

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 017 246**

51 Int. Cl.:

H01M 4/131 (2010.01)

H01M 4/505 (2010.01)

H01M 4/525 (2010.01)

H01M 4/04 (2006.01)

H01M 10/052 (2010.01)

H01M 4/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.04.2021** **PCT/KR2021/004953**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.11.2021** **WO21225303**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.04.2021** **E 21800675 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.02.2025** **EP 3996169**

54 Título: **Lámina de electrodo de alto contenido de níquel y método de fabricación de la misma**

30 Prioridad:

07.05.2020 KR 20200054232

08.04.2021 KR 20210045784

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

12.05.2025

73 Titular/es:

LG ENERGY SOLUTION, LTD. (100.00%)
Tower 1, 108, Yeoui-daero, Yeongdeungpo-gu
Seoul 07335, KR

72 Inventor/es:

HAN, SONG YI y
RYU, JI HOON

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 3 017 246 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Lámina de electrodo de alto contenido de níquel y método de fabricación de la misma

5 [Sector de la técnica]

Esta solicitud reivindica los derechos de prioridad basándose la solicitud de patente coreana n.º 10-2020-0054232 presentada el 7 de mayo de 2020 y la solicitud de patente coreana n.º 10-2021-0045784 presentada el 8 de abril de 2021.

10 La presente invención se refiere a una lámina de electrodo con alto contenido de níquel y a un método de fabricación de la misma y, más particularmente, a una lámina de electrodo, que se fabrica por la aplicación de una primera pasta de material activo de electrodo positivo que tiene un alto contenido de níquel en una porción central de una parte
15 revestida de lámina de electrodo, y la aplicación de una segunda pasta de material activo de electrodo positivo que tiene un contenido de níquel relativamente menor que el primer material activo de electrodo positivo en la porción del borde de la parte revestida, y a un método de fabricación de la misma.

[Estado de la técnica]

20 Recientemente, como los dispositivos electrónicos que utilizan baterías tales como teléfonos móviles, ordenadores portátiles y vehículos eléctricos se distribuyen rápidamente, la demanda de baterías secundarias, que son pequeñas y ligeras y tienen una capacidad relativamente alta, también ha aumentado rápidamente. En particular, ya que la batería secundaria de litio es ligera y tiene una gran densidad de energía, ha despertado un gran interés como fuente de alimentación de dispositivos portátiles. Como resultado, se llevan a cabo activamente actividades de investigación
25 y desarrollo para mejorar el rendimiento de las baterías secundarias de litio.

En la batería secundaria de litio, en un estado en el que una solución electrolítica orgánica o una solución electrolítica polimérica se carga en un espacio entre un electrodo positivo y un electrodo negativo que están hechos de un material activo en el que pueden intercalarse y desintercalarse iones de litio, la energía eléctrica se genera mediante reacciones
30 de oxidación y reducción cuando los iones de litio se intercalan/desintercalan en el electrodo positivo y el electrodo negativo.

El óxido de litio y cobalto (LiCoO_2), óxido de litio y níquel (LiNiO_2), óxido de litio y manganeso (LiMnO_2 o LiMn_2O_4 , etc.), compuesto de fosfato de hierro y litio (LiFePO_4) y similares se usaron como material activo de electrodo positivo de una batería secundaria de litio. Es más, como método para mejorar una baja estabilidad térmica manteniendo la
35 excelente capacidad reversible del LiNiO_2 , se desarrolló un óxido metálico compuesto de litio (denominado, en lo sucesivo en el presente documento, "óxido metálico de transición compuesto de litio basado en NCM"), que se generó sustituyendo una parte de níquel (Ni) por cobalto (Co) y manganeso (Mn). Sin embargo, el óxido de metal de transición compuesto de litio convencional basado en NCM no era suficiente en cuanto a características de capacidad y, por
40 tanto, tiene un límite en su aplicación.

Para mejorar tal problema, en los últimos años, se ha llevado a cabo una investigación para aumentar el contenido de níquel en el óxido de metal de transición compuesto de litio basado en NCM. A medida que aumenta el contenido de níquel, aumenta la densidad de energía por volumen, pero en el caso de un material activo de electrodo positivo de
45 níquel de alta concentración, existe el problema de que la estabilidad estructural y la estabilidad química del material activo son bajas, lo que, de nuevo, deteriora rápidamente la estabilidad térmica. Es más, los iones de níquel reaccionan con la humedad y el dióxido de carbono presentes en el entorno de almacenamiento, y se transforman irreversiblemente en NiO y, en este proceso, salen iones de litio y aumentan los subproductos de litio existentes en forma de LiOH y Li_2CO_3 . Como tal, aumenta la resistencia de la superficie del material activo, la capacidad de la batería
50 disminuye y aumenta la generación de gas durante el almacenamiento a alta temperatura.

Como tal, al fabricar un electrodo positivo de alto contenido de níquel electrodo de material activo que tiene un alto contenido de níquel, para aliviar la humectación, la publicación de patente japonesa n.º 2019-149269 divulga una
55 batería secundaria que incluye un electrodo positivo, en el que un primer material activo de electrodo positivo que tiene un contenido de níquel del 50 al 80 % se aplica en el centro, y un segundo material activo de electrodo positivo que tiene un contenido de níquel del 20 al 40 % se aplica en ambos extremos. Sin embargo, la tecnología convencional tiene el efecto de suprimir la precipitación del litio, pero no es suficiente para mejorar la vida útil de la batería, y el segundo material activo de electrodo positivo aplicado a ambos extremos tiene un contenido de níquel de sólo el 20-40 %, por lo que es difícil conseguir la densidad de energía deseada. El documento de patente JP 2014 207201 divulga
60 un electrodo positivo que comprende diferentes regiones de material activo.

Por lo tanto, en un electrodo positivo que tiene un alto contenido de níquel, es necesario desarrollar una batería capaz de inhibir la reacción con la humedad al tiempo que implementa una alta densidad de energía.

65 [Objeto de la invención]

[Problema técnico]

- La presente invención se ha creado para resolver los problemas anteriores, y un objeto de la presente invención es proporcionar una lámina de electrodo capaz de suprimir la reacción entre el material activo de electrodo positivo que tiene un alto contenido de níquel y la humedad, y de implementar una alta densidad de energía, como se define en la reivindicación 1, y un método de fabricación del mismo.

[Solución técnica]

- La presente invención se refiere a una lámina de electrodo de un electrodo positivo de alto contenido de níquel, y la lámina de electrodo incluye una parte no revestida y una parte revestida en la que se aplica una capa de mezcla de electrodo positivo sobre al menos una superficie de un colector de corriente, en donde la parte revestida incluye: una primera capa de mezcla de electrodo positivo configurada para formarse sobre una porción central a lo largo de una dirección longitudinal de la lámina de electrodo y para contener un primer material activo de electrodo positivo de óxido de litio-níquel-cobalto-manganeso; y una segunda capa de mezcla de electrodo positivo configurada para formarse en ambos extremos en una dirección paralela a la primera capa de mezcla de electrodo positivo basada en una dirección de anchura y para contener un segundo material activo de electrodo positivo de óxido de litio-níquel-cobalto-manganeso, en donde un contenido de níquel del segundo material activo de electrodo positivo es inferior al del primer material activo de electrodo positivo, un contenido de níquel en el segundo material activo de electrodo positivo corresponde a del 45 al 70 % en moles del contenido total de metal de transición en el segundo material activo de electrodo positivo, y una relación (b/a) de una densidad de laminación (b) de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo con respecto a una densidad de laminación (a) de la primera capa de mezcla de electrodo positivo es de 0,5 a 0,9, la densidad de laminación es la densidad del electrodo positivo después de la laminación.
- En una realización de la presente invención, un contenido de níquel en el primer material activo de electrodo positivo corresponde al 70 % en moles o más del contenido total de metal de transición en el primer material activo de electrodo positivo.
- En una realización de la presente invención, una densidad de laminación (a) de la primera capa de mezcla de electrodo positivo corresponde a 2,5 g/cm³ a 4,3 g/cm³.
- En una realización de la presente invención, una anchura de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo corresponde a entre el 1 y el 15 % de una anchura de la primera capa de mezcla de electrodo positivo.
- Una batería secundaria de litio de acuerdo con la presente invención incluye un electrodo positivo generado cortando la parte revestida y la parte no revestida de la lámina de electrodo de acuerdo con una forma y un tamaño de un electrodo unitario.
- Un método de fabricación de una lámina de electrodo de acuerdo con la presente invención incluye: un proceso de aplicación consistente en formar una primera capa de mezcla de electrodo positivo y una segunda capa de mezcla de electrodo positivo aplicando una primera pasta de electrodo positivo que contiene el primer material activo de electrodo positivo y una segunda pasta de electrodo positivo que contiene el segundo material activo de electrodo positivo sobre una lámina colector de corriente; un proceso de secado; y un proceso de laminación, en donde, en el proceso de aplicación, la segunda pasta de electrodo positivo se aplica en una dirección paralela a una dirección de aplicación de la primera pasta de electrodo positivo en ambos extremos de la primera pasta de electrodo positivo, basado en una dirección de anchura de la lámina de electrodo, y en donde en el proceso de laminación, una relación (b/a) entre una densidad de laminación (b) de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo y una densidad de laminación (a) de la primera capa de mezcla de electrodo positivo es de 0,5 a 0,9, un contenido de níquel en el segundo material activo de electrodo positivo es inferior al del primer material activo de electrodo positivo, y un contenido de níquel en el segundo material activo de electrodo positivo corresponde a entre el 45 y el 70 % en moles del contenido total de metal de transición en el segundo material activo de electrodo positivo, la densidad de laminación es la densidad del electrodo positivo después de la laminación.
- En el presente documento, en el proceso de aplicación, una relación (B/A) entre la cantidad de carga (B) por unidad de superficie de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo y la cantidad de carga (A) por unidad de superficie de la primera capa de mezcla de electrodo positivo corresponde a entre 0,7 a 0,99.
- En el presente documento, en el proceso de aplicación, una longitud de una anchura de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo corresponde a entre el 1 y el 15 % de una longitud de una anchura de la primera capa de mezcla de electrodo positivo.
- En el presente documento, en el proceso de aplicación, la primera pasta de electrodo positivo y la segunda pasta de electrodo positivo pueden aplicarse simultáneamente.

[Efectos ventajosos]

De acuerdo con una lámina de electrodo y un método de fabricación de la lámina de electrodo de la presente invención, ajustando la densidad de laminación (b) de una segunda capa de mezcla de electrodo positivo formada en los bordes de la parte revestida, que tiene una posibilidad relativamente alta de entrar en contacto con la humedad del exterior de la lámina, para que sea menor que la densidad de laminación (a) de la primera capa de mezcla de electrodo positivo formada en la porción central de la parte revestida, se redujo la generación de polvo fino en la segunda capa de mezcla de electrodo positivo, lo que suprimió el aumento del área superficial del material activo de electrodo positivo que puede adsorber humedad después de la laminación, de este modo se mejora la densidad de energía al tiempo que se minimiza la reacción con la humedad.

10 [Descripción de las figuras]

La FIG. 1 es un diagrama esquemático en planta que ilustra un ejemplo de lámina de electrodo de acuerdo con una realización de la presente invención.

15 [Descripción detallada de la invención]

En lo sucesivo en el presente documento, la presente invención se describirá en detalle con referencia a los dibujos. Los términos y palabras usados en la presente memoria descriptiva y las reivindicaciones no deben interpretarse como limitados a términos ordinarios o de diccionario y el inventor puede definir adecuadamente el concepto de los términos para describir mejor su invención. Los términos y palabras deben interpretarse como significado y concepto consistente con la idea técnica de la presente invención.

La presente invención se refiere a una lámina de electrodo de un electrodo positivo de alto contenido de níquel, y la lámina de electrodo de acuerdo con la presente invención incluye una parte no revestida y una parte revestida en la que se aplica una capa de mezcla de electrodo positivo sobre al menos una superficie de un colector de corriente, y la parte revestida incluye: una primera capa de mezcla de electrodo positivo configurada para formarse sobre una porción central a lo largo de una dirección longitudinal de la lámina de electrodo y para contener un primer material activo de electrodo positivo de óxido de litio-níquel-cobalto-manganeso; y una segunda capa de mezcla de electrodo positivo configurada para formarse en uno o dos extremos de la primera capa de mezcla de electrodo positivo y para contener un segundo material activo de electrodo positivo que tiene un contenido de níquel inferior al del primer material activo de electrodo positivo, y una densidad de laminación (b) de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo es menor que una densidad de laminación (a) de la primera capa de mezcla de electrodo positivo.

Generalmente, la lámina de electrodo, que se genera aplicando una pasta de material activo para electrodos sobre una lámina colectora de corriente, y realizando a continuación un proceso de secado y laminación, se enrolla en un rollo y se almacena en estado enrollado hasta el punzonado del electrodo para el montaje de una batería. En este momento, la humedad puede penetrar más fácilmente en ambos extremos que en la porción central de la parte revestida, basado en la dirección de la anchura, por lo que el contenido de humedad es mayor en ambos extremos que en la porción central.

En un óxido de metal de transición compuesto de litio basado en NCM, basándose en el hecho de que cuando el contenido de níquel entre el contenido total de metales de transición es inferior al 70 % en moles, la velocidad de reacción con la humedad es baja, una segunda capa de mezcla de electrodo positivo que contiene un segundo material activo de electrodo positivo de un óxido de metal de transición níquel-cobalto-manganeso que tiene un contenido de níquel inferior al 70 % en moles se dispuso sobre una o ambas porciones de borde de la parte revestida de la lámina de electrodo para reducir la permeación de humedad y una primera capa de mezcla de electrodo positivo que contiene un primer material activo de electrodo positivo de un óxido de metal de transición níquel-cobalto-manganeso que tiene un contenido de níquel del 70 % en moles o más se dispuso sobre la porción central de la parte revestida de la lámina de electrodo para implementar una alta densidad de energía, y la densidad de laminación de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo se ajustó para que fuera menor que la densidad de laminación de la primera capa de mezcla de electrodo positivo, consiguiendo de este modo una alta densidad de energía a la vez que se suprime la reacción con la humedad.

Haciendo referencia a la FIG. 1, la lámina de electrodo de la presente invención tiene una parte revestida 100 en la que se ha aplicado la capa de mezcla de electrodo positivo sobre al menos una superficie del colector de corriente y una parte no revestida 200. Es más, la parte revestida 100 está formada por una primera capa de mezcla de electrodo positivo 110 formada sobre la porción central a lo largo de la dirección longitudinal (eje y) de la lámina de electrodo, y una segunda capa de mezcla de electrodo positivo 120 formada en ambos extremos de la primera capa de mezcla de electrodo positivo 110. En el presente documento, ambos extremos significa ambos lados según la dirección de la anchura (eje x) de la lámina de electrodo. La FIG. 1 ilustra una realización en la que la segunda capa de mezcla de electrodo positivo se forma en ambos extremos de la primera capa de mezcla de electrodo positivo, aunque no de forma limitativa, y la segunda capa de mezcla de electrodo positivo puede formarse en un extremo de la primera capa de mezcla de electrodo positivo.

El primer material activo de electrodo positivo de la presente invención es un óxido de metal de transición litio-níquel-cobalto-manganeso, y el contenido de níquel corresponde preferentemente al 70 % en moles o más de todo el metal

de transición para la implementación de una alta densidad de energía.

El segundo material activo de electrodo positivo de la presente invención es un óxido de metal de transición de litio-níquel-cobalto-manganeso, y el contenido de níquel corresponde al 45-70 % en moles, de todo el metal de transición para suprimir la reacción con la humedad. Convencionalmente, la reactividad con la humedad se suprimió ajustando el contenido de níquel del segundo material activo de electrodo positivo en un 40 % o menos, aunque de acuerdo con la presente invención, se implementó una alta densidad de energía y, al mismo tiempo, la reactividad con la humedad se suprimió aumentando el contenido de níquel en el segundo material activo de electrodo positivo mediante el control de la densidad de laminación de la primera capa de mezcla del electrodo positivo y de la segunda capa de mezcla del electrodo positivo.

El primer material activo de electrodo positivo y el segundo material activo de electrodo positivo de la presente invención son partículas (polvo). El diámetro promedio de partícula D_{50} del primer material activo de electrodo positivo puede ser de 1 a 30 μm , preferentemente de 3 a 20 μm y más preferentemente de 5 a 15 μm . En la presente invención, el diámetro promedio de partícula D_{50} puede definirse como el diámetro de las partículas correspondiente al 50 % de la cantidad de acumulación de volumen en la curva de distribución del diámetro de partícula. El diámetro promedio de partícula D_{50} puede medirse utilizando, por ejemplo, un método de difracción láser. Por ejemplo, de acuerdo con el método de medición del tamaño promedio de partícula (D_{50}) del material activo de electrodo positivo, tras dispersar partículas del material activo de electrodo positivo en un medio de dispersión, las ondas ultrasónicas de aproximadamente 28 kHz se irradian con una potencia de 60 W introduciendo un aparato de medición del tamaño de partícula por difracción láser disponible en el mercado (por ejemplo, Microtrac MT 3000), y a continuación puede calcularse el tamaño promedio de partícula (D_{50}) correspondiente al 50 % de la cantidad de acumulación de volumen en el aparato de medición.

El diámetro promedio de partícula D_{50} del segundo material activo de electrodo positivo puede ser de 1 a 30 μm , preferentemente de 3 a 20 μm y más preferentemente de 5 a 15 μm .

La presente invención se caracteriza por que la densidad de laminación (b) de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo que contiene el segundo material activo de electrodo positivo es menor que la densidad de laminación (a) de la primera capa de mezcla de electrodo positivo que contiene el primer material activo de electrodo positivo. En el presente documento, la densidad de laminación se define como la densidad del electrodo positivo tras la laminación. La densidad de laminación puede calcularse recogiendo electrodos positivos de un área específica y midiendo la masa y el grosor (volumen) de los electrodos positivos.

En una realización de la presente invención, la densidad de laminación de la primera capa de mezcla de electrodo positivo puede ser de 2,5 g/cm³ a 4,3 g/cm³. La densidad de laminación de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo puede ser de 2,3 a 4,1 g/cm³.

Las partículas de material activo de electrodo positivo pueden deformarse o romperse por la fuerza aplicada durante la laminación. A medida que se rompen las partículas, aumenta el área superficial específica de las partículas de material activo de electrodo positivo, lo que también aumenta el área superficial que puede reaccionar con la humedad. Como tal, en la presente invención, para suprimir el fenómeno de la generación de polvo fino durante el proceso de laminación, al aplicar la segunda pasta de electrodo positivo sobre la segunda capa de mezcla de electrodo positivo que está dispuesta sobre la porción de borde de la parte revestida que tiene una alta posibilidad de entrar en contacto con la humedad, la cantidad de carga de la segunda mezcla de electrodo positivo se ajusta para que sea relativamente menor que la cantidad de carga de la primera mezcla de electrodo positivo, o la velocidad de laminación de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo se ajusta para que sea menor que la velocidad de laminación de la primera capa de mezcla de electrodo positivo y, de este modo, la densidad de laminación de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo es menor que la densidad de laminación de la primera capa de mezcla de electrodo positivo.

Es más, ya que el aumento de la densidad de laminación de la primera capa de mezcla de electrodo positivo dispuesta en la porción central de la parte revestida es deseable para la implementación de una alta densidad de energía, la densidad de laminación de la primera capa de mezcla de electrodo positivo es mayor que la densidad de laminación de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo.

Una relación (b/a) entre una densidad de laminación (b) de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo y una densidad de laminación (a) de la primera capa de mezcla de electrodo positivo corresponde a entre 0,5 y 0,9, y preferentemente de 0,6 a 0,8.

En un ejemplo específico, una anchura de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo puede corresponder a entre el 1 y el 15 % de una anchura de la primera capa de mezcla de electrodo positivo. Haciendo referencia a la FIG. 1, la dimensión de la anchura W2 de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo puede definirse como la suma de la dimensión de la anchura W2a de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo del borde izquierdo de la parte revestida y la dimensión de la anchura W2b de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo del borde derecho de la parte revestida, y la suma (W2a + W2b) puede corresponder a entre el 1 y el 15 % de la dimensión de la anchura W1 de la primera capa de mezcla de electrodo positivo. Cuando la dimensión de la anchura de la segunda capa de

mezcla del electrodo positivo satisface el intervalo numérico, es preferible en la implementación de una alta densidad de energía al tiempo que inhibe la reacción del níquel en el material activo de electrodo positivo con la humedad. La dimensión de la anchura de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo puede corresponder preferentemente a entre el 3 y el 12 %, más preferentemente del 5 al 10 %, de la de la primera capa de mezcla del electrodo positivo.

5 En lo sucesivo en el presente documento, se describirá un método de fabricación de una lámina de electrodo de acuerdo con la presente invención.

10 Un método de fabricación de una lámina de electrodo de acuerdo con una realización de la presente invención incluye: un proceso de aplicación consistente en formar una primera capa de mezcla de electrodo positivo y una segunda capa de mezcla de electrodo positivo aplicando una primera pasta de electrodo positivo que contiene el primer material activo de electrodo positivo y una segunda pasta de electrodo positivo que contiene el segundo material activo de electrodo positivo sobre una lámina colectora de corriente; un proceso de secado; y un proceso de laminación, en donde, en el proceso de aplicación, la segunda pasta de electrodo positivo se aplica en una dirección paralela a una dirección de aplicación de la primera pasta de electrodo positivo en uno o ambos extremos de la primera pasta de electrodo positivo, basado en una dirección de anchura de la lámina de electrodo, y en donde en el proceso de laminación, una densidad de laminación de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo es menor que una densidad de laminación de la primera capa de mezcla de electrodo positivo.

20 En un ejemplo específico, con el fin de suprimir el aumento del área superficial del material activo de electrodo positivo en la segunda capa de mezcla de electrodo positivo después de la laminación, la cantidad de carga por unidad de superficie de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo se diseña preferentemente para que sea relativamente menor que la cantidad de carga por unidad de superficie de la primera capa de mezcla de electrodo positivo durante el proceso de aplicación. Si se supone que se aplica la misma presión a la segunda capa de mezcla de electrodo positivo y a la primera capa de mezcla de electrodo positivo durante la laminación, la generación de polvo fino del material activo de electrodo positivo en la segunda capa de mezcla de electrodo positivo puede suprimirse relativamente, y la primera capa de mezcla de electrodo positivo puede ajustarse para que tenga una densidad de energía predeterminada ajustando la cantidad de carga por unidad de superficie de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo para que sea menor que la cantidad de carga por unidad de superficie de la primera capa de mezcla de electrodo positivo. Es más, la cantidad de carga se ha diseñado teniendo en cuenta la relación N/P en la porción correspondiente a la segunda capa de mezcla de electrodo positivo. La precipitación del litio puede impedirse eficazmente ajustando la cantidad de carga por unidad de superficie de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo para que sea menor que la cantidad de carga por unidad de superficie de la primera capa de mezcla de electrodo positivo. En este momento, la relación (B/A) entre la cantidad de carga (B) por unidad de superficie de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo y la cantidad de carga (A) por unidad de superficie de la primera capa de mezcla de electrodo positivo puede ser de 0,7 a 0,99, más preferentemente de 0,75 a 0,95 y lo más preferentemente de 0,8 a 0,9.

40 La velocidad de laminación de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo se ajusta para que sea diferente de la de la primera capa de mezcla de electrodo positivo con el fin de suprimir el aumento del área superficial del material activo de electrodo positivo en la segunda capa de mezcla de electrodo positivo después de la laminación. Ajustando la velocidad de laminación de la primera capa de mezcla de electrodo positivo para que sea mayor que la de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo, es posible evitar la generación de polvo fino durante el proceso de laminación, permitiendo al mismo tiempo tener una densidad de energía predeterminada. En la presente invención, la velocidad de laminación puede definirse como una resistencia a la laminación. Es decir, puede definirse como la magnitud de la fuerza por unidad de superficie aplicada a la capa de mezcla de electrodo positivo durante la laminación, y el método de medición no está particularmente limitado siempre que este mida la fuerza aplicada por unidad de superficie.

50 En el método de fabricación de una lámina de electrodo de la presente invención, el primer material activo de electrodo positivo contenido de la primera capa de mezcla de electrodo positivo, el segundo material activo de electrodo positivo contenido de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo, y cada densidad de laminación de la primera capa de mezcla de electrodo positivo y de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo ya se ha descrito anteriormente.

55 En el proceso de aplicación, una anchura de la segunda capa de material de mezcla positiva puede corresponder a entre el 1 y el 15 % de una anchura de la primera capa de mezcla de electrodo positivo. Cuando la dimensión de la anchura de la segunda capa de mezcla del electrodo positivo satisface el intervalo numérico, es preferible en la implementación de una alta densidad de energía al tiempo que inhibe la reacción del níquel en el material activo de electrodo positivo con la humedad.

60 El método de fabricación de acuerdo con una realización de la presente invención puede consistir en aplicar simultáneamente la primera pasta de electrodo positivo y la segunda pasta de electrodo positivo, o aplicar la primera pasta de electrodo positivo y a continuación aplicar la segunda pasta de electrodo positivo. De acuerdo con el método descrito anteriormente, la productividad puede mejorarse aplicando simultáneamente la primera pasta de electrodo positivo y la segunda pasta de electrodo positivo.

65 En lo sucesivo en el presente documento, se describirá una batería secundaria de litio de la presente invención. Una

batería secundaria de litio de la presente invención incluye un electrodo positivo generado cortando la parte revestida y la parte no revestida de la lámina del electrodo de acuerdo con una forma y un tamaño de un electrodo unitario.

El electrodo positivo incluye un colector de corriente de electrodo positivo y una primera capa de mezcla de electrodo positivo y una segunda capa de mezcla de electrodo positivo formadas sobre el colector de corriente de electrodo positivo.

Es más, la porosidad de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo puede ser mayor que la porosidad de la primera capa de mezcla de electrodo positivo ajustando la velocidad de laminación de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo para que sea menor que la de la primera capa de mezcla de electrodo positivo. En la presente memoria descriptiva, la porosidad puede definirse del siguiente modo:

Porosidad = Volumen de poros por unidad de masa / (volumen específico + volumen de poros por unidad de masa)

La medición de la porosidad no está particularmente limitada, y puede medirse por porosimetría de Hg o por el método de medición de Brunauer-Emmett-Teller (BET) que utiliza BELSORP (equipo BET) de la empresa BEL JAPAN utilizando un gas adsorbente tal como nitrógeno.

El colector de corriente del electrodo positivo no está particularmente limitado siempre que tenga conductividad sin provocar cambios químicos en la batería. Los ejemplos del colector de corriente de electrodo positivo incluyen acero inoxidable, aluminio, níquel, titanio, carbono sinterizado o aluminio o acero inoxidable cuya superficie ha sido tratada con carbono, níquel, titanio, plata o similares. Es más, el colector de corriente de electrodo positivo puede tener generalmente un espesor de 3 a 500 μm , y es posible aumentar la fuerza adhesiva del material activo de electrodo positivo mediante la formación de pequeñas irregularidades en la superficie del colector de corriente de electrodo positivo. Pueden usarse de diversas formas, tal como una película, una lámina, una chapa, una red, un cuerpo poroso, una espuma y una tela no tejida.

La primera capa de mezcla de electrodo positivo puede incluir un material conductor y un aglutinante junto con el primer material activo de electrodo positivo descrito anteriormente, y la segunda capa de mezcla de electrodo positivo también puede incluir un material conductor y un aglutinante junto con el segundo material activo de electrodo positivo.

El material conductor se utiliza para dar conductividad al electrodo, y puede utilizarse cualquier material conductor sin limitación, siempre que tenga conductividad eléctrica y no provoque un cambio químico en la batería. Algunos ejemplos del material conductor incluyen: grafito, tal como grafito natural y grafito artificial; un material basado en carbono tal como negro de carbono, negro de acetileno, negro de Ketjen, negro de canal, negro de horno, negro de lámpara, negro verano, o fibra de carbono; polvos metálicos o fibras metálicas tales como de cobre, níquel, aluminio o plata; hilos conductores tales como óxido de zinc o titanato de potasio; óxidos de metal conductor tales como óxido de titanio; polímeros conductores tales como derivados de polifenileno, y uno o una mezcla de los mismos pueden ser utilizados. Por lo general, el material conductor puede estar incluido en una proporción del 1 al 30 % en peso respecto al peso total de la capa de material de electrodo positivo.

El aglutinante mejora la fuerza adhesiva entre el material activo de electrodo positivo y el colector de corriente del electrodo positivo, así como la fijación entre las partículas de material activo de electrodo positivo. Entre los ejemplos específicos se incluyen fluoruro de polivinilideno (PVDF), copolímero de fluoruro de vinilideno-hexafluoropropileno (PVDF-co-HFP), alcohol polivinílico, poliácridonitrilo, carboximetilcelulosa (CMC), almidón, hidroxipropilcelulosa, celulosa regenerada, polivinilpirrolidona, politetrafluoroetileno, polietileno, polipropileno, polímero de etileno-propileno-dieno (EPDM), EPDM sulfonado, caucho de estireno-butadieno (SBR, por sus siglas en inglés), caucho fluorado, o diversos copolímeros de los mismos, y puede usarse una clase o una mezcla de dos o más clases de ellos. El aglutinante puede estar incluido entre el 1 y el 30 % en peso respecto al peso total de la capa de material de electrodo positivo.

El electrodo positivo puede fabricarse de acuerdo con un método general de fabricación de electrodos positivos, excepto que la primera capa de mezcla de electrodo positivo se aplica sobre la porción central, y la segunda capa de mezcla de electrodo positivo se aplica en ambos bordes utilizando un recubridor de doble ranura utilizando el material activo de electrodo positivo, y la velocidad de laminación de la primera capa de mezcla de electrodo positivo y la segunda capa de mezcla de electrodo positivo es diferente en el momento de la laminación. Específicamente, este puede fabricarse suministrando una pasta de electrodo positivo para la formación de una capa de mezcla de electrodo positivo que incluye el material activo de electrodo positivo y selectivamente un aglutinante y un material conductor a un recubridor de doble ranura, aplicando la pasta de electrodo positivo sobre el colector de corriente de electrodo positivo utilizando el recubridor de doble ranura, y secando y laminando el colector de corriente de electrodo positivo. En este momento, el tipo y el contenido del material del electrodo positivo, el aglutinante y el material conductor son como se ha descrito anteriormente.

El disolvente de la pasta de electrodo positivo puede ser un disolvente generalmente usado en la técnica, tal como dimetilsulfóxido (DMSO), alcohol isopropílico, N-metilpirrolidona (NMP), acetona o agua, y puede usarse uno de ellos solo o una mezcla de dos o más. La cantidad a usar del disolvente es suficiente si puede disolver o dispersar el material

activo de electrodo positivo, el material conductor y el aglutinante teniendo en cuenta el espesor de aplicación y el rendimiento de producción, y posteriormente permitir una viscosidad para mostrar una excelente uniformidad de espesor en el momento de la aplicación para la preparación de un electrodo positivo.

5 Específicamente, la batería secundaria de litio incluye un electrodo positivo, un electrodo negativo enfrentado al electrodo positivo, un separador interpuesto entre el electrodo positivo y el electrodo negativo, y un electrolito, y el electrodo positivo se ha descrito anteriormente. Es más, la batería secundaria de litio puede incluir selectivamente además una carcasa de batería para alojar el conjunto de electrodos del electrodo positivo, el electrodo negativo y el separador, y un miembro de sellado para sellar la carcasa de la batería.

10 El colector de corriente del electrodo negativo no está particularmente limitado siempre que tenga una alta conductividad eléctrica sin causar cambios químicos en la batería, y ejemplos del mismo incluyen cobre, acero inoxidable, aluminio, níquel, titanio, carbono sinterizado, cobre o acero inoxidable cuya superficie haya sido tratada con carbono, níquel, titanio, plata o similar, aleación de aluminio-cadmio, o similares. Es más, el colector de corriente
15 del electrodo negativo puede tener generalmente un espesor de 3 a 500 μm , y puede reforzar la fuerza de acoplamiento del material activo de electrodo negativo formando pequeñas irregularidades en la superficie del colector de corriente como en el colector de corriente del electrodo positivo. Pueden usarse de diversas formas, tal como una película, una lámina, una chapa, una red, un cuerpo poroso, una espuma y una tela no tejida.

20 La capa de mezcla de electrodo negativo incluye un material activo de electrodo negativo, y selectivamente un aglutinante, y un material conductor. La capa de mezcla del electrodo negativo puede fabricarse por aplicación de una pasta para formar un electrodo negativo que contiene un material activo de electrodo negativo y selectivamente un aglutinante y un material conductor sobre un colector de corriente de electrodo negativo y secado de los mismos, o por colada de la pasta para formar el electrodo negativo sobre un soporte separado y a continuación la laminación de
25 una película, obtenida desprendiendo la pasta del soporte sobre el electrodo negativo colector de corriente.

Un compuesto, en el que es posible una intercalación y desintercalación reversibles del litio, puede usarse como material activo de electrodo negativo. Ejemplos específicos del mismo incluyen materiales carbonosos tales como grafito artificial, grafito natural, fibra de carbono grafitizado y carbono amorfo; Un compuesto metálico capaz de alearse con litio tal como Si, Al, Sn, Pb, Zn, Bi, In, Mg, Ga, Cd, aleación de Si, aleación de Sn o aleación de Al; óxidos metálicos
30 tales como SiO_x ($0 < x < 2$), SnO_2 , óxido de vanadio, y óxido de vanadio litio que pueden dopar y desdopar litio; o un compuesto que contiene el compuesto metálico descrito anteriormente y un material carbonoso tal como un compuesto Si-C o un compuesto Sn-C, y cualquiera o una mezcla de dos o más de ellos. Asimismo, como material activo de electrodo negativo puede utilizarse una fina película metálica de litio. Como el material de carbono, puede usarse tanto
35 carbono poco cristalino como carbono muy cristalino. Entre los ejemplos de carbono poco cristalino se incluyen el carbono blando y el carbono duro. Entre los ejemplos de carbono altamente cristalino se incluyen el grafito natural amorfo, lamelar, escamoso, esférico o fibroso o el grafito artificial, grafito Kish, carbono pirolítico, fibra de carbono basada en brea mesofásica, microesferas de mesocarbono, breas mesofásicas y carbono calcinado a alta temperatura, tales como coques derivados del petróleo o de la brea de alquitrán de hulla.

40 Asimismo, el aglutinante y el material conductor pueden ser los mismos que se han descrito anteriormente en el electrodo positivo.

Mientras tanto, en la batería secundaria de litio, el separador se utiliza para separar el electrodo negativo del positivo
45 y proporcionar una trayectoria móvil para los iones de litio, y cualquier separador generalmente utilizado en una batería secundaria de litio puede utilizarse sin ninguna limitación especial. En particular, se prefiere un separador que tenga una alta capacidad de humectación de la solución electrolítica y una baja resistencia al movimiento de iones de la solución electrolítica. Específicamente, películas poliméricas porosas, por ejemplo, películas poliméricas porosas hechas de polímeros basados en poliolefinas tales como homopolímeros de etileno, homopolímeros de propileno,
50 copolímeros de etileno/buteno, copolímeros de etileno/hexeno y copolímeros de etileno/metacrilato, o un laminado de dos o más de las mismas pueden usarse. Es más, una tela no tejida fabricada con una tela no tejida porosa convencional, por ejemplo, fibra de vidrio de alto punto de fusión, fibra de tereftalato de polietileno, o similares. Para garantizar la resistencia al calor o la resistencia mecánica, puede utilizarse un separador revestido que contiene un componente cerámico o un material polimérico, y puede utilizarse opcionalmente como una estructura monocapa o
55 multicapa.

Es más, algunos ejemplos del electrolito utilizado en la presente invención incluyen un electrolito líquido orgánico, un electrolito líquido inorgánico, un electrolito de polímero sólido, un electrolito de polímero en gel, un electrolito inorgánico sólido, y un electrolito inorgánico fundido que puede utilizarse en la producción de una batería secundaria de litio, pero
60 la presente invención no se limita a estos ejemplos.

Específicamente, el electrolito puede incluir un disolvente orgánico y una sal de litio.

El disolvente orgánico puede ser cualquier disolvente orgánico que pueda actuar como medio a través del cual puedan
65 moverse los iones que intervienen en una reacción electroquímica de una batería. Específicamente, entre los ejemplos de disolvente orgánico se incluyen disolventes de éster tales como acetato de metilo, acetato de etilo, γ -butirolactona

y ϵ -caprolactona; disolventes de éter tales como éter dietílico o tetrahidrofurano; disolventes de cetona tales como ciclohexanona; disolventes de hidrocarburos aromáticos tales como benceno y fluorobenceno; disolventes de carbonato tales como carbonato de dimetilo (DMC), dietilcarbonato (DEC), metiletilcarbonato (MEC), etilmetilcarbonato (EMC), carbonato de etileno (EC) y carbonato de propileno (PC); disolventes alcohólicos tales como alcohol etílico y alcohol isopropílico; nitrilos tales como R-CN (R es un grupo hidrocarbonado recto, ramificado o cíclico de C2 a C20, que puede contener un anillo aromático de doble enlace o un enlace éter); amidas, tales como dimetilformamida; dioxolanos tales como 1,3-dioxolano; o sulfolano. Entre ellos, es preferible un disolvente basado en carbonato, y una mezcla de un carbonato cíclico (por ejemplo, carbonato de etileno o carbonato de propileno) que tenga una alta conductividad iónica y una alta constante dieléctrica que pueda aumentar el rendimiento de carga/descarga de una batería, y un compuesto de carbonato lineal que tenga una baja viscosidad (por ejemplo, etilmetilcarbonato, dimetilcarbonato o dietilcarbonato) es más preferentemente. En este caso, cuando el carbonato cíclico y el carbonato de cadena se mezclan en una relación en volumen de aproximadamente 1: 1 a aproximadamente 1: 9, el rendimiento de la solución electrolítica puede ser excelente.

La sal de litio puede usarse sin ninguna limitación particular siempre que sea un compuesto capaz de proporcionar iones de litio usados en una batería secundaria de litio. Específicamente, LiPF_6 , LiClO_4 , LiAsF_6 , LiBF_4 , LiSbF_6 , LiAlO_4 , LiAlCl_4 , LiCF_3SO_3 , $\text{LiC}_4\text{F}_9\text{SO}_3$, $\text{LiN}(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_3)_2$, $\text{LiN}(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2$, $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$, LiCl , LiI , o $\text{LiB}(\text{C}_2\text{O}_4)_2$ puede usarse como sal de litio. La concentración de la sal de litio está preferentemente dentro de un intervalo de 0,1 a 2,0 m. Cuando la concentración de la sal de litio está dentro del intervalo mencionado, el electrolito tiene una conductividad y viscosidad adecuadas, para que pueda presentar un excelente rendimiento electrolítico y los iones de litio puedan desplazarse eficazmente.

Además de los componentes del electrolito, con el fin de mejorar las características de vida útil de la batería, inhibir la reducción de la capacidad de la batería y mejorar su capacidad de descarga, el electrolito puede contener uno o más aditivos, tales como un compuesto basado en carbonato de haloalquileno, tal como carbonato de difluoroetileno, piridina, fosfito de trietilo, trietanolamina, éter cíclico, etilendiamina, n-glimer, y hexafluorotriamida, derivado de nitrobenzoceno, azufre, colorante de quinona imina, oxazolidinona N-sustituida, N, imidazolidina N-sustituida, éter dialquílico de etilenglicol, sal de amonio, pirrol, 2-metoxi etanol o, tricloruro de aluminio. En el presente documento, el aditivo puede estar incluido en una cantidad del 0,1 % en peso al 5 % en peso basado en el peso total del electrolito.

Las baterías secundarias de litio que incluyen un electrodo positivo de acuerdo con la presente invención son útiles para dispositivos portátiles tales como teléfonos móviles, ordenadores portátiles y cámaras digitales y coches eléctricos, tales como vehículos eléctricos híbridos, porque las baterías secundarias de litio muestran de forma estable una excelente capacidad de descarga, características de salida y tasa de retención de la capacidad.

De acuerdo con otra realización de la presente invención, se proporciona un módulo de batería que incluye la batería secundaria de litio como una celda unitaria, y un paquete de baterías que incluye el mismo. El módulo de baterías o el paquete de baterías puede usarse como fuente de alimentación de un dispositivo de tamaño medio o grande de uno o más de una herramienta eléctrica; un vehículo eléctrico incluido un vehículo eléctrico (VE), un vehículo eléctrico híbrido o un vehículo eléctrico híbrido enchufable (PHEV); o un sistema de almacenamiento de energía.

En lo sucesivo en el presente documento, las realizaciones de la presente invención se describirán en detalle para que los expertos en la materia puedan llevar a cabo fácilmente la presente invención. La presente invención puede, sin embargo, realizarse de muchas formas diferentes y no debe interpretarse como limitada a las realizaciones que se muestran en el presente documento.

Ejemplo 1

(Preparación de la primera pasta de electrodo positivo para la formación de la primera capa de mezcla de electrodo positivo)

Se preparó un primer material activo de electrodo positivo (NCM811, D_{50} es 11 μm) con un contenido de níquel del 80 % en moles basado en el metal de transición total como óxido de metal de transición de litio-níquel-cobalto-manganeso, que a continuación se mezcló con el material conductor de negro de carbono y el aglutinante de PVDF en la proporción en peso de 96,5:1,5:2 en el disolvente de N-metilpirrolidona, para fabricar de este modo una primera pasta de electrodo positivo (viscosidad: 5000 Pa-s).

(Preparación de la segunda pasta del electrodo positivo para la formación de la segunda capa de mezcla del electrodo positivo)

Se preparó un segundo material activo de electrodo positivo (NCM622, D_{50} es 11 μm) con un contenido de níquel del 60 % en moles basado en el metal de transición total como óxido de metal de transición de litio-níquel-cobalto-manganeso, que a continuación se mezcló con el material conductor de negro de carbono y el aglutinante de PVDF en la proporción en peso de 96,5:1,5:2 en el disolvente de N-metilpirrolidona, para fabricar de este modo una segunda pasta de electrodo positivo (viscosidad: 5000 Pa-s).

(Preparación y almacenamiento de la lámina de electrodo positivo)

La primera pasta de electrodo positivo y la segunda pasta de electrodo positivo se suministraron a la máquina de revestimiento de doble ranura, y a continuación se formaron la primera capa de mezcla de electrodo positivo y la segunda capa de mezcla de electrodo positivo aplicando simultáneamente la primera pasta de electrodo positivo y la segunda pasta de electrodo positivo sobre una superficie de la lámina colectora de corriente de aluminio utilizando la máquina de revestimiento. En este momento, la primera pasta de electrodo positivo se ajustó para aplicarla sobre la porción revestida de la porción de revestimiento con la pasta, y la segunda pasta de electrodo positivo se ajustó para aplicarla sobre ambas regiones de borde de la porción de revestimiento de la primera pasta de electrodo positivo. La suma total de la dimensión de la anchura de la porción de revestimiento de la segunda pasta de electrodo positivo se ajustó para que correspondiera al 8 % de la dimensión de la anchura de la porción de revestimiento de la primera pasta de electrodo positivo. En este momento, la cantidad de carga por unidad de superficie de la primera pasta de electrodo positivo es de 700 mg/25 cm², y la cantidad de carga por unidad de superficie de la segunda pasta de electrodo positivo es de 560 mg/25 cm². En el presente documento, la relación (B/A) entre la cantidad de carga por unidad de superficie (B) de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo y la cantidad de carga por unidad de superficie (A) de la primera capa de mezcla de electrodo positivo se ajustó a 0,8. Después de esto, una lámina de electrodo positivo que incluye una primera capa de mezcla de electrodo positivo y una segunda capa de mezcla de electrodo positivo se secó a 130 °C, y se laminó. Como resultado de la medición de cada densidad de laminación de la primera capa de mezcla de electrodo positivo y de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo después de la laminación, la densidad de laminación de la primera capa de mezcla de electrodo positivo era de 3,8 g/cm³ y la densidad de laminación de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo era de 2,47 g/cm³, y la relación (b/a) de la densidad de laminación (b) de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo con respecto a la densidad de laminación (a) de la primera capa de mezcla de electrodo positivo era de 0,65. En el presente documento, la densidad de laminación se calculó obteniendo el electrodo positivo de cada área específica de la primera capa de mezcla de electrodo positivo y de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo de la lámina de electrodo, y a continuación realizando la medición de la masa y el volumen.

De manera análoga, la lámina de electrodo positivo preparada se enrolló en forma de rollo, que se almacenó a continuación a una temperatura ambiente de 25 °C durante 7 días, y a continuación se entalló una lengüeta de electrodo positivo en la parte no revestida de la lámina de electrodo positivo, y se hendió la lámina de electrodo positivo, para fabricar de este modo un electrodo positivo.

(Preparación de la batería)

Entre el electrodo positivo y el metal de litio como electrodo negativo se interpuso un separador poroso de poliolefina, para preparar de este modo un conjunto de electrodos, que a continuación se colocó dentro de una carcasa y se inyectó en él una solución electrolítica, para fabricar de este modo una batería secundaria de litio. En este momento, se disolvió hexafluorofosfato de litio (LiPF₆) de concentración 1,0 m en un disolvente orgánico consistente en carbonato de etileno/dimetilcarbonato/metilcarbonato de etilo (relación en volumen EC/DMC/EMC = 3/4/3) para fabricar la solución electrolítica.

Ejemplos 2 a 3

Se fabricó una batería de la misma manera que en el Ejemplo 1, excepto que la cantidad de carga por unidad de superficie de la segunda mezcla de electrodo positivo y la densidad de laminación de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo del Ejemplo 1 se modificaron como se muestra en la Tabla 1.

Ejemplo 4

Se fabricó una batería de la misma manera que en el ejemplo 1, excepto que el segundo material activo de electrodo positivo contenido de la pasta del segundo electrodo positivo del Ejemplo 1 se cambió por uno que tiene 1/3 de contenido de níquel (NCM 111, D₅₀ es 11 μm), y la cantidad de carga por unidad de superficie de la pasta del segundo electrodo positivo y la densidad de laminación de la capa de mezcla del segundo electrodo positivo se cambiaron como en la Tabla 1.

Ejemplos comparativos 1 a 2

Se fabricó una batería de la misma manera que en el Ejemplo 1, excepto que la cantidad de carga por unidad de superficie de la segunda mezcla de electrodo positivo y la densidad de laminación de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo del Ejemplo 1 se modificaron como se muestra en la Tabla 1.

[Tabla 1]

	Cantidad de carga por unidad de superficie			Densidad de laminación		
	Cantidad de carga de la pasta del primer electrodo positivo (A)	Cantidad de carga de la pasta del segundo electrodo positivo (B)	Relación (B/A) de las cantidades de carga por unidad de superficie	Primera capa de mezcla del electrodo positivo (a)	Segunda capa de mezcla de electrodo positivo (b)	Relación (b/a) de las densidades de laminación
Ejemplo 1	700 mg/25 cm ²	560 mg/25 cm ²	0,8	3,8 g/cm ³	2,47 g/cm ³	0,65
Ejemplo 2		595 mg/25 cm ²	0,85		2,66 g/cm ³	0,7
Ejemplo 3		630 mg/25 cm ²	0,9		3,04 g/cm ³	0,8
Ejemplo 4		595 mg/25 cm ²	0,85		2,85 g/cm ³	0,75
Ejemplo Comparativo 1		770 mg/25 cm ²	1,1		4,0 g/cm ³	1,05
Ejemplo Comparativo 2		350 mg/25 cm ²	0,5		1,71 g/cm ³	0,45

Ejemplo experimental: Evaluación de la capacidad y características de la vida útil

5 La (primera) carga/descarga inicial se realizó utilizando el dispositivo electroquímico de carga/descarga para la batería secundaria de litio de los ejemplos 1 a 4 y los ejemplos comparativos 1 a 2. En este momento, la carga se realizó aplicando corriente eléctrica con una densidad de corriente de 1/3 de la tasa de C hasta alcanzar una tensión de 4,2 V, y la descarga se realizó con la misma densidad de corriente hasta alcanzar 2,5 V. Esta carga/descarga se realizó un total de 500 veces.

10

La capacidad de cada batería se midió en el proceso de carga/descarga como se ha descrito anteriormente.

A partir de la misma, se calculó la tasa de retención de la capacidad de cada batería, como se indica a continuación, y el resultado se muestra en la Tabla 2.

15

$$\text{Tasa de retención de la capacidad (\%)} = (\text{capacidad en 500 ciclos} / \text{capacidad inicial}) \times 100$$

[Tabla 2]

	Capacidad de descarga inicial (mAh/g)	Tasa de retención de la capacidad (%/500 ciclos)
Ejemplo 1	39,4	88,5
Ejemplo 2	40,4	90,8
Ejemplo 3	42,1	91,5
Ejemplo 4	40,9	89,9
Ejemplo Comparativo 1	44,2	85,1
Ejemplo Comparativo 2	35,8	87,2

20 Haciendo referencia a la Tabla 2, la capacidad de descarga inicial en el ejemplo comparativo 1 era mayor que en los ejemplos 1 a 4, pero la tasa de retención de la capacidad después de 500 ciclos en el ejemplo comparativo 1 fue menor que en los ejemplos 1 a 4. La razón por la que la capacidad inicial del ejemplo comparativo 1 era grande parecía deberse a que la densidad de laminación de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo en el ejemplo comparativo 1 era relativamente mayor que en los ejemplos 1 a 4. Es más, la tasa de retención de la capacidad del ejemplo comparativo 1 es peor porque en la segunda capa de mezcla del electrodo positivo del ejemplo comparativo 1, durante la laminación se genera mucho polvo grueso, volviéndose de este modo vulnerable a la humedad, y de este modo a medida que se repite la carga/descarga, aumenta la generación de gas y aumenta la resistencia debido a que el níquel reacciona con la humedad, deteriorando de este modo el rendimiento de la vida útil.

25

30 Es más, la capacidad de descarga inicial y la tasa de retención de la capacidad en el ejemplo comparativo 2 fueron menores que las de los ejemplos 1 a 4. La razón por la que la capacidad inicial del ejemplo comparativo 2 era la menor parecía deberse a que la densidad de laminación de la segunda capa de mezcla del electrodo positivo del ejemplo comparativo 2 era la menor. Es más, cuando la relación (b/a) entre la densidad de laminación (b) de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo y la densidad de laminación (a) de la primera capa de mezcla de electrodo positivo era demasiado pequeña, no era deseable en términos de la tasa de retención de la capacidad.

35

En lo anterior, la presente invención se ha descrito con más detalle a través de los dibujos y los ejemplos. Por

consiguiente, las realizaciones descritas en la memoria descriptiva y las configuraciones descritas en los dibujos son sólo las realizaciones más preferidas de la presente invención y no representan todas las ideas técnicas de la presente invención. Debe entenderse que el alcance de protección está definido por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Una lámina de electrodo que incluye una parte no revestida (200) y una parte revestida (100) en la que se aplica una capa de mezcla de electrodo positivo sobre al menos una superficie de un colector de corriente,
5 en donde la parte revestida (100) incluye:
 una primera capa de mezcla de electrodo positivo (110) configurada para formarse sobre una porción central a lo largo de una dirección longitudinal de la lámina de electrodo y para contener un primer material activo de electrodo positivo de óxido de litio-níquel-cobalto-manganeso; y
 10 una segunda capa de mezcla de electrodo positivo (120) configurada para formarse en ambos extremos en una dirección paralela a la primera capa de mezcla de electrodo positivo basada en una dirección de anchura y para contener un segundo material activo de electrodo positivo de óxido de litio-níquel-cobalto-manganeso, en donde un contenido de níquel del segundo material activo de electrodo positivo es inferior al del primer material activo de electrodo positivo,
 15 un contenido de níquel en el segundo material activo de electrodo positivo corresponde a entre el 45 y el 70 % en moles del contenido total de metal de transición en el segundo material activo de electrodo positivo, y una relación (b/a) entre una densidad de laminación (b) de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo y una densidad de laminación (a) de la primera capa de mezcla de electrodo positivo es de 0,5 a 0,9,
 20 la densidad de laminación es la densidad del electrodo positivo después de la laminación, medido como se describe en la memoria descriptiva.
2. La lámina de electrodo de la reivindicación 1, en donde un contenido de níquel en el primer material activo de electrodo positivo corresponde al 70 % en moles o más del contenido total de metal de transición en el primer material activo de electrodo positivo.
- 25 3. La lámina de electrodo de la reivindicación 1, en donde un contenido de níquel en el segundo material activo de electrodo positivo corresponde a entre el 45 y el 60 % en moles del contenido total de metal de transición en el segundo material activo de electrodo positivo.
- 30 4. La lámina de electrodo de la reivindicación 1, en donde una densidad de laminación (a) de la primera capa de mezcla de electrodo positivo corresponde a entre 2,5 g/cm³ y 4,3 g/cm³, medida como se describe en la memoria descriptiva.
- 35 5. La lámina de electrodo de la reivindicación 1, en donde una anchura de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo corresponde a entre el 1 y el 15 % de una anchura de la primera capa de mezcla de electrodo positivo.
6. Una batería secundaria de litio que incluye un electrodo positivo configurado para generarse cortando la parte revestida y la parte no revestida de la lámina de electrodo de acuerdo con la reivindicación 1 de acuerdo con una forma y un tamaño de un electrodo unitario.
- 40 7. Un método de fabricación de una lámina de electrodo de acuerdo con la reivindicación 1, comprendiendo el método:
 un proceso de aplicación consistente en formar una primera capa de mezcla de electrodo positivo y una segunda capa de mezcla de electrodo positivo aplicando una primera pasta de electrodo positivo que contiene el primer material activo de electrodo positivo y una segunda pasta de electrodo positivo que contiene el segundo material activo de electrodo positivo sobre una lámina colectora de corriente;
 45 un proceso de secado; y
 un proceso de laminación,
 en donde, en el proceso de aplicación, la segunda pasta de electrodo positivo se aplica en una dirección paralela a una dirección de aplicación de la primera pasta de electrodo positivo en ambos extremos de la primera pasta de electrodo positivo, basándose en una dirección de la anchura de la lámina de electrodo, y
 50 en donde en el proceso de laminación, una relación (b/a) entre una densidad de laminación (b) de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo y una densidad de laminación (a) de la primera capa de mezcla de electrodo positivo es de 0,5 a 0,9,
 55 un contenido de níquel del segundo material activo de electrodo positivo es inferior al del primer material activo de electrodo positivo, y
 un contenido de níquel en el segundo material activo de electrodo positivo corresponde a entre el 45 y el 70 % en moles del contenido total de metal de transición en el segundo material activo de electrodo positivo,
 60 la densidad de laminación es la densidad del electrodo positivo después de la laminación, medida como se describe en la memoria descriptiva.
8. El método de la reivindicación 7, en donde en el proceso de aplicación, un contenido de níquel en el segundo material activo de electrodo positivo corresponde a entre el 45 y el 60 % en moles del contenido total de metal de transición en el segundo material activo de electrodo positivo.
- 65 9. El método de la reivindicación 7, en donde en el proceso de aplicación, una cantidad de carga por unidad de

superficie de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo es menor que una cantidad de carga por unidad de superficie de la primera capa de mezcla de electrodo positivo, medida como se describe en la memoria descriptiva.

- 5 10. El método de la reivindicación 9, en donde en el proceso de aplicación, una relación (B/A) entre la cantidad de carga (B) por unidad de superficie de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo y la cantidad de carga (A) por unidad de superficie de la primera capa de mezcla de electrodo positivo corresponde a de 0,7 a 0,99, medida como se describe en la memoria descriptiva.
- 10 11. El método de la reivindicación 7, en donde en el proceso de aplicación, una longitud de una anchura de la segunda capa de mezcla de electrodo positivo corresponde a entre el 1 y el 15 % de una longitud de una anchura de la primera capa de mezcla de electrodo positivo.
12. El método de la reivindicación 7, en donde en el proceso de aplicación, la primera pasta de electrodo positivo y la segunda pasta de electrodo positivo se aplican simultáneamente.

【FIG. 1】

