or examine your submission, which may result in termination of proceedings or abandonment of the application or expiration of the patent.

The information provided by you in this form will be subject to the following routine uses:

1. The information on this form will be treated confidentially to the extent allowed under the Freedom of Information Act (5 U.S.C. 552) and the Privacy Act (5 U.S.C. 552a). Records from this system of records may be disclosed to the Department of Justice to determine whether the Freedom of Information Act requires disclosure of these record s.

2. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, in the course of presenting evidence to a court, magistrate, or administrative tribunal, including disclosures to opposing counsel in the course of settlement negotiations.

3. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Member of Congress submitting a request involving an individual, to whom the record pertains, when the individual has requested assistance from the Member with respect to the subject matter of the record.

4. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to a contractor of the Agency having need for the information in order to perform a contract. Recipients of information shall be required to comply with the requirements of the Privacy Act of 1974, as amended, pursuant to 5 U.S.C. 552a(m).

5. A record related to an International Application filed under the Patent Cooperation Treaty in this system of records may be disclosed, as a routine use, to the International Bureau of the World Intellectual Property Organization, pursuant to the Patent Cooperation Treaty.

6. A record in this system of records may be disclosed, as a routine use, to another federal agency for purposes of National Security review (35 U.S.C. 181) and for review pursuant to the Atomic Energy Act (42 U.S.C. 218(c)).

7. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the Administrator, General Services, or his/her designee, during an inspection of records conducted by GSA as part of that agency's responsibility to recommend improvements in records management practices and programs, under authority of 44 U.S.C. 2904 and 2906. Such disclosure shall be made in accordance with the GSA regulations governing inspection of records for this purpose, and any other relevant (i.e., GSA or Commerce) directive. Such disclosure shall not be used to make determinations about individuals.

8. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to the public after either publication of the application pursuant to 35 U.S.C. 122(b) or issuance of a patent pursuant to 35 U.S.C. 151. Further, a record may be disclosed, subject to the limitations of 37 CFR 1.14, as a routine use, to the public if the record was filed in an application which became abandoned or in which the proceedings were terminated and which application is referenced by either a published application, an application open to public inspections or an issued patent.

9. A record from this system of records may be disclosed, as a routine use, to a Federal, State, or local law enforcement agency, if the USPTO becomes aware of a violation or potential violation of law or regulation.

UNITED STATES
PATENT AND TRADEMARK OFFICE

P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313 - 1450
www.uspto.gov

ELECTRONIC PAYMENT RECEIPT

APPLICATION #	RECEIPT DATE / TIME	ATTORNEY DOCKET #
17/699,555	**11/26/2024 12:39:51 PM Z ET**	**U 020968-8**

Title of Invention

ELECTROCHEMICAL APPARATUS AND ELECTRONIC APPARATUS CONTAINING THE ELECTROCHEMICAL APPARATUS

Application Information

APPLICATION TYPE	Utility - Nonprovisional Application under 35 USC 111(a)	PATENT #	-
CONFIRMATION #	3466	FILED BY	Olivia Stanford Cato
PATENT CENTER #	68128012	AUTHORIZED BY	Janet Cord
CUSTOMER #	140	FILING DATE	03/21/2022
CORRESPONDENCE ADDRESS	-	FIRST NAMED INVENTOR	Xiaojing Liu

Payment Information

PAYMENT METHOD	PAYMENT TRANSACTION ID	PAYMENT AUTHORIZED BY
DA / 120425	**E2024APC42337153**	**Olivia Stanford Cato**

FEE CODE	DESCRIPTION	ITEM PRICE($)	QUANTITY	ITEM TOTAL($)
1806	SUBMISSION OF AN INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT	260.00	1	260.00
			TOTAL AMOUNT:	**$260.00**

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

New Applications Under 35 U.S.C. 111

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

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

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

New International Application Filed with the USPTO as a Receiving Office

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

(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2018-18646
(P2018-18646A)
(43)公開日　平成30年2月1日(2018.2.1)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
H01M 10/0587	***(2010.01)***	H01M	10/0587		5H029
H01M 10/052	***(2010.01)***	H01M	10/052		5H043
H01M 2/26	***(2006.01)***	H01M	2/26	A	

審査請求 未請求　請求項の数 6　OL　（全 12 頁）

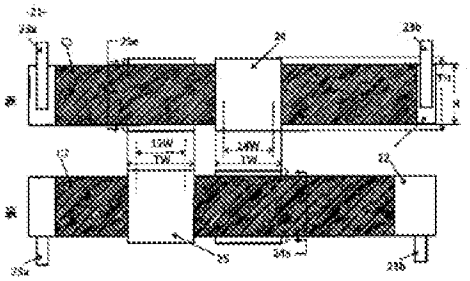
(21)出願番号　特願2016-146967 (P2016-146967)
(22)出願日　平成28年7月27日 (2016.7.27)

(71)出願人　000005810
マクセルホールディングス株式会社
京都府乙訓郡大山崎町大山崎小泉１番地
(74)代理人　100078064
弁理士　三輪　鐵雄
(74)代理人　100115901
弁理士　三輪　英樹
(72)発明者　丹光　崇志
大阪府茨木市丑寅一丁目１番８８号　日立マクセル株式会社内
(72)発明者　松木　優子
大阪府茨木市丑寅一丁目１番８８号　日立マクセル株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】リチウムイオン二次電池

(57)【要約】
【課題】負荷特性が良好で、生産効率の良いリチウムイオン二次電池を提供する。
【解決手段】扁平形状の電極体は、長尺の正極と負極とがセパレータを介して積層されて渦巻き状に巻回されており、前記負極の少なくとも片面の一部に、負極集電体上に負極合剤層を設けていない負極集電体露出部を有し、前記負極集電タブは、前記負極の負極集電体露出部に接合されており、前記負極集電体露出部は、平面視で第１の負極合剤層形成部と第２の負極合剤層形成部とに隣接しており、巻回した時に前記負極集電体露出部と前記セパレータを介して対向する正極合剤層部分には、前記正極の短手方向の寸法よりも大きいテープが接着層を介して貼り付けられており、前記テープは、リチウムイオンが透過せず、また、正極短手方向の両端部で平面視で正極の短手方向寸法を超えた部分には接着層を有さないことを特徴とする。
【選択図】図3



【特許請求の範囲】
【請求項１】
リチウムイオン二次電池であって、
外装体内に一対の幅広面を持つ扁平形状の電極体が収納されており、
前記扁平形状の電極体は、長尺の正極と負極とがセパレータを介して積層されて渦巻き状に巻回されており、
前記正極および前記負極は、それぞれ正極集電タブ、負極集電タブを有しており、
前記負極は、負極集電体上の少なくとも一部に負極合剤層を設けており、
前記負極の少なくとも片面の一部に、負極集電体上に負極合剤層を設けていない負極集電体露出部を有し、
前記負極集電タブは、前記負極の負極集電体露出部に接合されており、
前記負極集電体露出部は、平面視で第１の負極合剤層形成部と第２の負極合剤層形成部とに隣接しており、
巻回した時に前記負極集電体露出部と前記セパレータを介して対向する正極合剤層部分には、前記正極の短手方向の寸法よりも大きいテープが接着層を介して貼り付けられており、
前記テープは、リチウムイオンが透過せず、且つ正極短手方向の両端部で、平面視で正極の短手方向寸法を超えた部分には接着層を有さないことを特徴とするリチウムイオン二次電池。
【請求項２】
前記正極は、正極集電体上の少なくとも一部に正極合剤層を設けており、
前記正極の少なくとも片面の長手方向両端部は、正極集電体上に正極合剤層を設けていない正極集電体露出部を有し、
前記正極集電タブは、前記正極の長手方向両端部の正極集電体露出部にそれぞれ接合されている請求項１に記載のリチウムイオン二次電池。
【請求項３】
第１の負極合剤層形成部の長手方向寸法Ｌ１（ｍｍ）と第２の負極合剤層形成部の長手方向寸法Ｌ２（ｍｍ）が、Ｌ１／Ｌ２が０．８～１．２である請求項１に記載のリチウムイオン二次電池。
【請求項４】
前記負極合剤層形成部は両面で同期している請求項１に記載のリチウムイオン二次電池。
【請求項５】
前記テープの正極長手方向寸法は、前記セパレータを介して対応する前記負極集電体露出部の負極長手方向寸法よりも大きい請求項１に記載のリチウムイオン二次電池。
【請求項６】
前記正極集電タブおよび前記負極集電タブは、前記電極体を幅広面側から側面視した時に重ならないように配置されている請求項１又は２に記載のリチウムイオン二次電池。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
この発明は、リチウムイオン二次電池に関するものである。
【背景技術】
【０００２】
非水電解質二次電池であるリチウムイオン二次電池において、高出力および急速充電が求められるために、充電時および放電時両方での負荷特性の向上が求められている。
【０００３】
特許文献１では正負極の集電タブの配置構成を適正化することによって、高エネルギー密度、高い放電レート特性を併せて得ることが開示されている。
【０００４】

特許文献２では高容量化・高出力化された場合であっても、異常時に電池内で内部短絡が生じた場合も高い安全性を確保することが可能な非水電解質二次電池が開示されている。

【先行技術文献】
【特許文献】
【０００５】
【特許文献１】特開２００９－２４５８３９号公報
【特許文献２】特開２０１４－２２５３２６号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００６】
このように、種々の特性を向上させるために集電タブの配置を工夫する技術は従来から行われている。本発明は、特定箇所に負極集電タブを配置した時の課題を解決し、その目的は負荷特性が良好で生産性の高いリチウムイオン二次電池を提供することである。
【課題を解決するための手段】
【０００７】
本発明は、リチウムイオン二次電池であって、外装体内に一対の幅広面を持つ扁平形状の電極体が収納されており、前記扁平形状の電極体は、長尺の正極と負極とがセパレータを介して積層されて渦巻き状に巻回されており、前記正極および前記負極は、それぞれ正極集電タブ、負極集電タブを有しており、前記負極は、負極集電体上の少なくとも一部に負極合剤層を設けており、
前記負極の少なくとも片面の一部に、負極集電体上に負極合剤層を設けていない負極集電体露出部を有し、前記負極集電タブは、前記負極の負極集電体露出部に接合されており、前記負極集電体露出部は、平面視で第１の負極合剤層形成部と第２の負極合剤層形成部とに隣接しており、
巻回した時に前記負極集電体露出部と前記セパレータを介して対向する正極合剤層部分には、前記正極の短手方向の寸法よりも大きいテープが接着層を介して貼り付けられており、前記テープは、リチウムイオンが透過せず、且つ正極短手方向の両端部で、平面視で正極の短手方向寸法を超えた部分には接着層を有さないことを特徴とする。
【発明の効果】
【０００８】
本発明によれば、負荷特性が良好で、生産効率の良いリチウムイオン二次電池が提供できる。
【図面の簡単な説明】
【０００９】
【図１】本発明の実施態様の一例である扁平形状の電極体を表す。
【図２】本発明の実施態様の一例である負極を表す。
【図３】本発明の実施態様の一例である正極を表す。
【図４】本発明の実施態様の一例である。
【発明を実施するための形態】
【００１０】
本発明のリチウムイオン二次電池では長尺の負極の長手方向中央部に負極集電タブを配置する。これにより、集電時の電子の移動の最大距離を短くすることが出来るので、負極を低抵抗化することが出来、負荷特性を向上させることが出来る。負極集電タブは、確実に負極に接合するために、負極集電体上の負極合剤層を設けていない負極集電体露出部に接合される。つまり、負極は長手方向中央部に負極集電体露出部を有している。
【００１１】
一般にリチウムイオン二次電池ではセパレータを介して正極合剤層と負極合剤層とを対向させる。そして、正極からのLiイオンを確実に吸蔵しLiデンドライトの発生を防止するために、負極合剤層は正極合剤層よりも大きい面積を確保する。

【００１２】
負極長手方向中央部の負極集電体露出部に正極合剤層を対向させると、当該箇所の正極合剤層から放出されたLiイオンは吸蔵する負極合剤層が無いことになる。そこで、本発明では負極集電体露出部とセパレータを介して対向する正極合剤層には接着層を介してテープを貼り付ける。その際、テープはリチウムイオンを透過しない。加えて、テープは正極の短手方向の寸法よりも大きいものを使用し、正極の短手方向からはみ出したテープ部分には、接着層が存在しない。これにより、電極体の巻回時も作業性良く行うことが出来る。
【００１３】
以下、図面を用いて説明を行う。尚、図面は簡略化した図になっており、実際の寸法および寸法比とは異なる。
【００１４】
図１は本発明の実施形態に係る電極体１の概略構成を示す。電極体１は長尺の正極と負極とがセパレータを介して積層されて渦巻き状に巻回され、巻止めテープ２で留めている。電極体１は巻回後、巻回体を押しつぶして、一対の幅広面を持つ扁平形状となっている。電極体１の巻回軸方向には正極集電タブ２３と負極集電タブ１３が突出している。この時、正極集電タブ２３と負極集電タブ１３は、電極体を幅広面側から側面視した時に重ならないように配置されている。これにより、外装缶の封口体へのタブ溶接を容易にしたり、外部接続端子への接続を容易にすることが出来る。
【００１５】
本発明のリチウムイオン二次電池は、この扁平形状の電極体を従来公知の外装体内に収納し、非水電解質を注入して密閉して製造される。外装体は缶でもフィルムでも適用可能である。
【００１６】
図２は本発明の実施形態に係る長尺の負極１０の表面および裏面の平面視を表している。負極１１は、長尺の負極集電体１２上に負極集電体の短手方向全長に渡って負極合剤層を形成する負極合剤層形成部Ａ１～Ａ４を有している。
【００１７】
負極表面の長手方向中央部には負極集電体露出部１４があり、負極集電体露出部１４は第１の負極合剤層形成部Ａ１と第２の負極合剤層形成部Ａ２とに隣接している。負極集電体露出部１４には、負極集電タブ１３が抵抗溶接により溶接されている。
【００１８】
負極集電体露出部がある長手方向中央部とは、正確に負極長手方向寸法の中央でなくてもよく、負極を低抵抗化し、負極の負荷特性が向上するよう負極集電体露出部が平面視で第１の負極合剤層形成部Ａ１と第２の負極合剤層形成部Ａ２とに隣接していればよい。そして、第１の負極合剤層形成部Ａ１の長手方向寸法Ｌ１（ｍｍ）と第２の負極合剤層形成部Ａ２の長手方向寸法Ｌ２（ｍｍ）が、Ｌ１／Ｌ２が０．８～１．２の関係にあるのが好ましい。この範囲であれば集電効率を向上させ、負荷特性を改善することが出来るからである。
【００１９】
負極裏面の長手方向中央部には負極集電体露出部１５があり、負極集電体露出部１５は第３の負極合剤層形成部Ａ３と第４の負極合剤層形成部Ａ４とに隣接している。
【００２０】
本実施形態では負極裏面は負極表面とで同期させて負極合剤層形成部を設けている。つまり、第１の負極合剤層形成部Ａ１の長手方向寸法Ｌ１（ｍｍ）と第３の負極合剤層形成部Ａ３の長手方向寸法Ｌ３（ｍｍ）は同一であり、第２の負極合剤層形成部Ａ２の長手方向寸法Ｌ２（ｍｍ）と第４の負極合剤層形成部Ａ４の長手方向寸法Ｌ４（ｍｍ）は同一である。更に、表面の負極集電体露出部１４の長手方向寸法１４Ｗ（ｍｍ）と裏面の負極集電体露出部１５の長手方向寸法１５Ｗ（ｍｍ）とは同一寸法である。
【００２１】

本実施形態では負極の表面および裏面の両方に負極合剤層を設けたが、表面だけに負極合剤層があっても構わない。また、必ずしも負極の表面と裏面とを同期させる必要はなく、ずれがあっても構わない。また、負極の長手方向中央部以外にも負極集電体上に負極合剤層を設けない箇所があっても良い。

［００２２］

図３は本発明の実施形態に係る長尺の正極２１の表面および裏面の平面視を表している。正極２１は、長尺の正極集電体２２上に正極集電体の短手方向全長に渡って正極合剤層を形成する正極合剤層形成部Ｃ１およびＣ２を有している。また、正極２１は、巻回した時に負極集電体露出部１４および１５とセパレータを介して対向する正極合剤層部分に、テープ２４、２５を有する。テープ２４、２５の正極短手方向寸法ＴＨは、正極の短手方向寸法Ｈよりも大きく、絶縁テープは正極短手方向両端で正極からはみ出す、テープエッジ部２４ｅ、２５ｅを有している。また、絶縁テープ２４、２５の正極長手方向寸法ＴＷは、負極が有する負極集電体露出部１４、１５の長手方向寸法１４Ｗ、１５Ｗよりも大きい。これにより、巻回した時に、正極上のテープはセパレータを介して負極集電体露出部を覆うことになる。本実施態様ではテープは２４、２５の２つを備えているが、負極合剤層が片面のみであれば、正極も片面のみでテープ２５は不要となる。

［００２３］

正極集電体の長手方向両端部には両面に正極合剤層を設けない正極集電体露出部を有し、両端部の正極集電体露出部にはそれぞれ１本ずつ正極集電タブ２３ａと２３ｂを接合している。尚、正極集電体の一方の端部に１本だけ正極集電タブを接合しても良い。外装体に扁平形状の有底筒状の缶を用いた場合、つまり、いわゆる角形電池とする場合は、外装缶が正電極を帯びているのが一般的であるため、正極集電タブを正極長手方向両端部にそれぞれ正極集電タブを接合すると、電子の最長移動距離が短くなって集電効率が上がり、負荷特性が良好になるため好ましい。さらに、外装缶にアルミを採用できるため、重量エネルギー密度的にも好ましい。

［００２４］

図４は本発明の実施形態に係るテープ２４を示す。テープ２４は基材２４１と、基材２４１の片面に接着層２４２を設けている。接着層２４２の正極短手方向寸法ＡＨ（ｍｍ）は、２４、２５の正極短手方向寸法ＴＨ（ｍｍ）よりも小さく、且つ正極の短手寸法Ｈ（ｍｍ）と同じかこれより小さい。つまり、ＡＨ＜ＴＨ、ＡＨ≦Ｈの関係が成り立つ。基材２４１の正極短手方向の両端部には、接着層を設けない箇所の基材露出部２４３を有する。これにより、絶縁テープは平面視で正極の短手方向寸法を超えた部分（テープエッジ部２４ｅ、２５ｅ）には接着層を有さないようにすることが出来る。

［００２５］

絶縁テープが平面視で正極の短手方向寸法を超えた部分に接着層を有すると、超えた部分が巻回時に負極やセパレータ等の部材に張り付いて巻回不良が起きることがあり、著しく生産効率が下がる。本発明によると、負荷特性が良好で、且つ生産効率を下げることなく、確実にＬｉ析出を防止することが出来る。

［００２６］

以下に、本発明で取りうるその他のリチウムイオン二次電池の構成について説明する。

［００２７］

〔正極〕

本発明のリチウムイオン二次電池に係る正極には、例えば、正極活物質、導電助剤、バインダ等を含有する正極合剤層を、集電体の片面又は両面に有する構造のものが使用できる。

［００２８］

＜正極活物質＞

上記正極に用いる正極活物質は、特に限定されず、リチウム含有遷移金属酸化物等の一般に用いることのできる活物質を使用すればよい。リチウム含有遷移金属酸化物の具体例としては、例えば、Li_xCoO_2、Li_xNiO_2、Li_xMnO_2、Li_xCo_yN

$i_{1-y}O_2$、$Li_xCo_yM_{1-y}O_2$、$Li_xNi_{1-y}M_yO_2$、$Li_xMn_yNi_zCo_{1-y-z}O_2$、$Li_xMn_2O_4$、$Li_xMn_{2-y}M_yO_4$等が例示される。但し、上記の各構造式中において、Mは、Mg、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Al、Ti、Zr、Ge及びCrよりなる群から選ばれる少なくとも1種の金属元素であり、$0 \leqq x \leqq 1.1$、$0 < y < 1.0$、$2.0 < z < 1.0$である。

【００２９】

＜バインダ＞

上記正極に用いるバインダとしては、電池内で化学的に安定なものであれば、熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂のいずれも使用できる。例えば、ポリフッ化ビニリデン（ＰＶＤＦ）、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリテトラフルオロエチレン（ＰＴＦＥ）、ポリヘキサフルオロプロピレン（ＰＨＦＰ）、スチレン・ブタジエンゴム（ＳＢＲ）、テトラフルオロエチレンーヘキサフルオロエチレン共重合体、テトラフルオロエチレンーヘキサフルオロプロピレン共重合体（ＦＥＰ）、テトラフルオロエチレンーパーフルオロアルキルビニルエーテル共重合体（ＰＦＡ）、エチレンーテトラフルオロエチレン共重合体（ＥＴＦＥ）、ポリクロロトリフルオロエチレン（ＰＣＴＦＥ）、プロピレンーテトラフルオロエチレン共重合体、エチレンークロロトリフルオロエチレン共重合体（ＥＣＴＦＥ）、又は、エチレンーアクリル酸共重合体、エチレンーメタクリル酸共重合体、エチレンーアクリル酸メチル共重合体、エチレンーメタクリル酸メチル共重合体及びそれら共重合体のＮａイオン架橋体等の１種又は２種以上を使用できる。

【００３０】

＜導電助剤＞

上記正極に用いる導電助剤としては、電池内で化学的に安定なものであればよい。例えば、天然黒鉛、人造黒鉛等のグラファイト；アセチレンブラック、ケッチェンブラック（商品名）、チャンネルブラック、ファーネスブラック、ランプブラック、サーマルブラック等のカーボンブラック；炭素繊維、金属繊維等の導電性繊維；アルミニウム粉等の金属粉末；フッ化炭素；酸化亜鉛；チタン酸カリウム等からなる導電性ウィスカー；酸化チタン等の導電性金属酸化物；ポリフェニレン誘導体等の有機導電性材料等が挙げられ、これらを１種単独で用いてもよく、２種以上を併用してもよい。これらの中でも、導電性の高いグラファイトと、吸液性に優れたカーボンブラックが好ましい。また、導電助剤の形態としては、一次粒子に限定されず、二次凝集体や、チェーンストラクチャー等の集合体の形態のものも用いることができる。このような集合体の方が、取り扱いが容易であり、生産性が良好となる。

【００３１】

＜集電体＞

上記正極に用いる集電体としては、従来から知られているリチウムイオン二次電池の正極に使用されているものと同様のものが使用でき、例えば、厚さが１０～３０μｍのアルミニウム箔が好ましい。

【００３２】

＜正極の製造方法＞

上記正極は、例えば、前述した正極活物質、導電助剤及びバインダを、Ｎ－メチル－２－ピロリドン（ＮＭＰ）等の溶剤に分散させたペースト状やスラリー状の正極合剤含有組成物を調製し（但し、バインダは溶剤に溶解していてもよい。）、これを集電体の片面又は両面に塗布し、乾燥した後に、必要に応じてカレンダ処理を施す工程を経て製造することができる。正極の製造方法は、上記の方法に制限されるわけではなく、他の製造方法で製造することもできる。

【００３３】

＜正極合剤層＞

上記正極合剤層においては、正極活物質の総量を９２～９５重量％とし、導電助剤の量を３～６重量％とし、バインダの量を３～６重量％とすることが好ましい。

【００３４】

高負荷での放電特性を向上させるために、正極合剤層の厚みは片面あたり２０～７０μｍであることが好ましい。正極合剤層を薄くすると、充放電時にリチウムイオンが移動する最大距離を短くすることが出来るため、内部抵抗が低く抑えられるからである。

〔００３５〕

＜テープ＞

本発明の負極集電体露出部とセパレータを介して対向する正極合剤層部分に貼るテープは、基材と基材上に設けた接着層とを有する。テープの厚み（基材厚みと接着層厚みの合計）は、５μｍ～４０μｍのものを使用することが出来る。この厚さであれば、Ｌｉイオンの不透過性と絶縁性を維持でき、且つ体積エネルギー密度を低下させない。

〔００３６〕

基材２４１はＬｉイオンが不透過で絶縁性の材料、且つリチウムイオン二次電池内の非水電解質と反応しない材料で構成することが出来、例えばＰＰやＰＰＳ，ＰＥＴ，イミドテープ等を用いることが出来る。

〔００３７〕

接着層２４２はリチウムイオン二次電池内の非水電解質と反応しない材料で構成することが出来、アクリル系樹脂や、シリコーン系樹脂、フッ素系樹脂、ゴム系粘着剤等で構成することが出来る。

〔００３８〕

〔負極〕

本発明のリチウムイオン二次電池に用いる負極には、例えば、負極活物質、バインダ及び必要に応じて導電助剤等を含む負極合剤層を、集電体の片面又は両面に有する構造のものが使用できる。

〔００３９〕

＜負極活物質＞

上記負極活物質には、従来から知られているリチウムイオン二次電池に用いられている負極活物質、即ち、リチウムイオンを吸蔵・放出可能な材料であれば特に制限はない。例えば、黒鉛、熱分解炭素類、コークス類、ガラス状炭素類、有機高分子化合物の焼成体、メソカーボンマイクロビーズ（ＭＣＭＢ）、炭素繊維等の、リチウムイオンを吸蔵・放出可能な炭素系材料の１種又は２種以上の混合物が負極活物質として用いられる。また、シリコン（Ｓｉ）、スズ（Ｓｎ）、ゲルマニウム（Ｇｅ）、ビスマス（Ｂｉ）、アンチモン（Ｓｂ），インジウム（Ｉｎ）等の元素及びその合金、リチウム含有窒化物又はリチウム含有酸化物等のリチウム金属に近い低電圧で充放電できる化合物、もしくはリチウム金属やリチウム／アルミニウム合金も負極活物質として用いることができる。中でも、負極活物質としては、シリコンと酸素とを構成元素に含むSiO_xで表される材料が好ましい。

〔００４０〕

SiO_xは、Ｓｉの微結晶又は非晶質相を含んでいてもよく、この場合、ＳｉとＯの原子比は、Ｓｉの微結晶又は非晶質相のＳｉを含めた比率となる。即ち、SiO_xには、非晶質のSiO_2マトリックス中に、Ｓｉ（例えば、微結晶Ｓｉ）が分散した構造のものが含まれ、この非晶質のSiO_2と、その中に分散しているＳｉを合わせて、上記原子比ｘが０．５≦ｘ≦１．５を満足していればよい。例えば、非晶質のSiO_2マトリックス中に、Ｓｉが分散した構造で、SiO_2とＳｉのモル比が１：１の材料の場合、ｘ＝１であるので、構造式としてはＳｉＯで表記される。このような構造の材料の場合、例えば、Ｘ線回折分析では、Ｓｉ（微結晶Ｓｉ）の存在に起因するピークが観察されない場合もあるが、透過型電子顕微鏡で観察すると、微細なＳｉの存在が確認できる。

〔００４１〕

上記SiO_xは、炭素材料と複合化した複合体であることが好ましく、例えば、SiO_xの表面が炭素材料で被覆されていることが望ましい。通常、SiO_xは導電性が乏しいため、これを負極活物質として用いる際には、良好な電池特性確保の観点から、導電性材料（導電助剤）を使用し、負極内におけるSiO_xと導電性材料との混合・分散を良好にして、優れた導電ネットワークを形成する必要がある。SiO_xを炭素材料と複合化した

複合体であれば、例えば、単にＳｉＯ$_x$と炭素材料等の導電性材料とを混合して得られた材料を用いた場合よりも、負極における導電ネットワークが良好に形成される。

〔００４２〕

＜バインダ＞

上記バインダとしては、例えば、でんぷん、ポリビニルアルコール、ポリアクリル酸、カルボキシメチルセルロース（ＣＭＣ）、ヒドロキシプロピルセルロース、再生セルロース、ジアセチルセルロース等の多糖類やそれらの変成体；ポリビニルクロリド、ポリビニルピロリドン（ＰＶＰ）、ポリテトラフルオロエチレン、ポリフッ化ビニリデン、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリアミドイミド、ポリアミド等の熱可塑性樹脂やそれらの変成体；ポリイミド；エチレン－プロピレン－ジエンターポリマー（ＥＰＤＭ）、スルホン化ＥＰＤＭ、スチレン・ブタジエンゴム（ＳＢＲ）、ブタジエンゴム、ポリブタジエン、フッ素ゴム、ポリエチレンオキシド等のゴム状弾性を有するポリマーやそれらの変成体；などが挙げられ、これらの１種又は２種以上を用いることができる。

〔００４３〕

＜導電助剤＞

上記負極合剤層には、更に導電助剤として導電性材料を添加してもよい。このような導電性材料としては、電池内において化学変化を起こさないものであれば特に限定されず、例えば、カーボンブラック（サーマルブラック、ファーネスブラック、チャンネルブラック、ケッチェンブラック、アセチレンブラック等）、炭素繊維、金属粉（銅、ニッケル、アルミニウム、銀等の粉末）、金属繊維、ポリフェニレン誘導体（特開昭５９－２０９７１号公報に記載のもの）等の材料を、１種又は２種以上用いることができる。これらの中でも、カーボンブラックを用いることが好ましく、ケッチェンブラックやアセチレンブラックがより好ましい。

〔００４４〕

＜集電体＞

上記集電体としては、銅製やニッケル製の箔、パンチングメタル、網、エキスパンドメタル等を用い得るが、通常、銅箔が用いられる。この負極集電体は、高エネルギー密度の電池を得るために負極全体の厚みを薄くする場合、厚みの上限は３０μｍであることが好ましく、機械的強度を確保するために下限は５μｍであることが望ましい。

〔００４５〕

＜負極の製造方法＞

上記負極は、例えば、前述した負極活物質及びバインダ、更には必要に応じて導電助剤を、Ｎ－メチル－２－ピロリドン（ＮＭＰ）や水等の溶剤に分散させたペースト状やスラリー状の負極合剤含有組成物を調製し、これを集電体の片面又は両面に塗布し、乾燥した後に、必要に応じてカレンダ処理を施す工程を経て製造することができる。負極の製造方法は、上記の製法に制限されるわけではなく、他の製造方法で製造することもできる。

〔００４６〕

＜負極合剤層＞

上記負極合剤層においては、負極活物質の総量を８０～９９質量％とし、バインダの量を１～２０質量％とすることが好ましい。また、別途導電助剤として導電性材料を使用する場合には、負極合剤層におけるこれらの導電性材料は、負極活物質の総量及びバインダ量が、上記の好適値を満足する範囲で使用することが好ましい。

〔００４７〕

高負荷での放電特性を向上させるために、負極合剤層の厚みは片面あたり２０～７０μｍであることが好ましい。

負極合剤層を薄くすると、充放電時にリチウムイオンが移動する最大距離を短くすることが出来るため、内部抵抗が低く抑えられるからである。ＳｉＯ$_x$で表される材料は負極活物質として最も一般的な黒鉛と比較して、高容量化が可能となる。その為、ＳｉＯ$_x$で表される材料を負極活物質に用いると、負極活物質の合計量を少なくすることが出来るため、負極合剤層の薄膜化が容易になる。

〔００４８〕
〔非水電解質〕
本発明のリチウムイオン二次電池に係る非水電解質としては、リチウム塩を有機溶媒に溶解した非水電解液を使用できる。
〔００４９〕
上記非水電解液に用いるリチウム塩としては、溶媒中で解離してリチウムイオンを形成し、電池として使用される電圧範囲で分解等の副反応を起こしにくいものであれば特に制限はない。例えば、$LiClO_4$、$LiPF_6$、$LiBF_4$、$LiAsF_6$、$LiSbF_6$等の無機リチウム塩、$LiCF_3SO_3$、$LiCF_3CO_2$、$Li_2C_2F_4(SO_3)_2$、$LiN(CF_3SO_2)_2$、$LiC(CF_3SO_2)_3$、$LiC_nF_{2n+1}SO_3$（$2 \leqq n \leqq 7$）、$LiN(RfOSO_2)_2$〔ここで、Ｒｆはフルオロアルキル基〕等の有機リチウム塩等を用いることができる。
〔００５０〕
このリチウム塩の非水電解液中の濃度としては、０．５～１．５ｍｏｌ／Ｌとすることが好ましく、０．９～１．２５ｍｏｌ／Ｌとすることがより好ましい。
〔００５１〕
上記非水電解液に用いる有機溶媒としては、上記のリチウム塩を溶解し、電池として使用される電圧範囲で分解等の副反応を起こさないものであれば特に限定されない。例えば、エチレンカーボネート、プロピレンカーボネート、ブチレンカーボネート等の環状カーボネート；ジメチルカーボネート、ジエチルカーボネート、メチルエチルカーボネート等の鎖状カーボネート；プロピオン酸メチル等の鎖状エステル；γ－ブチロラクトン等の環状エステル；ジメトキシエタン、ジエチルエーテル、１，３－ジオキソラン、ジグライム、トリグライム、テトラグライム等の鎖状エーテル；ジオキサン、テトラヒドロフラン、２－メチルテトラヒドロフラン等の環状エーテル；アセトニトリル、プロピオニトリル、メトキシプロピオニトリル等のニトリル類；エチレングリコールサルファイト等の亜硫酸エステル類等が挙げられ、これらは２種以上混合して用いることもできる。より良好な特性の電池とするためには、エチレンカーボネートと鎖状カーボネートの混合溶媒等、高い導電率を得ることができる組み合わせで用いることが望ましい。
〔００５２〕
〔セパレータ〕
本発明に係るセパレータには、８０℃以上（より好ましくは１００℃以上）１７０℃以下（より好ましくは１５０℃以下）において、その孔が閉塞する性質（すなわちシャットダウン機能）を有していることが好ましく、通常のリチウムイオン二次電池などで使用されているセパレータ、例えば、ポリエチレン（ＰＥ）やポリプロピレン（ＰＰ）などのポリオレフィン製の微多孔膜を用いることができる。セパレータを構成する微多孔膜は、例えば、ＰＥのみを使用したものやＰＰのみを使用したものであってもよく、また、ＰＥ製の微多孔膜とＰＰ製の微多孔膜との積層体であってもよい。
〔００５３〕
本発明のセパレータは、厚みが６～２０μｍのものが好ましい。体積エネルギー密度を向上させる観点から、１６μｍより小さいのが更に好ましく、より好ましくは１４μｍ以下である。
従来では、正極集電タブ部分への電流の集中による顕著な発熱が起こるため、当該箇所でのセパレータの熱収縮による内部短絡を懸念し、セパレータの厚みを大きくすることで熱収縮を防止していた。本発明においては正極集電タブを２以上設けているので、１つの正極集電タブに熱が集中するのを防止することが出来る。その為従来よりも薄いセパレータを用いることができ、更に体積エネルギー密度の向上に寄与することが可能となった。
また、取扱いやすさから８μｍ以上が更に好ましい。
〔００５４〕
本発明に係るセパレータには、融点が１４０℃以下の樹脂を主体とした多孔質層（ｉ）と、１５０℃以下の温度で溶融しない樹脂または耐熱温度が１５０℃以上の無機フィラー