

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 981 818**

51 Int. Cl.:

<b>H01M 4/131</b>	(2010.01)
<b>H01M 4/136</b>	(2010.01)
<b>H01M 10/42</b>	(2006.01)
<b>H01M 4/62</b>	(2006.01)
<b>H01M 10/052</b>	(2010.01)
<b>H01M 4/02</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.12.2021 PCT/KR2021/018353**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.10.2022 WO22211215**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.12.2021 E 21935328 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.05.2024 EP 4131472**

54 Título: **Cátodo para batería secundaria de litio, y batería secundaria de litio**

30 Prioridad:

**02.04.2021 KR 20210043090**

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

**10.10.2024**

73 Titular/es:

**LG ENERGY SOLUTION, LTD. (100.0%)  
Tower 1, 108, Yeoui-daero, Yeongdeungpo-gu  
Seoul 07335, KR**

72 Inventor/es:

**JEON, SUNG WOOK;  
LEE, KYUNG MIN;  
LEE, HYE YOUN y  
LEE, SU RIM**

74 Agente/Representante:

**VEIGA SERRANO, Mikel**

ES 2 981 818 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

Cátodo para batería secundaria de litio, y batería secundaria de litio

5 **Sector de la técnica**

La presente invención se refiere a un electrodo positivo para una batería secundaria de litio y a una batería secundaria de litio y, más particularmente, a un electrodo positivo para una batería secundaria de litio y a una batería secundaria de litio que tiene seguridad mejorada sin deterioro de las características la vida útil de la batería.

10 La presente solicitud reivindica el beneficio de la prioridad con respecto a la Solicitud de Patente Coreana n.º 10-2021-0043090, del 2 de abril de 2021.

15 **Estado de la técnica**

A medida que el desarrollo de la tecnología y la demanda de dispositivos móviles aumentan, aumenta rápidamente la demanda de baterías secundarias como fuente de energía. Entre estas baterías secundarias, la batería secundaria de litio que tiene alta densidad energética y potencial operativo, una larga vida útil y una tasa de autodescarga baja se ha comercializado y usado ampliamente.

20 De manera reciente, dado que las baterías secundarias de litio se usan como fuentes de alimentación para dispositivos medianos y grandes como, por ejemplo, vehículos eléctricos, se requieren además alta capacidad, alta densidad energética y bajo coste de las baterías secundarias de litio y, por consiguiente, se han llevado a cabo activamente estudios para utilizar Ni, Mn, Fe económicos y similares en lugar de Co costoso.

25 Una de las principales tareas de investigación de la batería secundaria de litio es mejorar la seguridad de la batería utilizando el material activo del electrodo de alta capacidad y salida alta mientras se implementa la misma. Un óxido compuesto de metal de transición de litio se usa como un material activo del electrodo positivo para una batería secundaria de litio y, entre ellos, se usa principalmente un óxido de metal compuesto de litio y cobalto de  $\text{LiCoO}_2$  que tiene un alto voltaje operativo y excelentes características de capacidad. Sin embargo,  $\text{LiCoO}_2$  tiene propiedades térmicas muy pobres debido a la desestabilización de la estructura de cristal debido a la delitización y, cuando ocurre un cortocircuito interno debido a la presión externa en el estado cargado, el propio material activo del electrodo positivo se descompone, lo cual puede provocar la rotura e ignición de la batería. Además, cuando fluye una sobrecorriente de manera instantánea, existe el problema de que ocurren problemas de seguridad como, por

35 ejemplo, ignición o explosión, debido a esto. Por consiguiente, la Publicación de Patente Coreana n.º 2019-0047203 describe una tecnología para garantizar la seguridad de la batería interponiendo una capa de prevención de sobrecarga entre un colector de corriente de electrodos positivos y una capa de material activo del electrodo positivo para aumentar la resistencia durante la sobrecarga para bloquear la corriente de carga. Sin embargo, el electrodo que tiene la capa de prevención de sobrecarga como se describe más arriba ha mejorado la seguridad, pero tiene una baja adhesión debido a la diferencia en la composición entre la capa de protección de sobrecarga y la capa de material activo del electrodo positivo, de modo que pueden ocurrir grietas entre las capas y, por consiguiente, se reducen las características de la vida útil de la batería. Además, el electrodo tiene baja resistencia a la penetración, lo cual puede provocar un problema en términos de seguridad cuando se penetra por clavos.

40 Por lo tanto, cuando un cuerpo metálico como, por ejemplo, un clavo, penetra el electrodo desde el exterior, existe la necesidad de desarrollar una técnica que no solo tenga alta seguridad para no provocar generación de calor, ignición o similar debido a una sobrecorriente, sino que también pueda mejorar el deterioro de las características de vida útil de una batería debido a grietas que ocurren entre capas de un electrodo positivo.

45 **Objeto de la invención**55 **Problema técnico**

Por consiguiente, un objeto de la presente invención es proveer un electrodo positivo para una batería secundaria y una batería secundaria de litio que, cuando un cuerpo metálico como, por ejemplo, un clavo, penetra el electrodo desde el exterior, no solo tenga alta seguridad para no provocar generación de calor, ignición o similar debido a una sobrecorriente, sino que también pueda mejorar el deterioro de las características de vida útil de una batería debido a grietas que ocurren entre capas de un electrodo positivo.

60 **Solución técnica**

65 Con el fin de resolver el problema descrito más arriba, en una realización, la presente invención provee un electrodo positivo para una batería secundaria de litio que incluye:

un colector de corriente;

una primera capa de recubrimiento dispuesta sobre una o ambas superficies del colector de corriente y que contiene un primer material activo del electrodo positivo;

5 una capa con patrones dispuesta sobre la primera capa de recubrimiento y que tiene un aglutinante y un material conductor disperso en el aglutinante; y

10 una segunda capa de recubrimiento dispuesta sobre la primera capa de recubrimiento sobre la que se dispone una capa con patrones, y que contiene un segundo material activo del electrodo positivo, y

en donde un área de la primera capa de recubrimiento sobre la que se dispone la capa con patrones es el 30 % al 80 % del área total de la primera capa de recubrimiento.

15 En este momento, la capa con patrones puede tener una estructura superficial con puntos, malla, bandas o dendrítica.

Además, la primera capa de recubrimiento y la segunda capa de recubrimiento incluyen, cada una, 1 a 10 partes en peso de un aglutinante según 100 partes en peso de la primera capa de recubrimiento y la segunda capa de recubrimiento, respectivamente, y el aglutinante en cada capa de recubrimiento puede incluir al menos una resina seleccionada del grupo que consiste en un copolímero de fluoruro de polivinilideno-hexafluoropropileno (PVDF-co-HFP), fluoruro de polivinilideno, poliacrilonitrilo, polimetilmetacrilato y copolímeros de los mismos.

Además, el aglutinante de la capa con patrones puede incluir al menos una resina seleccionada del grupo que consiste en un copolímero de fluoruro de polivinilideno-hexafluoropropileno (PVDF-co-HFP), fluoruro de polivinilideno, poliacrilonitrilo, polimetilmetacrilato, alcohol polivinílico, carboximetilcelulosa (CMC), almidón, hidroxipropilcelulosa, celulosa regenerada polivinilpirrolidona, tetrafluoroetileno, polietileno, ácido poliacrílico, monómero de etileno propileno dieno (EPDM), EPDM sulfonado, caucho estireno-butadieno (SBR), caucho fluorado, y copolímeros de los mismos.

Además, el material conductor de la capa con patrones puede incluir al menos uno seleccionado del grupo que consiste en grafito incluidos grafito natural o grafito artificial; negro de carbón incluidos negro de acetileno, negro de ketjen, negro de canal, negro de horno, negro de humo, o negro térmico; fibras conductoras incluidas fibras de carbono o fibras metálicas; nanotubos de carbono; polvos metálicos incluidos fluorocarbono, aluminio o níquel; óxido de zinc; titanato de potasio; óxido de titanio; y derivados del polifenileno.

Además, el material conductor de la capa con patrones puede incluirse en una cantidad de 1 a 50 partes en peso según 100 partes en peso del aglutinante.

Además, la altura promedio de la capa con patrones puede ser de 0,5 μm a 50 μm según la sección transversal, y el grosor promedio de la primera capa de recubrimiento puede ser de 0,1 μm a 10 μm.

Además, la segunda capa de recubrimiento puede satisfacer la ecuación 1:

Ecuación 1

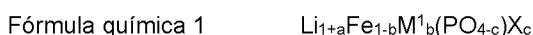
$$6 \leq SD/PD \leq 100$$

en donde,

SD representa el grosor promedio de la segunda capa de recubrimiento, y

PD representa el grosor promedio de la capa con patrones.

Además, el primer material activo del electrodo positivo puede incluir un compuesto de fosfato de litio-hierro representado por la siguiente fórmula química 1:



en donde,

M<sup>1</sup> es al menos uno seleccionado del grupo que consiste en Al, Mg y Ti,

X es al menos uno seleccionado del grupo que consiste en F, S y N, y

a, b y c son  $-0,5 \leq a \leq +0,5$ ,  $0 \leq b \leq 0,5$ ,  $0 \leq c \leq 0,1$ , respectivamente.

Además, el segundo material activo del electrodo positivo puede incluir un óxido compuesto de litio-metal representado por la siguiente fórmula química (2):

5 Fórmula química 2  $\text{LiCo}_{1-q}\text{M}^2_q\text{O}_2$

en donde,

10  $\text{M}^2$  es al menos un elemento seleccionado del grupo que consiste en W, Cu, Fe, V, Cr, Ti, Zr, Zn, Al, In, Ta, Y, La, Sr, Ga, Sc, Gd, Sm, Ca, Ce, Nb, Mg, B, y Mo, y

q es  $0 \leq q \leq 0,4$ .

15 Además, en una realización, la presente invención provee una batería secundaria de litio que tiene el electrodo positivo según la presente invención.

### Efectos ventajosos

20 El electrodo positivo para una batería secundaria de litio según la presente invención incluye secuencialmente una primera capa de recubrimiento y una segunda capa de recubrimiento en un colector de corriente y, al introducir una capa con patrones en una forma en la cual el material conductor se dispersa en el aglutinante entre la primera capa de recubrimiento y la segunda capa de recubrimiento en una relación de área específica, la seguridad de la batería se mejora y, por lo tanto, cuando un cuerpo metálico penetra el electrodo desde el exterior, no solo no puede ocurrir una generación de calor debido a una sobrecorriente, ignición y similar, sino que también se puede mejorar la fuerza adhesiva entre las capas que constituyen el electrodo positivo, de modo que pueden mejorarse las características de vida útil de las baterías.

### Descripción de las figuras

30 La Figura 1 es una vista en sección transversal que muestra la estructura de un electrodo positivo para una batería secundaria de litio según la presente invención.

### Descripción detallada de la invención

35 Dado que la presente invención puede tener varios cambios y puede tener varias realizaciones, realizaciones específicas se describirán en detalle en la descripción detallada.

40 En la presente invención, se comprenderá que los términos "incluye(n)" o "tiene(n)" y similares pretenden especificar la presencia de características, números, etapas, operaciones, componentes o combinaciones de los mismos establecidas, pero no excluyen la presencia o adición de una o más características o números, etapas, operaciones, componentes y combinaciones de los mismos adicionales.

45 Además, en la presente invención, cuando una porción de una capa, película, región, placa, etc., se describe como "sobre" otra porción, ello incluye no solo el caso donde la otra porción está "directamente sobre" sino también el caso donde hay otra porción entre ambas. Por el contrario, donde una porción de una capa, película, región, placa, etc., se describe como "debajo" de otra porción, ello incluye el caso donde hay otra porción entre ambas así como "directamente debajo" de la otra porción. Asimismo, la referencia en la presente memoria a estar dispuesto/a "sobre" puede incluir estar dispuesta/o no solo encima sino también sobre la parte inferior.

50 De aquí en adelante, la presente invención se describirá en mayor detalle.

### Electrodo positivo para batería secundaria de litio

55 En una realización, la presente invención provee un electrodo positivo para la batería secundaria de litio que incluye lo siguiente:

un colector de corriente;

60 una primera capa de recubrimiento dispuesta sobre una o ambas superficies del colector de corriente y que contiene un primer material activo del electrodo positivo;

una capa con patrones dispuesta sobre la primera capa de recubrimiento y que tiene un material conductor disperso en un aglutinante; y

65

una segunda capa de recubrimiento dispuesta sobre la primera capa de recubrimiento sobre la que se dispone una capa con patrones, y que contiene un segundo material activo del electrodo positivo, y

5 el área de la región en la que se dispone la capa con patrones es el 30 % al 80 % del área total de la primera capa de recubrimiento.

10 La Figura 1 es una vista en sección transversal que muestra la estructura de un electrodo 100 positivo para una batería secundaria de litio según la presente invención, como se muestra en la Figura 1, el electrodo 100 positivo para una batería secundaria de litio según la presente invención tiene la estructura en la cual el colector 110 de corriente, la primera capa 120 de recubrimiento y la segunda capa 140 de recubrimiento se apilan secuencialmente, y la capa 130 con patrones se introduce entre la primera capa 120 de recubrimiento y la segunda capa 140 de recubrimiento.

15 En este momento, la capa 130 con patrones se interpone entre la primera capa 120 de recubrimiento y la segunda capa 140 de recubrimiento para mejorar la adhesión entre la primera capa 120 de recubrimiento y la segunda capa 140 de recubrimiento, mientras que puede servir para aumentar la conductividad eléctrica del electrodo 100 positivo.

20 A tal fin, la capa 130 con patrones tiene una forma en la cual un material conductor se dispersa en un aglutinante, en donde el aglutinante puede además incluir aditivos como, por ejemplo, un dispersante y un agente tensoactivo además del material conductor, pero no incluye un material activo del electrodo positivo que exhiba actividad eléctrica.

25 El aglutinante incluido en la capa 130 con patrones puede ser el mismo que o diferente del aglutinante incluido en la primera capa 120 de recubrimiento y en la segunda capa 140 de recubrimiento. Por ejemplo, un aglutinante que puede incluirse en la capa 130 con patrones puede incluir al menos una resina seleccionada del grupo que consiste en un copolímero de fluoruro de polivinilideno-hexafluoropropileno (PVDF-co-HFP), fluoruro de polivinilideno, poliacrilonitrilo, polimetilmetacrilato, alcohol polivinílico, carboximetilcelulosa (CMC), almidón, hidroxipropilcelulosa, celulosa regenerada, polivinilpirrolidona, tetrafluoroetileno, polietileno, polipropileno, ácido poliacrílico, monómero de etileno propileno dieno (EPDM), EPDM sulfonado, caucho estireno-butadieno (SBR), caucho fluorado, y copolímeros de los mismos. Como un ejemplo, el aglutinante puede incluir un copolímero de fluoruro de polivinilideno-hexafluoropropileno.

35 Además, el material conductor que puede incluirse en la capa 130 con patrones puede incluir al menos uno seleccionado del grupo que consiste en grafito incluidos grafito natural o grafito artificial; negro de carbón incluidos negro de acetileno, negro de ketjen, negro de canal, negro de horno, negro de humo, o negro térmico; fibras conductoras incluidas fibras de carbono o fibras metálicas; nanotubos de carbono; polvos metálicos incluidos fluorocarbono, aluminio o níquel; óxido de zinc; titanato de potasio; óxido de titanio; y derivados del polifenileno. Como un ejemplo, el material conductor puede incluir al menos uno de negro de carbón incluidos negro de acetileno, negro de ketjen, negro de canal, negro de horno, negro de humo y negro térmico.

40 Además, el material conductor puede incluirse en una cantidad de 1 a 50 partes en peso, específicamente, 5 a 40 partes en peso; 10 a 20 partes en peso; 20 a 40 partes en peso; 30 a 50 partes en peso; 15 a 35 partes en peso; o 15 a 25 partes en peso, según 100 partes en peso del aglutinante.

45 En la presente invención, mediante el control del contenido del material conductor incluido en la capa 130 con patrones con respecto al rango de más arriba, puede evitarse que la adhesión entre la primera capa 120 de recubrimiento y la segunda capa 140 de recubrimiento no se mejore de manera efectiva debido al bajo contenido de aglutinante, o que la conductividad eléctrica del electrodo 100 positivo no mejore de manera efectiva debido al contenido del material conductor que se está reduciendo.

50 Además, la capa 130 con patrones puede aplicarse sin estar particularmente limitada siempre que maximice el área superficial sin cubrir toda la superficie de la primera capa 120 de recubrimiento. De manera específica, la capa 130 con patrones puede tener una estructura superficial con puntos, malla, bandas o dendrítica. Como un ejemplo, la capa 130 con patrones puede tener una estructura superficial dendrítica.

55 Además, el aglutinante de la capa 130 con patrones puede tener una forma parcial o completamente penetrada en los espacios entre los primeros materiales activos del electrodo positivo que constituyen la primera capa 120 de recubrimiento y, al mismo tiempo, una forma parcial o completamente penetrada en los espacios entre los segundos materiales activos del electrodo positivo que constituyen la segunda capa 140 de recubrimiento.

60 Además, la capa 130 con patrones puede ocupar del 30 % al 80 %, específicamente, del 30 % al 70 %; del 30 % al 60 %; del 30 % al 50 %; del 40 % al 70 %; o del 30 % al 45 % del área total de la primera capa 120 de recubrimiento. En la presente invención, mediante el control del área de la capa 130 con patrones formada en la primera capa 120 de recubrimiento con respecto al mismo rango descrito más arriba, es posible evitar que la movilidad de iones de litio se reduzca y que el rendimiento de la batería se deteriore mientras se aumenta la fuerza adhesiva entre la primera capa 120 de recubrimiento y la segunda capa 140 de recubrimiento.

65

Además, la altura promedio de la capa 130 con patrones puede ser de 0,5 µm a 50 µm, específicamente, de 0,5 µm a 40 µm; de 0,5 µm a 20 µm; de 0,5 µm a 10 µm; de 1 µm a 40 µm; de 5 µm a 30 µm; de 5 µm a 20 µm; de 15 µm a 25 µm; de 5 µm a 15 µm; de 10 µm a 20 µm; de 3 µm a 17 µm; o de 1 µm a 10 µm, según la sección transversal. La capa 130 con patrones según la presente invención puede tener una estructura en sección transversal semicircular cuando la forma es una forma de punto, y puede tener la forma cercana a una pirámide triangular cuando es una forma dendrítica, de modo que la "altura promedio de la capa con patrones" usada en la invención puede significar la mitad de la altura más alta según la estructura en sección transversal de la capa 130 con patrones. En la presente invención, al ajustar la altura promedio de la capa 130 con patrones como se describe más arriba, el área superficial específica de la capa 130 con patrones puede maximizarse y, por consiguiente, mejorar la adhesión entre la primera capa 120 de recubrimiento y la segunda capa 140 de recubrimiento.

Mientras tanto, la primera capa 120 de recubrimiento se forma sobre una o ambas superficies del colector 110 de corriente, e incluye un primer material activo del electrodo positivo, un primer material conductor y un primer aglutinante. En este momento, el primer material activo del electrodo positivo puede incluir un compuesto de fosfato de litio-hierro representado por la siguiente fórmula química 1:



en donde,

M<sup>1</sup> es al menos uno seleccionado de Al, Mg y Ti,

X es al menos uno seleccionado de F, S y N, y

a, b y c son  $-0,5 \leq a \leq +0,5$ ,  $0 \leq b \leq 0,5$ ,  $0 \leq c \leq 0,1$ , respectivamente.

De manera específica, el primer material activo del electrodo positivo es un compuesto de fosfato de hierro-litio representado por la fórmula química 1 y puede incluir al menos un compuesto seleccionado del grupo que consiste en LiFePO<sub>4</sub>, Li(Fe,Al)PO<sub>4</sub>, Li(Fe,Mg)PO<sub>4</sub> y Li(Fe,Ti)PO<sub>4</sub> y, más específicamente, puede usarse LiFePO<sub>4</sub>.

El compuesto de fosfato de litio-hierro representado por la fórmula química 1 puede tener una estructura de olivino. El fosfato de litio-hierro que tiene una estructura de olivino se contrae en volumen a medida que el litio se escapa en o por encima de un voltaje de sobrecarga de alrededor de 4,5 V o más, como resultado, el trayecto conductor de la primera capa de recubrimiento se bloquea rápidamente para permitir que la primera capa de recubrimiento actúe como una capa aislante y, de esta manera, aumentar la resistencia de la primera capa de recubrimiento y bloquear la corriente de carga para alcanzar el voltaje de finalización de sobrecarga.

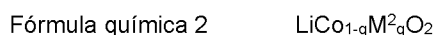
Además, la primera capa 120 de recubrimiento puede incluir al menos uno seleccionado del grupo que consiste en grafito natural, grafito artificial, negro de carbón, negro de acetileno, negro de ketjen y fibra de carbono como el primer material conductor. Por ejemplo, el primer material conductor puede incluir negro de acetileno.

Además, el primer aglutinante puede incluir al menos una resina seleccionada del grupo que consiste en un copolímero de fluoruro de polivinilideno (PVDF-co-HFP), fluoruro de polivinilideno, poliácilonitrilo, polimetilmetacrilato y copolímeros de los mismos. Como un ejemplo, el primer aglutinante puede incluir fluoruro de polivinilideno.

Además, la primera capa 120 de recubrimiento puede incluir de 80 a 98 partes en peso del primer material activo del electrodo positivo, de 1 a 10 partes en peso del primer material conductor, y de 1 a 10 partes en peso del primer aglutinante, según un total de 100 partes en peso. Como un ejemplo, la primera capa 120 de recubrimiento puede incluir de 84 a 96 partes en peso del primer material activo del electrodo positivo, de 2 a 8 partes en peso del primer material conductor, y de 2 a 8 partes en peso del primer aglutinante, según un total de 100 partes en peso, y como otro ejemplo, puede incluir de 88 a 96 partes en peso del primer material activo del electrodo positivo, de 2 a 6 partes en peso del primer material conductor, y de 2 a 6 partes en peso del primer aglutinante, según un total de 100 partes en peso.

Además, el espesor promedio de la primera capa 120 de recubrimiento puede ser de 0,1 µm a 10 µm, específicamente, de 2 µm a 10 µm; de 4 µm a 10 µm; o de 5 µm a 9 µm.

Además, la segunda capa 140 de recubrimiento se forma sobre la primera capa 120 de recubrimiento sobre la cual se forma la capa 130 con patrones, e incluye un segundo material activo del electrodo positivo, un segundo material conductor y un segundo aglutinante. En este momento, el segundo material activo del electrodo positivo puede incluir un óxido compuesto de litio-metal representado por la siguiente fórmula química (2):



en donde,

M<sup>2</sup> es al menos un elemento seleccionado del grupo que consiste en W, Cu, Fe, V, Cr, Ti, Zr, Zn, Al, In, Ta, Y, La, Sr, Ga, Sc, Gd, Sm, Ca, Ce, Nb, Mg, B, y Mo, y

q es  $0 \leq q \leq 0,4$ .

5 El segundo material activo del electrodo positivo puede aplicarse sin limitación particular siempre que sea un óxido compuesto de litio-metal representado por la fórmula química 2. De manera específica, el segundo material activo del electrodo positivo puede incluir uno o más compuestos seleccionados del grupo que consiste en LiCoO<sub>2</sub>,  
 10 LiCo<sub>0,5</sub>Zn<sub>0,5</sub>O<sub>2</sub>, LiCo<sub>0,7</sub>Zn<sub>0,3</sub>O<sub>2</sub>, LiNi<sub>0,5</sub>Co<sub>0,5</sub>O<sub>2</sub>, LiCo<sub>0,6</sub>Fe<sub>0,4</sub>O<sub>2</sub>, LiCo<sub>0,9</sub>Fe<sub>0,1</sub>O<sub>2</sub>, LiCo<sub>0,8</sub>Al<sub>0,2</sub>O<sub>2</sub>, LiCo<sub>0,8</sub>Mn<sub>0,2</sub>O<sub>2</sub>,  
 LiCo<sub>0,9</sub>Mn<sub>0,1</sub>O<sub>2</sub>, y LiCo<sub>0,8</sub>Mn<sub>0,1</sub>Al<sub>0,1</sub>O<sub>2</sub>.

Como un ejemplo, el material activo del electrodo positivo puede incluir LiCoO<sub>2</sub> o LiCo<sub>0,7</sub>Zn<sub>0,3</sub>O<sub>2</sub> como el óxido de litio-níquel-cobalto representado por la fórmula química 2, que puede usarse solo o en combinación.

15 Además, la segunda capa 140 de recubrimiento puede incluir al menos uno seleccionado del grupo que consiste en grafito natural, grafito artificial, negro de carbón, negro de acetileno, negro de ketjen y fibra de carbono como el segundo material conductor. Por ejemplo, el primer material conductor puede incluir negro de acetileno.

20 Además, el aglutinante puede incluir al menos una resina seleccionada del grupo que consiste en un copolímero de fluoruro de polivinilideno (PVDF-co-HFP), fluoruro de polivinilideno, poliacrilonitrilo, polimetilmetacrilato y copolímeros de los mismos. Como un ejemplo, el segundo aglutinante puede incluir fluoruro de polivinilideno.

25 Además, la segunda capa 140 de recubrimiento puede incluir de 80 a 98 partes en peso del segundo material activo del electrodo positivo, de 1 a 10 partes en peso del segundo material conductor, y de 1 a 10 partes en peso del segundo aglutinante, según un total de 100 partes en peso. Como un ejemplo, la segunda capa 140 de recubrimiento puede incluir de 84 a 96 partes en peso del segundo material activo del electrodo positivo, de 2 a 8 partes en peso del segundo material conductor, y de 2 a 8 partes en peso del segundo aglutinante, según un total de 100 partes en peso, y como otro ejemplo, puede incluir de 88 a 96 partes en peso del segundo material activo del electrodo positivo, de 2 a 6 partes en peso del segundo material conductor, y de 2 a 6 partes en peso del segundo aglutinante, según un total de 100 partes en peso.

35 Además, el grosor promedio de la segunda capa 140 de recubrimiento no está particularmente limitado, pero puede ser, de manera específica, de 50 μm a 300 μm, más específicamente de 100 μm a 200 μm; de 80 μm a 150 μm; de 120 μm a 170 μm; de 150 μm a 300 μm; de 200 μm a 300 μm; o de 150 μm a 190 μm.

Además, la segunda capa 140 de recubrimiento puede satisfacer la ecuación 1:

Ecuación 1

$$6 \leq SD/PD \leq 100$$

40 En la ecuación 1, SD representa el grosor promedio de la segunda capa 140 de recubrimiento, y PD representa el grosor promedio de la capa 130 con patrones.

45 La ecuación 1 representa la relación (SD/PD) del grosor promedio (SD) de la segunda capa 140 de recubrimiento con el grosor promedio (PD) de la capa 130 con patrones y, en la ecuación 1 de la presente invención, puede satisfacerse 6 a 100, específicamente 6 a 80; 10 a 60; 10 a 40; 10 a 30; 10 a 20; 20 a 70; 30 a 60; 15 a 35; 11 a 13; o 10 a 15. La presente invención mejora la adhesión de la primera capa 120 de recubrimiento y la segunda capa 140 de recubrimiento ajustando la relación de grosor promedio de la segunda capa 140 de recubrimiento y la capa 130 con patrones al rango de más arriba, de modo que pueda mejorarse la ocurrencia de grietas entre capas.

50 Mientras tanto, en el electrodo 100 positivo para una batería secundaria de litio según la presente invención, puede usarse un colector 110 de corriente que tenga alta conductividad sin provocar un cambio químico en la batería. Por ejemplo, pueden usarse acero inoxidable, aluminio, níquel, titanio, carbón calcinado, etc., y en el caso del aluminio o acero inoxidable, puede usarse una superficie tratada con carbono, níquel, titanio, plata o similar. Además, el colector 110 de corriente puede tener finas irregularidades sobre la superficie para aumentar la adhesión del material activo del electrodo positivo, y son posibles varias formas como, por ejemplo, una película, una hoja, una lámina, una red, un cuerpo poroso, una espuma y un cuerpo no tejido. Además, el grosor promedio del colector 110 de corriente puede aplicarse, de manera apropiada, en un rango de 3 a 500 μm teniendo en cuenta la conductividad y el grosor total del electrodo 100 positivo a fabricarse.

65 El electrodo 100 positivo para una batería secundaria de litio según la presente invención incluye secuencialmente una primera capa 120 de recubrimiento y una segunda capa 140 de recubrimiento en un colector 110 de corriente como se describe más arriba y, al introducir una capa 130 con patrones en una forma en la cual el material conductor se dispersa en el aglutinante entre la primera capa 120 de recubrimiento y la segunda capa 140 de recubrimiento en

una relación de área específica, la seguridad de la batería se mejora y, por lo tanto, cuando un cuerpo metálico penetra el electrodo desde el exterior, no solo no puede ocurrir una generación de calor debido a una sobrecorriente, ignición y similar, sino que también se puede mejorar la fuerza adhesiva entre las capas que constituyen el electrodo 100 positivo, de modo que pueden mejorarse las características de vida útil de las baterías.

5 Bateria secundaria de litio

Además, en una realización, la presente invención provee una batería secundaria de litio que incluye el electrodo positivo según la presente invención descrito más arriba; un electrodo negativo; y una membrana de separación posicionada entre el electrodo positivo y el electrodo negativo.

La batería secundaria de litio según la presente invención puede incluir el electrodo positivo de la presente invención como se describe más arriba y un electrodo negativo, y tener una estructura en la cual el electrodo positivo y el electrodo negativo están impregnados con un electrolito que contiene sal de litio.

15 Aquí, el electrodo negativo se fabrica mediante recubrimiento, secado y prensado del material activo del electrodo negativo en el colector de corriente del electrodo negativo y, si fuera necesario, el material conductor, el polímero aglutinante orgánico, el relleno, etc., según se describe más arriba, pueden además incluirse de manera opcional.

20 Además, como el material activo del electrodo negativo puede usarse, por ejemplo, el grafito que tiene una estructura de cristal completamente en capas como, por ejemplo, grafito natural, y el carbono suave que tiene una estructura de cristal en capas de baja cristalinidad (estructura de grafeno; una estructura en la cual planos de panales hexagonales de carbono se disponen en capas) y materiales de grafito como, por ejemplo, carbono duro, grafito artificial, grafito expandido, fibra de carbono, carbono no grafitizable, negro de carbón, nanotubos de carbono, fullereno, carbono activado, etc., en el cual el carbono y estas estructuras se mezclan con partes amorfas; óxidos compuestos metálicos como, por ejemplo,  $\text{Li}_x\text{Fe}_2\text{O}_3$  ( $0 \leq x \leq 1$ ),  $\text{Li}_x\text{WO}_2$  ( $0 \leq x \leq 1$ ),  $\text{Sn}_x\text{Me}_{1-x}\text{Me}'_y\text{O}_z$  (Me: Mn, Fe, Pb, Ge; Me', Al, B, P, Si, grupo 1 de la tabla periódica, elementos del grupo 2 y grupo 3 y halógenos;  $0 < x \leq 1$ ;  $1 \leq y \leq 3$ ;  $1 \leq z \leq 8$ ); metal de litio; aleaciones de litio; aleaciones basadas en silicio; aleaciones basadas en estaño; óxidos de metal como, por ejemplo, SnO, SnO<sub>2</sub>, PbO, PbO<sub>2</sub>, Pb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Sb<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, Sb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, GeO, GeO<sub>2</sub>, Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Bi<sub>2</sub>O<sub>4</sub> y Bi<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; polímeros conductores como, por ejemplo, poliacetileno; materiales basados en Li-Co-Ni; óxido de titanio; óxido de titanio y litio y similares.

35 Como un ejemplo, el material activo del electrodo negativo puede incluir tanto grafito como partículas que contienen silicio (Si), y el grafito incluye al menos uno de grafito natural que tiene una estructura de cristal en capas y grafito artificial que tiene una estructura isotrópica, y las partículas que contienen silicio (Si) pueden incluir partículas que principalmente contienen silicio (Si) como un componente metálico como, por ejemplo, partículas de silicio (Si), partículas de óxido de silicio (SiO<sub>2</sub>), o una mezcla de partículas de silicio (Si) y las partículas de óxido de silicio (SiO<sub>2</sub>).

40 En este caso, el material activo del electrodo negativo puede incluir de 80 a 95 partes en peso de grafito; y de 1 a 20 partes en peso de partículas de contienen silicio (Si), según un total de 100 partes en peso. La presente invención puede mejorar la capacidad de carga por unidad de masa mientras reduce el consumo de litio y la pérdida de capacidad irreversible durante la carga/descarga inicial de la batería mediante el ajuste del contenido de grafito y partículas que contienen silicio (Si) contenidos en el material activo del electrodo negativo al rango de más arriba.

45 Además, la capa de compuesto de electrodo negativo puede tener un grosor promedio de 100 μm a 200 μm, específicamente, de 100 μm a 180 μm, de 100 μm a 150 μm, de 120 μm a 200 μm, de 140 μm a 200 μm, o de 140 μm a 160 μm.

50 Además, el colector de corriente de electrodo negativo no está particularmente limitado siempre que tenga alta conductividad sin provocar un cambio químico en la batería y, por ejemplo, pueden usarse cobre, acero inoxidable, níquel, titanio, carbón calcinado, etc., y en el caso del cobre o acero inoxidable, puede usarse una superficie tratada con carbono, níquel, titanio, plata, etc. Además, el colector de corriente de electrodo negativo, al igual que el colector de corriente de electrodo positivo, puede tener finas irregularidades en la superficie para fortalecer la fuerza de unión con el material activo del electrodo negativo, y son posibles varias formas como, por ejemplo, películas, hojas, láminas, redes, materiales porosos, espumas, materiales no tejidos, etc. Además, el grosor promedio del colector de corriente de electrodo negativo puede aplicarse, de manera apropiada, en un rango de 3 a 500 μm teniendo en cuenta la conductividad y el grosor total del electrodo negativo a fabricarse.

60 Además, la membrana de separación se interpone entre el electrodo negativo y el electrodo positivo, y se usa una película aislante delgada que tiene alta permeabilidad iónica y resistencia mecánica. La membrana de separación no está particularmente limitada siempre que se use de manera convencional en la técnica, pero, de manera específica, pueden usarse polipropileno químicamente resistente e hidrofóbico; fibra de vidrio; una hoja o tela no tejida hecha de polietileno o similar, y, en algunos casos, puede usarse una membrana de separación compuesta en la cual partículas inorgánicas/partículas orgánicas están recubiertas con un polímero aglutinante orgánico en un sustrato polimérico poroso como, por ejemplo, una hoja o tela no tejida. Cuando un electrolito sólido como, por ejemplo, un

polímero, se usa como el electrolito, el electrolito sólido puede también servir como membrana de separación. Además, la membrana de separación puede tener un diámetro de poro promedio de 0,01 a 10 µm, y un grosor promedio de 5 a 300 µm.

5 Mientras tanto, el electrodo positivo y el electrodo negativo pueden enrollarse en la forma de un rollo de gelatina y almacenarse en una batería cilíndrica, una batería prismática, o una batería tipo bolsa, o pueden almacenarse en una batería tipo bolsa en una forma plegada o apilada y plegada, pero no se limita a ello.

10 Además, el electrolito que contiene sal de litio según la presente invención puede consistir en un electrolito y una sal de litio y, como el electrolito, puede usarse un disolvente orgánico no acuoso, un electrolito sólido orgánico, un electrolito sólido inorgánico, y similares.

15 Como disolvente orgánico no acuoso, por ejemplo, puede usarse un disolvente orgánico aprótico como, por ejemplo, N-metil-2-pirrolidinona, carbonato de etileno, carbonato de propileno, carbonato de butileno, carbonato de dimetilo, carbonato de dietilo, gamma-butirolactona, 1,2-dimetoxietano, franco de tetrahidroxi, 2-metil tetrahidrofurano, dimetilsulfóxido, 1,3-dioxolano, formamida, dimetilformamida, dioxolano, acetonitrilo, nitrometano, formiato de metilo, acetato de metilo, triéster de ácido fosfórico, trimetoximetano, derivados de dioxolano, sulfolano, metilsulfolano, 1,3-dimetil-2-imidazolidinona, derivados de carbonato de propileno, derivados de tetrahidrofurano, éter, propionato de metilo o propionato de etilo.

20 Como electrolito sólido orgánico, pueden usarse, por ejemplo, derivados de polietileno, derivados de óxido de polietileno, derivados de óxido de polipropileno, polímeros de éster de ácido fosfórico, poli agitación lisina, sulfuro de poliéster, alcohol polivinílico, fluoruro de polivinilideno, un material polimérico que incluya un grupo disociativo de iones y similares.

25 Como electrolito sólido inorgánico, pueden usarse nitruros, haluros, sulfatos y similares de Li, como, por ejemplo, Li<sub>3</sub>N, LiI, Li<sub>5</sub>Ni<sub>2</sub>, Li<sub>3</sub>N-LiI-LiOH, LiSiO<sub>4</sub>, LiSiO<sub>4</sub>-LiI-LiOH, Li<sub>2</sub>SiS<sub>3</sub>, Li<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>, Li<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>-LiI-LiOH, Li<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>-Li<sub>2</sub>S-SiS<sub>2</sub>, etc.

30 La sal de litio es un material fácilmente soluble en el electrolito no acuoso y, por ejemplo, pueden usarse LiCl, LiBr, LiI, LiClO<sub>4</sub>, LiBF<sub>4</sub>, LiB<sub>10</sub>Cl<sub>10</sub>, LiPF<sub>6</sub>, LiCF<sub>3</sub>SO<sub>3</sub>, LiCF<sub>3</sub>CO<sub>2</sub>, LiAsF<sub>6</sub>, LiSbF<sub>6</sub>, LiAlCl<sub>4</sub>, CH<sub>3</sub>SO<sub>3</sub>Li, (CF<sub>3</sub>SO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>NLi, borano de cloro y litio, carboxilatos alifáticos inferiores de litio, 4-fenilboronato de litio, imida y similares.

35 Además, con el propósito de mejorar las características de carga/descarga, retardo de la llama, etc., en el electrolito, por ejemplo, pueden añadirse piridina, trietilfosfito, trietanolamina, éter cíclico, etilendiamina, n-glyme, triamida de hexafofosfato, derivados de nitrobenzono, azufre, colorantes de imina quinona, oxazolidinona N-sustituida, imidazolidinona N,N, éteres dialquílicos de etilenglicol, sales de amonio, pirrol, 2-metoxietanol, cloruro de aluminio y similares. En algunos casos, con el fin de impartir incombustibilidad, puede además incluirse un disolvente que contenga halógenos como, por ejemplo, tetracloruro de carbono y trifluoruro de etileno, y además puede incluirse un gas de dióxido de carbono para mejorar las características de almacenamiento a alta temperatura, y pueden además  
40 incluirse carbonato de fluoroetileno (FEC), propano sultona (PRS), etc.

#### Módulo de batería

45 Además, en una realización, la presente invención provee un módulo de batería que incluye la batería secundaria descrita más arriba como una celda unitaria, y provee un paquete de baterías que incluye el módulo de batería.

50 El paquete de baterías puede usarse como una fuente de alimentación para un dispositivo mediano o grande que requiera estabilidad a alta temperatura, características de vida útil larga, y características de alta velocidad, y ejemplos específicos del dispositivo mediano o grande incluyen una herramienta eléctrica que se mueva al ser impulsada por un motor omnisciente; vehículos eléctricos que incluyen vehículos eléctricos (EV, por sus siglas en inglés), vehículos eléctricos híbridos (HEV, por sus siglas en inglés), vehículos eléctricos híbridos enchufables (PHEV, por sus siglas en inglés) y similares; vehículos de dos ruedas eléctricos incluidas bicicletas eléctricas (e-bicicletas) y patinetes eléctricos (e-patinete); carritos de golf eléctricos; y un sistema para almacenar energía y, más específicamente, un vehículo eléctrico híbrido (HEV), pero sin limitación a ello.

55 De aquí en adelante, la presente invención se describirá en detalle mediante ejemplos.

60 Sin embargo, los siguientes ejemplos y ejemplos experimentales son meramente ilustrativos de la presente invención y el contenido de la presente invención no está limitado a los siguientes ejemplos y ejemplos experimentales.

Ejemplos 1-3 y ejemplos comparativos 1-4: fabricación del electrodo positivo para batería secundaria de litio

65 88 partes en peso de LiFePO<sub>4</sub> como un primer material activo del electrodo positivo, 10 partes en peso de PVdF como aglutinante, y 2 partes en peso de negro de carbón como material conductor se han pesado y mezclado en un disolvente de N-metilpirrolidona (NMP) para preparar un lodo para una primera capa de recubrimiento.

Por separado, 95 partes en peso de LiCoO<sub>2</sub> como un segundo material activo del electrodo positivo, 2 partes en peso de PVdF como aglutinante, y 3 partes en peso de negro de carbón como material conductor se han pesado y mezclado en un disolvente de N-metilpirrolidona (NMP) para preparar un lodo para una segunda capa de recubrimiento.

El lodo para la primera capa de recubrimiento se ha aplicado a una película de aluminio, se ha secado y enrollado para formar una primera capa de recubrimiento (grosor promedio: 8 µm), y luego PVdF que contenía 20 % en peso de negro de carbón se ha colocado en patrones sobre la primera capa de recubrimiento para formar una capa con patrones que tenga una estructura superficial tipo malla. Luego, se ha aplicado el lodo para la segunda capa de recubrimiento, se ha secado y enrollado para fabricar un electrodo positivo para una batería secundaria de litio. En este momento, la relación de área con respecto a la primera capa de recubrimiento y el grosor promedio de la capa con patrones y el grosor promedio de la capa con patrones (PD) y la segunda capa de recubrimiento (SD) se muestran en la Tabla 1 de más abajo.

Tabla 1

	Capa con patrones		SD/PD
	Relación de área	Grosor promedio	
Ejemplo 1	35 %	10 µm	12
Ejemplo 2	50 %	10 µm	12
Ejemplo 3	35 %	5 µm	40
Ejemplo comparativo 1	25 %	10 µm	12
Ejemplo comparativo 2	100 %	10 µm	12
Ejemplo comparativo 3	35 %	5 µm	5
Ejemplo comparativo 4	35 %	10 µm	150

Ejemplo experimental

Para evaluar el rendimiento del electrodo positivo para una batería secundaria de litio según la presente invención, se ha llevado a cabo el siguiente experimento.

A) Evaluación de la adhesión entre capas

Los electrodos positivos fabricados en los ejemplos y ejemplos comparativos se han cortado de modo que las longitudes horizontal y vertical han sido 25 mm y 70 mm, respectivamente, y la laminación se ha llevado a cabo a 70 °C y 4 MPa mediante el uso de una prensa para preparar un espécimen. El espécimen preparado se ha fijado a una placa de vidrio mediante el uso de cinta de doble cara y se ha fijado y, en este momento, el colector de corriente se ha colocado para mirar a la placa de vidrio. Mediante el uso de un probador de tensión, la segunda capa de recubrimiento del espécimen se ha pelado en un ángulo de 90° a 25 °C a una velocidad de 100 mm/min, la fuerza de desprendimiento en este momento se ha medido en tiempo real y el valor promedio se ha definido como la fuerza adhesiva interfacial entre la primera y la segunda capas de recubrimiento. Los resultados se muestran en la Tabla 2 de más abajo.

Tabla 2

	Adhesión entre capas [N/m]
Ejemplo 1	360
Ejemplo 2	390
Ejemplo 3	320
Ejemplo comparativo 1	281
Ejemplo comparativo 2	507
Ejemplo comparativo 3	423
Ejemplo comparativo 4	224

Como se muestra en la Tabla 2, en el electrodo positivo para una batería secundaria de litio según la presente invención, se ha confirmado que cada capa que constituye el electrodo positivo tuvo una alta adhesión interfacial de 300 N/m o más. Ello significa que la adhesión interfacial de cada capa que constituye el electrodo positivo del ejemplo es excelente, de modo que se mitiga la ocurrencia de grietas.

B) Prueba de penetración de clavos

Una batería secundaria de litio se ha fabricado mediante el uso de cada electrodo positivo fabricado en los ejemplos y ejemplos comparativos. De manera específica, el grafito natural como material activo del electrodo negativo, un material conductor de negro de carbón, y un aglutinante PVDF se han mezclado en un disolvente N-metilpirrolidona

en una relación de peso de 85:10:5 para preparar un lodo para formar un electrodo negativo, y esto se ha aplicado a una lámina de cobre para fabricar un electrodo negativo. Un conjunto de electrodos se ha fabricado laminando una membrana de separación (grosor: alrededor de 16 µm) hecha de una película de polietileno (PE) porosa entre cada electrodo positivo fabricado en los ejemplos y ejemplos comparativos y el electrodo negativo fabricado más arriba. Después de que el conjunto de electrodos fabricado se hubiera colocado dentro de la caja de batería, un electrolito se ha inyectado en la caja para fabricar una batería secundaria de litio. En este momento, el electrolito se ha preparado disolviendo hexafluorofosfato de litio (LiPF<sub>6</sub>) en una concentración de 1.0 M en un disolvente orgánico que consistía en carbonato de etileno/carbonato de dimetilo/carbonato de etilmetilo (la relación de volumen de mezcla de EC/DMC/EMC es de 3/4/3).

Para la batería secundaria de litio fabricada, se ha evaluado si ocurrió ignición cuando un cuerpo metálico con un diámetro de 3 mm se dejó caer a una velocidad de 80 mm/seg y penetró la celda de la misma manera que las condiciones de certificación PV8450, y los resultados se muestran en la Tabla 3 de más abajo.

Tabla 3

	Ignición o no (Éxito/Prueba)
Ejemplo 1	6P/6T
Ejemplo 2	6P/6T
Ejemplo 3	6P/6T
Ejemplo comparativo 1	4P/6T
Ejemplo comparativo 2	4P/6T
Ejemplo comparativo 3	3P/6T
Ejemplo comparativo 4	2P/6T

Con referencia a la Tabla 3, se ha confirmado que, en el electrodo positivo para una batería secundaria de litio según la presente invención, no se genera calor o no ocurre ignición cuando un objeto metálico como, por ejemplo, un clavo, penetra el electrodo desde el exterior. A partir de estos resultados, puede observarse que el electrodo positivo para una batería secundaria de litio según la presente invención mejora la seguridad de la batería implementando una alta resistencia a la penetración cuando es penetrado por clavos.

C) Evaluación de rendimiento de vida útil

En la misma manera que en la prueba de penetración de clavos, se ha fabricado una batería secundaria de litio usando cada uno de los electrodos positivos fabricados en los ejemplos y ejemplos comparativos. Para cada batería secundaria de litio fabricada, se ha medido una retención de capacidad (%) mientras se llevaban a cabo 100 ciclos de carga-descarga (n=100) y 200 ciclos de carga/descarga (n=200) en las condiciones de un voltaje de finalización de carga de 4,25 V, un voltaje de finalización de descarga de 2,5 V y 0,5 C/0,5 C a 25 °C. En este momento, la retención de capacidad se ha calculado usando la ecuación 2 de más abajo, y los resultados se muestran en la Tabla 4 de más abajo:

$$\text{Retención de capacidad (\%)} = (\text{capacidad de descarga en } n^{\text{ésimo}} \text{ ciclo de carga/descarga} / \text{capacidad de descarga en ciclo de carga/descarga inicial}) \times 100$$

Ecuación 2

Tabla 4

	Retención de capacidad [%] en 100 <sup>ésimo</sup> (n=100) ciclo de carga/descarga	Retención de capacidad [%] en 200 <sup>ésimo</sup> (n=200) ciclo de carga/descarga
Ejemplo 1	98,3	95,3
Ejemplo 2	98,7	96,0
Ejemplo 3	97,1	95,7
Ejemplo comparativo 1	96,8	92,1
Ejemplo comparativo 2	92,2	81,5
Ejemplo comparativo 3	91,0	84,8
Ejemplo comparativo 4	95,8	91,3

Como se muestra en la Tabla 4, puede observarse que el electrodo positivo de los ejemplos fabricado según la presente invención tiene el efecto de mejorar el rendimiento eléctrico de la batería.

De manera específica, se ha descubierto que la batería secundaria de litio que tiene el electrodo positivo fabricado en los ejemplos tuvo una alta retención de capacidad del 95 % o más incluso cuando se llevaron a cabo 100 ciclos de carga/descarga así como 200 ciclos de carga/descarga.

A partir de estos resultados, el electrodo positivo para una batería secundaria de litio según la presente invención incluye secuencialmente una primera capa de recubrimiento y una segunda capa de recubrimiento en un colector de

5 corriente y, al introducir una capa con patrones en una forma en la cual el material conductor se dispersa en el aglutinante entre la primera capa de recubrimiento y la segunda capa de recubrimiento en una relación de área específica, la seguridad de la batería se mejora y, por lo tanto, cuando un cuerpo metálico penetra el electrodo desde el exterior, no solo puede no ocurrir una generación de calor debido a una sobrecorriente, ignición y similar, sino que también se puede mejorar la fuerza adhesiva entre las capas que constituyen el electrodo positivo, de modo que pueden mejorarse las características de vida útil de las baterías.

**Descripción de marcas en las figuras**

10 100: electrodo positivo para batería secundaria de litio

110: colector de corriente

15 120: primera capa de recubrimiento

130: capa con patrones

140: segunda capa de recubrimiento

20

REIVINDICACIONES

1. Un electrodo positivo para una batería secundaria de litio que comprende:

5 un colector de corriente;

una primera capa de recubrimiento dispuesta sobre una o ambas superficies del colector de corriente y que contiene un primer material activo del electrodo positivo;

10 una capa con patrones dispuesta sobre la primera capa de recubrimiento y que tiene un aglutinante y un material conductor disperso en el aglutinante; y

una segunda capa de recubrimiento dispuesta sobre la primera capa de recubrimiento sobre la que se dispone una capa con patrones, y que contiene un segundo material activo del electrodo positivo,

15 en donde un área de la primera capa de recubrimiento sobre la que se dispone la capa con patrones es el 30 % al 80 % del área total de la primera capa de recubrimiento.

20 2. El electrodo positivo para la batería secundaria de litio según la reivindicación 1, en donde la capa con patrones tiene una estructura superficial con puntos, malla, banda o dendrítica.

3. El electrodo positivo para la batería secundaria de litio según la reivindicación 1, en donde la primera capa de recubrimiento y la segunda capa de recubrimiento comprenden, cada una, de 1 a 10 partes en peso de un aglutinante según 100 partes en peso de la primera capa de recubrimiento y la segunda capa de recubrimiento, respectivamente, y

30 el aglutinante en cada capa de recubrimiento comprende una o más resinas seleccionadas del grupo que consiste en un copolímero de fluoruro de polivinilideno (PVDF-co-HFP), fluoruro de polivinilideno, poliacrilonitrilo, polimetilmetacrilato y copolímeros de los mismos.

4. El electrodo positivo para la batería secundaria de litio según la reivindicación 1, en donde el aglutinante en la capa con patrones comprende una o más resinas seleccionadas del grupo que consiste en un copolímero de fluoruro de polivinilideno-hexafluoropropileno (PVDF-co-HFP), fluoruro de polivinilideno, poliacrilonitrilo, polimetilmetacrilato, alcohol polivinílico, carboximetilcelulosa (CMC), almidón, hidroxipropilcelulosa, celulosa regenerada polivinilpirrolidona, tetrafluoroetileno, polietileno, polipropileno, ácido poliacrílico, monómero de etileno propileno dieno (EPDM), EPDM sulfonado, caucho estireno-butadieno (SBR), caucho fluorado, y copolímeros de los mismos.

5. El electrodo positivo para la batería secundaria de litio según la reivindicación 1, en donde el material conductor en la capa con patrones comprende uno o más seleccionados del grupo que consiste en grafito incluidos grafito natural o grafito artificial; negro de carbón incluidos negro de acetileno, negro de ketjen, negro de canal, negro de horno, negro de humo, o negro térmico; fibras conductoras incluidas fibras de carbono o fibras metálicas; nanotubos de carbono; polvos metálicos incluidos fluorocarbono, aluminio o níquel; óxido de zinc; titanato de potasio; óxido de titanio; y derivados del polifenileno.

45 6. El electrodo positivo para la batería secundaria de litio según la reivindicación 1, en donde una cantidad del material conductor en la capa con patrones es de 1 a 50 partes en peso según 100 partes en peso del aglutinante.

7. El electrodo positivo para la batería secundaria de litio según la reivindicación 1, en donde la altura promedio de la capa con patrones es de 0,5 μm a 50 μm según la sección transversal.

50 8. El electrodo positivo para la batería secundaria de litio según la reivindicación 1, en donde un grosor promedio de la primera capa de recubrimiento es de 0,1 μm a 10 μm.

9. El electrodo positivo para la batería secundaria de litio según la reivindicación 1, en donde la segunda capa de recubrimiento satisface la ecuación 1:

Ecuación 1

$$6 \leq SD/PD \leq 100$$

60 En donde, en la ecuación 1,

SD representa el grosor promedio de la segunda capa de recubrimiento, y

65 PD representa el grosor promedio de la capa con patrones.

10. El electrodo positivo para la batería secundaria de litio según la reivindicación 1, en donde el primer material activo del electrodo positivo comprende un compuesto de fosfato de hierro y litio representado por la fórmula química 1 de más abajo:

5

Fórmula química 1  $Li_{1+a}Fe_{1-b}M^1_b(PO_4)_cX_c$

En donde, en la fórmula química 1,

10  $M^1$  es uno o más seleccionados del grupo que consiste en Al, Mg y Ti,

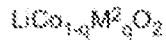
X es uno o más seleccionados del grupo que consiste en F, S y N, y

a, b y c son  $-0,5 \leq a \leq +0,5$ ,  $0 \leq b \leq 0,5$ ,  $0 \leq c \leq 0,1$ , respectivamente.

15

11. El electrodo positivo para la batería secundaria de litio según la reivindicación 1, en donde el segundo material activo del electrodo positivo comprende un óxido compuesto metálico de litio representado por la fórmula química 2 de más abajo:

20 Fórmula química 2



en donde, en la fórmula química 2,

25  $M^2$  es uno o más elementos seleccionados del grupo que consiste en W, Cu, Fe, V, Cr, Ti, Zr, Zn, Al, In, Ta, Y, La, Sr, Ga, Sc, Gd, Sm, Ca, Ce, Nb, Mg, B, y Mo, y

q es  $0 \leq q \leq 0,4$ .

30 12. Una batería secundaria de litio que comprende el electrodo positivo para la batería secundaria de litio según la reivindicación 1.

**【FIG. 1】**

100

