

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 971 635**

51 Int. Cl.:

H01M 4/13 (2010.01)
H01M 4/80 (2006.01)
H01M 4/74 (2006.01)
H01M 4/139 (2010.01)
H01M 4/04 (2006.01)
H01M 10/052 (2010.01)
H01M 4/66 (2006.01)
H01M 4/131 (2010.01)
H01M 4/1391 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.05.2018** **PCT/KR2018/005745**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.11.2018** **WO18216970**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.05.2018** **E 18806303 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.11.2023** **EP 3522267**

54 Título: **Electrodo flexible, método para fabricar el mismo y batería secundaria que incluye el mismo**

30 Prioridad:

22.05.2017 KR 20170063010

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
06.06.2024

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

KIM, JU-RYOUN;
YOU, MIN-KYU y
UHM, IN-SUNG

74 Agente/Representante:

BERTRÁN VALLS, Silvia

ES 2 971 635 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

Electrodo flexible, método para fabricar el mismo y batería secundaria que incluye el mismo

5 Campo técnico

La presente divulgación se refiere a un electrodo flexible, a un método para fabricar el mismo y a una batería secundaria que incluye el mismo. En particular, la presente divulgación se refiere a un electrodo flexible que tiene una flexibilidad excelente al mismo tiempo que realiza una alta carga, a un método para fabricar el mismo y a una

La presente solicitud reivindica la prioridad de la solicitud de patente coreana n.º 10-2017-0063010 presentada el 22 de mayo de 2017 en la República de Corea.

15 Antecedentes de la técnica

A medida que ha aumentado el desarrollo tecnológico y la demanda de instrumentos móviles, ha aumentado la demanda de baterías secundarias recargables que puedan reducirse de tamaño y proporcionar alta capacidad. Además, entre tales baterías secundarias, se han comercializado y usado ampliamente baterías secundarias de litio que tienen alta densidad de energía y tensión.

Una batería secundaria de litio tiene una estructura que incluye un conjunto de electrodos que tiene electrodos, es decir, un electrodo positivo y un electrodo negativo, que incluye un material activo recubierto sobre un colector de corriente y un separador interpuesto entre los electrodos, y un electrolito que contiene sal de litio inyectado en el conjunto de electrodos. Cada uno de los electrodos se obtiene generalmente recubriendo un colector de corriente similar a una lámina con una suspensión que contiene un material activo, un aglutinante y un material conductor, secando la suspensión y formando una capa de material activo mediante una etapa de prensado.

Recientemente, cada vez hay más demanda de un electrodo de alta carga y tal electrodo de alta carga se obtiene aumentando la densidad del material activo en la capa de electrodo (es decir, disminuyendo la porosidad o los poros) para proporcionar una batería con alta capacidad. Para obtener un electrodo de alta carga, la capa de electrodo se vuelve generalmente gruesa. Sin embargo, una capa de electrodo tan gruesa es problemática porque es difícil distribuir un material activo, aglutinante y un material conductor de manera homogénea en la capa de electrodo y el electrodo muestra una alta fragilidad incluso bajo una ligera flexión.

Por tanto, se han hecho muchos intentos de usar un colector de corriente poroso que tenga una conformación de red tridimensional para obtener un electrodo susceptible de flexionarse proporcionando al mismo tiempo una alta carga.

Por ejemplo, la patente coreana abierta a consulta por el público n.º 10-2005-0092676 divulga un electrodo obtenido llenando los poros de un colector de corriente tridimensional poroso, tal como metal espumado, fibras de metal, metal poroso, metal grabado o metal que tiene irregularidades de superficie en la superficie frontal y en la superficie posterior, con una suspensión preparada a partir de un material activo de electrodo, material conductor, aglutinante y un disolvente orgánico, secando la suspensión y luego llevando a cabo el prensado con una prensa, o similar.

Cuando se forma una capa de material activo mediante el método convencional que incluye recubrimiento, secado y prensado de una suspensión de material activo mientras se usa un colector de corriente poroso tal como se mencionó anteriormente, puede alargarse el colector de corriente poroso y pueden agrietarse los materiales internos, tales como el material activo, de manera no deseada durante el prensado. Por tanto, es difícil llevar a cabo el prensado a alta presión. También es difícil llenar de manera homogénea con el material activo el colector de corriente poroso que tiene un grosor grande. En la técnica anterior, los documentos US2013/224584, JP2014032798, KR20140031953, KR20160139617 y US2017/077546 se refieren a métodos de fabricación de electrodos de batería y sus electrodos correspondientes.

Divulgación

Problema técnico

La presente divulgación está diseñada para resolver los problemas de la técnica relacionada y, por tanto, la presente invención está dirigida a proporcionar un electrodo flexible, tal como se describe en las reivindicaciones adjuntas, que tiene una flexibilidad excelente al mismo tiempo que realiza una alta carga.

Un aspecto de la presente divulgación, que no es según la invención, también está dirigido a proporcionar un método para fabricar el electrodo.

Además, otro aspecto de la presente invención está dirigido a proporcionar una batería secundaria de litio que incluye el electrodo según las reivindicaciones adjuntas.

Solución técnica

En un aspecto de la presente divulgación, se proporciona un método para fabricar un electrodo flexible, que incluye las etapas de (i) recubrir un colector de corriente poroso que tiene una pluralidad de poros con una suspensión de material activo que tiene un contenido de sólidos del 30-50 % y secar la suspensión de material activo para formar una capa de recubrimiento de material activo; (ii) recubrir con una suspensión de material activo que tiene un contenido de sólidos del 30-50 % la capa de recubrimiento de material activo formada en la etapa anterior y secar la suspensión de material activo para formar una capa de recubrimiento de material activo adicional; y (iii) repetir la etapa (ii) n veces ($1 \leq n \leq 5$) para formar múltiples capas de recubrimiento de material activo, formando de ese modo una capa de material activo de electrodo en los poros y sobre la superficie del colector de corriente poroso en un modo sin prensa.

En el método, las etapas (ii) y (iii) pueden llevarse a cabo a una presión reducida de -1 a -0,01 MPa, preferiblemente -0,1 MPa.

Además, el colector de corriente poroso puede tener una porosidad del 60 % o más y un grosor de 100-400 μm .

El colector de corriente poroso puede seleccionarse de colectores de corriente de tipo espuma, tipo red, tipo fieltro y tipo malla, y puede incluir cualquier material seleccionado de: acero inoxidable, aluminio, níquel, titanio, carbono cocido y cobre; acero inoxidable tratado en superficie con carbono, níquel, titanio o plata; aleación de aluminio y cadmio; polímeros no conductores tratados en superficie con materiales conductores; polímeros no conductores tratados en superficie con metales, tales como aluminio; y polímeros conductores.

La primera capa de recubrimiento de material activo puede formarse para que tenga un grosor correspondiente al grosor del colector de corriente poroso, y la segunda capa de recubrimiento de material activo puede formarse para que tenga un grosor del 50 % o menos del grosor del colector de corriente poroso.

En un aspecto de la presente invención, se proporciona un electrodo flexible según la reivindicación independiente adjunta.

Además, el colector de corriente poroso y el electrodo flexible pueden tener una razón de grosor de 1:1,05-1:1,1, 1:1,05-1:1,08 o 1:1,08-1:1,2.

En el electrodo flexible, los poros presentes en el colector de corriente poroso pueden tener un diámetro promedio de 5-100 μm , la capa de material activo de electrodo llena los poros del colector de corriente poroso, el material activo puede cargarse en una cantidad de 3,0-20,0 mAh/cm².

La totalidad del electrodo, incluyendo el colector de corriente poroso y la capa de material activo de electrodo, puede tener una porosidad del 20-40 %, preferiblemente.

En otro aspecto de la divulgación, que no es según la invención, el electrodo flexible tiene una flexibilidad excelente tal como se determina mediante un ensayo de flexión usando una barra 15R que tiene un diámetro de 30 mm, en el que el electrodo flexible provoca agrietamiento o separación del material activo cuando se repite la flexión 1.000 veces o más.

En todavía otro aspecto, se proporciona una batería secundaria de litio que incluye el electrodo flexible.

Efectos ventajosos

Según un aspecto de la presente divulgación, que no es según la invención, es posible proporcionar un electrodo flexible de alta carga llenando los poros de un colector de corriente poroso con un material activo de manera homogénea con alta densidad a través de una serie de etapas que incluyen recubrir con y secar una suspensión de material activo que tiene un bajo contenido de sólidos muchas veces en el colector de corriente poroso para reducir la porosidad del electrodo en un modo sin prensa.

Descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista microscópica que ilustra los microporos tridimensionales del colector de corriente poroso usado según una realización de la presente divulgación.

La figura 2 es una vista esquemática que ilustra el procedimiento para fabricar un electrodo flexible según una realización de la presente divulgación.

La figura 3a y la figura 3b muestran las curvas de carga/descarga de las baterías que incluyen el electrodo según el ejemplo 2 y el ejemplo comparativo 1, respectivamente.

La figura 4 muestra las tasas C de las baterías, que incluyen los electrodos, según el ejemplo 2 y el ejemplo comparativo 4.

Mejor modo

Más adelante en el presente documento, debe entenderse que los términos usados en la memoria descriptiva y las reivindicaciones adjuntas no deben interpretarse como limitados a significados generales y de diccionario, sino interpretarse basándose en los significados y conceptos correspondientes a aspectos técnicos de la presente divulgación basándose en el principio de que al inventor se le permite definir los términos apropiadamente para obtener la mejor explicación.

En un aspecto de la presente divulgación, que no es según la invención, se proporciona un método para fabricar un electrodo flexible caracterizado por formar una capa de material activo de electrodo en los poros y sobre la superficie de un colector de corriente poroso en un modo sin prensa, incluyendo el método las etapas de

(i) recubrir un colector de corriente poroso que tiene una pluralidad de poros con una suspensión de material activo que tiene un contenido de sólidos del 30-50 % y secar la suspensión de material activo para formar una capa de recubrimiento de material activo;

(ii) recubrir con una suspensión de material activo que tiene un contenido de sólidos del 30-50 % la capa de recubrimiento de material activo formada en la etapa anterior y secar la suspensión de material activo para formar una capa de recubrimiento de material activo adicional; y

(iii) repetir la etapa (ii) n veces ($1 \leq n \leq 5$) para formar múltiples capas de recubrimiento de material activo.

Según la presente divulgación, es posible formar múltiples capas de material activo de electrodo sin usar una etapa de prensado recubriendo y secando repetidamente una suspensión de material activo que tiene un bajo contenido de sólidos y viscosidad sobre un colector de corriente poroso.

La figura 2 es una vista esquemática que ilustra el procedimiento para fabricar un electrodo flexible según una realización de la presente divulgación. Por ejemplo, la figura 2 muestra una serie de etapas para formar una capa de material activo de electrodo recubriendo un colector de corriente poroso cuatro veces con una suspensión de material activo que tiene un bajo contenido de sólidos.

Tal como se muestra en la figura 2, cuando una suspensión de material activo que tiene un contenido de sólidos menor del 50 %, preferiblemente del 30-50 %, se recubre y se seca en primer lugar sobre un colector de corriente poroso que tiene un grosor de 100-400 μm , los poros presentes en el colector de corriente pueden llenarse parcialmente con el material activo. En el presente documento, cuando el contenido de sólidos es mayor del 50 %, la suspensión tiene una alta viscosidad y muestra una baja fluidez. Por tanto, es difícil que la suspensión se introduzca de manera suficiente en los poros del colector de corriente y, por tanto, la suspensión permanece en el exterior de los poros. Además, la capa de recubrimiento puede formarse hasta un grosor correspondiente al grosor del colector de corriente poroso y puede secarse a una temperatura de 130 °C o mayor durante 15 minutos o más. En el presente documento, "la capa de recubrimiento se forma hasta un grosor correspondiente al grosor del colector de corriente poroso" significa que la suspensión llena los poros del colector de corriente poroso para formar una capa de recubrimiento con un grosor correspondiente al grosor del colector de corriente poroso. Por tanto, esto significa que la capa de recubrimiento formada no tiene un grosor mayor que el grosor del colector de corriente poroso.

Después del primer recubrimiento, la suspensión de material activo se recubre y se seca de nuevo sobre la primera capa de recubrimiento de material activo de modo que los poros del electrodo que incluye el colector de corriente poroso, es decir, los poros no llenos del colector de corriente poroso, y los poros de la primera capa de recubrimiento de material activo pueden llenarse con el material activo. En el presente documento, no sólo puede recubrirse la parte interior de los poros del colector de corriente poroso sino también la superficie del mismo. De manera similar a la primera capa de recubrimiento de material activo, la suspensión de material activo usada para el segundo recubrimiento tiene un contenido de sólidos menor del 50 %. Mientras tanto, es ventajoso que la segunda capa de recubrimiento de material activo esté formada hasta un grosor del 50 % o menos, preferiblemente del 30-45 %, del grosor del colector de corriente poroso con vistas a impedir un aumento excesivo del grosor del electrodo terminado. Además, la capa de recubrimiento puede secarse a una temperatura de 130 °C o mayor durante 15 minutos o más.

El tercer recubrimiento y el cuarto recubrimiento pueden repetirse de la misma manera tal como se describió anteriormente. En este caso, es ventajoso que el grosor de la capa de recubrimiento tenga un grosor menor que el grosor de la capa de recubrimiento formada en la etapa anterior con vistas a controlar el grosor del electrodo terminado. Dicho de otro modo, a medida que se repiten las etapas de recubrimiento, el electrodo que incluye el colector de corriente y la capa de material activo de electrodo tiene una porosidad disminuida y, por tanto, se disminuye adicionalmente la cantidad de suspensión recubierta.

Cuando se repite el recubrimiento tal como se describió anteriormente, los poros del electrodo que incluye el colector de corriente poroso, se llenan de manera homogénea y suficiente con el material activo y, por tanto, la totalidad del electrodo tiene una porosidad disminuida.

Según el método descrito anteriormente, es posible superar la desventaja de los métodos para fabricar un electrodo flexible según la técnica relacionada. Según la técnica relacionada, cuando se recubría y secaba una suspensión que tenía un alto contenido de sólidos sobre un colector de corriente poroso que tenía microporos tridimensionales para realizar un electrodo de alta carga, los poros del colector de corriente no podían llenarse de manera suficiente con la capa de material activo y, por tanto, se requería una etapa de prensado para aumentar la densidad del material activo. Durante la etapa de prensado, el prensado no podía llevarse a cabo lo suficiente como para impedir el alargamiento del colector de corriente y, por tanto, no podía aumentarse la densidad del material activo hasta un nivel deseado.

Dicho de otro modo, según el método para fabricar un electrodo flexible según una realización de la presente divulgación, es posible llenar la parte interior de los poros del colector de corriente poroso que tiene microporos tridimensionales con el material activo a alta densidad incluso en ausencia de una etapa de prensado. Incluso cuando se aumenta el grosor del colector de corriente poroso para realizar un electrodo de alta carga, es posible insertar una cantidad suficiente del material activo de manera homogénea en los poros del colector de corriente poroso. Además, a medida que se repiten las etapas de recubrimiento, la superficie del colector de corriente poroso también se recubre con el material activo. En el presente documento, es posible garantizar la flexibilidad del electrodo terminado controlando el grosor del recubrimiento.

En el método según una realización de la presente divulgación, puede usarse un procedimiento de presión reducida como fuerza impulsora para la migración de la suspensión de material activo durante la etapa (ii) y la etapa (iii). Por ejemplo, cuando se lleva a cabo el recubrimiento adicional en condiciones de presión reducida de -1 a -0,01 MPa, preferiblemente -0,1 MPa, es posible inducir la migración del material activo a los poros del colector de corriente poroso que no se recubren durante la etapa de recubrimiento anterior, y así aumentar la razón de llenado del material activo.

En el método según una realización de la presente divulgación, el colector de corriente poroso puede tener microporos tridimensionales que tienen un diámetro promedio de 5-100 μm , preferiblemente 5-50 μm . Por ejemplo, el colector de corriente poroso puede ser un colector de corriente de tipo espuma, tipo red, tipo fieltro o tipo malla. La figura 1 es una imagen microscópica que ilustra los microporos tridimensionales del colector de corriente poroso usado según la presente divulgación.

El diámetro de los microporos tridimensionales del colector de corriente poroso puede determinarse mediante un método usado convencionalmente en la técnica. Por ejemplo, puede determinarse observando una imagen de microscopía electrónica de barrido (SEM). Cuando el colector de corriente poroso satisface el intervalo de diámetro promedio definido anteriormente, es posible obtener un electrodo susceptible de flexionarse al mismo tiempo que se realiza una alta carga. Por ejemplo, se establece el intervalo de diámetro promedio de los microporos considerando el tamaño de un material activo. Cuando el diámetro promedio es menor de 5 μm , el material activo no puede introducirse en los poros sino que sólo pueden introducirse en ellos materiales conductores o aglutinantes más pequeños. Cuando el diámetro promedio es mayor de 100 μm , es difícil soportar los materiales del electrodo, incluyendo el material activo y, por tanto, pueden separarse los materiales.

El colector de corriente poroso puede incluir un material seleccionado de: acero inoxidable, aluminio, níquel, titanio, carbono cocido y cobre; acero inoxidable tratado en superficie con carbono, níquel, titanio o plata; aleación de aluminio y cadmio; polímeros no conductores tratados en superficie con materiales conductores; polímeros no conductores tratados en superficie con metales, tales como aluminio; y polímeros conductores. En particular, se prefiere usar un fieltro de poli(tereftalato de etileno) (PET) chapado con Aluminio con vistas a la flexibilidad.

El grosor del colector de corriente poroso no está particularmente limitado siempre que cumpla con el objeto de realizar un electrodo de alta carga. Por ejemplo, el colector de corriente poroso puede tener un grosor de 100-400 μm , preferiblemente de 100-140 μm . Además, el colector de corriente poroso puede tener una porosidad del 60 % o más, preferiblemente del 70-80 %, con vistas a la flexión del electrodo, es decir, la flexibilidad del electrodo.

Mientras tanto, puede obtenerse la suspensión de material activo usada para cada etapa de recubrimiento del método según la presente divulgación dispersando un material activo en un disolvente, añadiendo opcionalmente un aglutinante o material conductor al mismo y llevando a cabo agitación. Tal como se mencionó anteriormente, la suspensión tiene preferiblemente un contenido de sólidos menor del 50 %.

No existe ninguna limitación particular en el método para preparar la suspensión de material activo, siempre que sea un método usado convencionalmente en la técnica. Por ejemplo, puede usarse un procedimiento de recubrimiento que usa una boquilla ranurada, un procedimiento de recubrimiento con barra de Mayer, un procedimiento de recubrimiento por huecograbado, un procedimiento de recubrimiento por inmersión o un procedimiento de recubrimiento por pulverización.

Cuando el electrodo según la presente divulgación se usa como electrodo positivo, el material activo puede incluir cualquier partícula de material activo seleccionada del grupo que consiste en LiCoO_2 , LiNiO_2 , LiMn_2O_4 , LiCoPO_4 , LiFePO_4 y $\text{LiNi}_{1-x-y-z}\text{Co}_x\text{M}_1\text{M}_2\text{O}_2$ (en la que cada uno de M_1 y M_2 representa independientemente uno cualquiera seleccionado del grupo que consiste en Al, Ni, Co, Fe, Mn, V, Cr, Ti, W, Ta, Mg y Mo, y cada uno de x , y y z representa independientemente la proporción atómica de un elemento que forma un óxido, en la que $0 \leq x < 0,5$, $0 \leq y < 0,5$, $0 \leq z < 0,5$, $0 < x + y + z \leq 1$), o una combinación de dos o más de los mismos. Cuando el electrodo según la presente divulgación se usa como electrodo negativo, el material activo puede incluir una partícula de material activo cualquiera seleccionada de: grafito natural, grafito artificial, materiales carbonosos; óxidos compuestos de titanio que contienen litio (LTO); metales tales como Si, Sn, Li, Zn, Mg, Cd, Ce, Ni o Fe; aleaciones que incluyen tales metales (Me); óxidos (MeOx) de tales metales; y complejos de tales metales (Me) con carbono, o una combinación de dos o más de los mismos.

Los ejemplos particulares del aglutinante pueden incluir diversos polímeros aglutinantes, tales como copolímero de poli(fluoruro de vinilideno)-hexafluoropropileno (PVDF-co-HFP), poli(fluoruro de vinilideno), poli(acrilonitrilo), poli(metacrilato de metilo), poli(alcohol vinílico), carboximetil-celulosa (CMC), almidón, hidroxipropil-celulosa, celulosa regenerada, polivinil-pirrolidona, tetrafluoroetileno, polietileno, polipropileno, poliacrilato, caucho de estireno-butileno (SBR), caucho fluorado- o diversos copolímeros.

El disolvente puede incluir N-metilpirrolidona, acetona, agua o similar.

El material conductor no está particularmente limitado, siempre que tenga conductividad sin provocar ningún cambio químico en la batería correspondiente. Los ejemplos particulares del material conductor incluyen: negro de carbono, tal como negro de carbono, negro de acetileno, negro de Ketjen, negro de canal, negro de horno, negro de lámpara o negro térmico; fibras conductoras, tales como fibras de carbono o fibras de metal; polvo de metal, tal como polvo de fluorocarbono, aluminio o níquel; fibras cortas monocristalinas conductoras, tales como óxido de zinc o titanato de potasio; óxidos de metal, tales como óxido de titanio; materiales conductores, tales como derivados de polifenileno; o similar.

En otro aspecto de la presente divulgación, se proporciona un electrodo flexible obtenido mediante lo descrito anteriormente y que incluye un colector de corriente poroso que tiene una pluralidad de poros y una capa de material activo de electrodo formada en los poros y sobre la superficie del colector de corriente poroso. En el presente documento, el colector de corriente poroso y el electrodo flexible pueden tener una razón de grosor de 1:1,05-1:1,2, en particular 1:1,05-1:1,1, 1:1,05-1:1,08 o 1:1,08-1:1,2. En el presente documento, "grosor del electrodo flexible" significa el grosor total de un electrodo terminado que incluye el colector de corriente poroso y la capa de material activo de electrodo formada en los poros y sobre la superficie del colector de corriente poroso. Según la presente divulgación, los métodos para determinar el grosor de un electrodo no están particularmente limitados. Por ejemplo, puede determinarse el grosor mediante el método tal como se describe en el siguiente ejemplo de ensayo.

Dicho de otro modo, el electrodo flexible según la presente divulgación satisface el intervalo definido anteriormente de razón de grosor del colector de corriente poroso y el electrodo terminado y, por tanto, se le puede dotar de flexibilidad mientras el material activo llena de manera homogénea el colector de corriente poroso que tiene un grosor grande sin dañar el colector de corriente poroso. Cuando la razón de grosor del colector de corriente poroso y el electrodo terminado es menor de 1:1,05, puede alargarse el colector de corriente poroso debido a la etapa de prensado realizada para fabricar el electrodo. Cuando se controla el prensado a un nivel débil después del recubrimiento único para impedir el alargamiento del colector de corriente poroso, el material activo, el material conductor y el colector de corriente pueden estar en un bajo grado de contacto entre sí en los poros del colector de corriente poroso y, por tanto, puede disminuir la capacidad por área unitaria del electrodo. Mientras tanto, cuando la razón de grosor del colector de corriente poroso y el electrodo terminado es mayor de 1:1,2, la capa de recubrimiento del electrodo que tiene un grosor aumentado puede provocar una degradación de la flexibilidad y puede separarse de la superficie del colector de corriente. Además, la capa de recubrimiento del electrodo está a una gran distancia del colector de corriente para provocar un aumento de la resistencia durante el funcionamiento a alta tasa, afectando así negativamente al rendimiento de la batería.

Adicionalmente, en el electrodo flexible según la presente divulgación, los poros presentes en el colector de corriente poroso pueden tener un diámetro promedio de 5-100 μm , la capa de material activo de electrodo llena los poros del colector de corriente poroso, el material activo puede cargarse en una cantidad de 3,0-20,0 mAh/cm^2 , y la totalidad del electrodo, incluyendo el colector de corriente poroso y la capa de material activo de electrodo, puede tener una porosidad del 10-50 %.

Más en particular, la capa de material activo de electrodo incluye múltiples capas de recubrimiento de material activo formadas recubriendo y secando una suspensión de material activo que tiene un bajo contenido de sólidos sobre un colector de corriente poroso al menos dos veces. Así, es posible llenar los poros presentes en el colector de corriente poroso con una cantidad suficiente de material activo, dando como resultado una disminución de la porosidad del electrodo.

Por tanto, la totalidad del electrodo, incluyendo el colector de corriente poroso y el material activo de electrodo, puede tener una porosidad del 10-50 %, preferiblemente del 20-40 %, más preferiblemente del 20-35 % e incluso más preferiblemente del 20-28 %. Los métodos para determinar la porosidad del electrodo no están particularmente limitados. Por ejemplo, puede determinarse usando un método BET (Brunauer-Emmett-Teller) o porosimetría de Hg.

Cuando la totalidad del electrodo tiene una porosidad menor del 10 %, es difícil conseguir un electrodo que tenga una flexibilidad excelente. Cuando la totalidad del electrodo tiene una porosidad mayor del 50 %, el material activo se carga de manera insuficiente, lo que dificulta de ese modo la realización de un electrodo de alta carga. En este caso, es difícil obtener un electrodo que tenga una capacidad por volumen mejorada o una densidad de energía mejorada.

El electrodo flexible que tiene el intervalo de porosidad definido anteriormente según la presente divulgación no sólo tiene una flexibilidad excelente sino que también muestra una alta cantidad de carga de material activo de 3,0-20,0 mAh/cm², preferiblemente 3,0-12,0 mAh/cm² y, por tanto, puede realizar un electrodo de alta carga. Una cantidad de carga de material activo menor de 3,0 mAh/cm² no es suficiente. Por otra parte, cuando la cantidad de carga es mayor de 20,0 mAh/cm², es difícil alcanzar una capacidad sustancial y el rendimiento de la batería puede degradarse durante la carga rápida.

Además, el electrodo flexible según la presente divulgación tiene una flexibilidad excelente tal como se determina mediante un ensayo de flexión usando una barra 15R que tiene un diámetro de 30 mm, en el que el electrodo flexible provoca agrietamiento o separación del material activo cuando se repite la flexión 1.000 veces o más.

En todavía otro aspecto, se proporciona una batería secundaria de litio que incluye el electrodo flexible. En particular, puede obtenerse la batería secundaria de litio inyectando un electrolito en un conjunto de electrodos que incluye un electrodo positivo, un electrodo negativo y un separador interpuesto entre ambos electrodos.

El electrodo flexible según la presente divulgación puede usarse como electrodo positivo y electrodo negativo.

El separador puede ser una película polimérica porosa convencional usada como separador según la técnica relacionada. Por ejemplo, puede usarse sola una película de polímero poroso obtenida usando un polímero a base de poliolefina, homopolímero de etileno, homopolímero de propileno, copolímero de etileno/butano, copolímero de etileno/hexano o copolímero de etileno/metacrilato, o puede usarse una pila de tales polímeros. Además, puede usarse una película delgada aislante que tenga alta permeabilidad iónica y resistencia mecánica. El separador puede incluir un separador reforzado de seguridad (SRS) que incluye un material cerámico recubierto sobre la superficie de un separador hasta un grosor pequeño. Los ejemplos particulares de tal separador incluyen una tela no tejida porosa, tal como una tela no tejida compuesta por fibras de vidrio que tienen un alto punto de fusión o fibras de poli(tereftalato de etileno), pero no se limitan a las mismas.

El electrolito incluye una sal de litio como electrolito y un disolvente orgánico para disolver el electrolito.

Puede usarse cualquier sal de litio sin limitación particular, siempre que se use convencionalmente como electrolito para una batería secundaria. Por ejemplo, la sal de litio puede incluir cualquier anión seleccionado del grupo que consiste en F⁻, Cl⁻, I⁻, NO₃⁻, N(CN)₂⁻, BF₄⁻, ClO₄⁻, PF₆⁻, (CF₃)₂PF₄⁻, (CF₃)₃PF₃⁻, (CF₃)₄PF₂⁻, (CF₃)₅PF⁻, (CF₃)₆P⁻, CF₃SO₃⁻, CF₃CF₂SO₃⁻, (CF₃SO₂)₂N⁻, (FSO₂)₂N⁻, CF₃CF₂(CF₃)₂CO⁻, (CF₃SO₂)₂CH⁻, (SF₅)₃C⁻, (CF₃SO₂)₃C⁻, CF₃(CF₂)₇SO₃⁻, CF₃CO₂⁻, CH₃CO₂⁻, SCN⁻ y (CF₃CF₂SO₂)₂N⁻.

El disolvente orgánico usado para el electrolito no está particularmente limitado, siempre que se use convencionalmente para un electrolito para una batería secundaria. Los ejemplos típicos del disolvente orgánico pueden incluir al menos uno seleccionado del grupo que consiste en carbonato de propileno, carbonato de etileno, carbonato de dietilo, carbonato de dimetilo, carbonato de etilmetilo, carbonato de metilpropilo, carbonato de dipropilo, dimetilsulfóxido, acetonitrilo, dimetoxietano, dietoxietano, carbonato de vinileno, sulfolano, γ-butirolactona, sulfito de propileno y tetrahidrofurano.

En particular, entre los disolventes orgánicos a base de carbonato, se prefieren el carbonato de etileno y el carbonato de propileno, que son carbonatos cíclicos, ya que son disolventes orgánicos que tienen una alta viscosidad y, por tanto, tienen una alta constante dieléctrica y disocian bien la sal de litio en el electrolito. Cuando tal carbonato cíclico se combina con un carbonato lineal, tal como carbonato de dimetilo y carbonato de dietilo, que tiene una baja viscosidad y una baja constante dieléctrica en una razón adecuada, es posible obtener un electrolito que tenga preferiblemente una alta electroconductividad.

Opcionalmente, el electrolito usado según la presente divulgación puede incluir además un aditivo, tal como un agente contra la sobrecarga, usado convencionalmente para un electrolito.

La batería secundaria de litio según la realización de la presente divulgación puede obtenerse colocando un separador entre un electrodo positivo y un electrodo negativo para formar un conjunto de electrodos, introduciendo el conjunto de electrodos en una carcasa de tipo bolsa, una carcasa de batería cilíndrica o una carcasa de batería

prismática, e inyectando un electrolito en la misma. En una variante, puede obtenerse la batería secundaria de litio apilando conjuntos de electrodos, sumergiendo los conjuntos de electrodos apilados en el electrolito e introduciendo la estructura resultante en una carcasa de batería, seguido de sellado.

- 5 Según una realización de la presente divulgación, la batería secundaria de litio puede ser una batería secundaria de litio apilada, enrollada, apilada y plegada o de tipo cable.

10 La batería secundaria de litio según la presente divulgación puede usarse para una celda de batería usada como fuente de alimentación para un dispositivo compacto, y puede usarse preferiblemente como batería unitaria para un módulo de batería de tamaño mediano o grande que incluye una pluralidad de células de batería. Los ejemplos particulares de tales baterías de tamaño mediano o grande incluyen vehículos eléctricos, vehículos híbridos eléctricos, vehículos híbridos eléctricos enchufables, sistemas de almacenamiento de energía, o similares. En particular, la batería secundaria de litio según la presente divulgación puede usarse ventajosamente para vehículos híbridos eléctricos y baterías de almacenamiento de energía renovables que requieren un alto rendimiento.

15 **Modo de divulgación**

Más adelante en el presente documento, se describirá con detalle la presente divulgación con respecto a las realizaciones específicas. Sin embargo, los siguientes ejemplos no pretenden limitar el alcance de la presente invención que se define en las reivindicaciones adjuntas. Resultará evidente que estas realizaciones a modo de ejemplo se proporcionan de modo que los expertos habituales en la técnica puedan completar la presente descripción y comprenderla fácilmente.

25 **Ejemplo 1:**

En primer lugar, se añadieron LiCoO_2 como material activo, negro de carbono como material conductor y poli(fluoruro de vinilideno) (PVdF) como aglutinante a NMP como disolvente en una razón en peso de 94:4:2 para obtener una suspensión de material activo que tenía un contenido de sólidos del 40 %.

30 Mientras tanto, se preparó un colector de corriente de tipo fieltro de PET chapado con Al que tenía un grosor de $120\ \mu\text{m}$ y una porosidad del 70 % en virtud de una pluralidad de poros que tenían un diámetro promedio de $30\ \mu\text{m}$. Luego, sólo se llenaron los poros del colector de corriente con la suspensión de material activo para realizar el primer recubrimiento hasta un grosor correspondiente al del colector de corriente, y se secó la suspensión a $130\ ^\circ\text{C}$ durante 15 minutos para formar una primera capa de recubrimiento de material activo.

35 Se recubrió adicionalmente con la misma suspensión de material activo preparada tal como se describió anteriormente sobre la primera capa de recubrimiento de material activo hasta un grosor correspondiente al 50 % del grosor del colector de corriente, y se secó la suspensión a $130\ ^\circ\text{C}$ durante 15 minutos para formar una segunda capa de recubrimiento de material activo.

40 Luego, se recubrió adicionalmente con la misma suspensión de material activo preparada tal como se describió anteriormente sobre la segunda capa de recubrimiento de material activo hasta un grosor correspondiente al 40 % del grosor del colector de corriente, y se secó la suspensión a $130\ ^\circ\text{C}$ durante 15 minutos para formar una tercera capa de recubrimiento de material activo.

45 Finalmente, se recubrió adicionalmente con la misma suspensión de material activo preparada tal como se describió anteriormente sobre la tercera capa de recubrimiento de material activo hasta un grosor correspondiente al 30 % del grosor del colector de corriente, y se secó la suspensión a $130\ ^\circ\text{C}$ durante 15 minutos para formar una cuarta capa de recubrimiento de material activo. De esta manera, se obtuvo un electrodo flexible que tenía cuatro capas de material activo de electrodo sobre el colector de corriente poroso. El electrodo obtenido tenía un grosor de $130\ \mu\text{m}$ tal como se determinó mediante el método descrito en los siguientes ejemplos de ensayo y la cantidad de carga de material activo fue de $4,5\ \text{mAh/cm}^2$.

50 **Ejemplo 2:**

55 Se llevó a cabo el mismo procedimiento descrito en el ejemplo 1 para obtener un electrodo flexible que tiene cuatro capas de material activo de electrodo, excepto que se usó un horno de vacío (OV-12, JEIO TECH Co.) en las etapas de formación de la segunda capa de recubrimiento de material activo, la tercera capa de recubrimiento de material activo y la cuarta capa de recubrimiento de material activo de modo que se mantuvieron condiciones de presión reducida de $-0,1\ \text{MPa}$ durante 10 minutos. El electrodo obtenido tenía un grosor de $130\ \mu\text{m}$ tal como se determinó mediante el método descrito en los siguientes ejemplos de ensayo y la cantidad de carga de material activo fue de $5\ \text{mAh/cm}^2$.

65

Ejemplo comparativo 1:

En primer lugar, se añadieron LiCoO_2 como material activo, negro de carbono como material conductor y poli(fluoruro de vinilideno) (PVdF) como aglutinante a NMP como disolvente en una razón en peso de 92:4:2 para obtener una suspensión de material activo que tenía un contenido de sólidos del 65 %.

Mientras tanto, se preparó un colector de corriente de tipo fieltro de PET chapado con Al que tenía un grosor de $120\text{ }\mu\text{m}$ y una porosidad del 70 % en virtud de una pluralidad de poros que tenían un diámetro promedio de $30\text{ }\mu\text{m}$. Luego, sólo se llenaron los poros del colector de corriente con la suspensión de material activo para realizar el primer recubrimiento hasta un grosor correspondiente al del colector de corriente, y se secó la suspensión a $130\text{ }^\circ\text{C}$ durante 15 minutos. Después de eso, se llevó a cabo prensado usando una prensa de rodillos para obtener un electrodo. En el presente documento, se llevó a cabo la etapa de prensado controlando la separación entre los rodillos en $120\text{ }\mu\text{m}$, que era menor que el valor de separación usado para el procedimiento de prensado convencional, para impedir que se alargue el colector de corriente poroso. El electrodo flexible obtenido tenía un grosor de $120\text{ }\mu\text{m}$ tal como se determina mediante el método descrito en los siguientes ejemplos de ensayo. Mientras tanto, el electrodo tenía una cantidad de carga de material activo de $2,0\text{ mAh/cm}^2$.

Ejemplo comparativo 2:

En primer lugar, se añadieron LiCoO_2 como material activo, negro de carbono como material conductor y poli(fluoruro de vinilideno) (PVdF) como aglutinante a NMP como disolvente en una razón en peso de 92:4:2 para obtener una suspensión de material activo que tenía un contenido de sólidos del 65 %.

Mientras tanto, se preparó un colector de corriente de tipo fieltro de PET chapado con Al que tenía un grosor de $120\text{ }\mu\text{m}$ y una porosidad del 70 % en virtud de una pluralidad de poros que tenían un diámetro promedio de $30\text{ }\mu\text{m}$. Luego, sólo se llenaron los poros del colector de corriente con la suspensión de material activo para realizar el primer recubrimiento hasta un grosor correspondiente al del colector de corriente, y se secó la suspensión a $130\text{ }^\circ\text{C}$ durante 15 minutos. Después de eso, se llevó a cabo el prensado usando una prensa de rodillos hasta que el electrodo tuvo una porosidad del 30 %. Sin embargo, se alargó y se deformó el colector de corriente poroso durante la etapa de prensado. Además, el material activo se distribuyó de manera no homogénea en el electrodo. Por tanto, fue difícil determinar con precisión la cantidad de carga de material activo por área unitaria.

Ejemplo comparativo 3:

En primer lugar, se añadieron LiCoO_2 como material activo, negro de carbono como material conductor y poli(fluoruro de vinilideno) (PVdF) como aglutinante a NMP como disolvente en una razón en peso de 92:4:2 para obtener una suspensión de material activo que tenía un contenido de sólidos del 65 %.

Se recubrió con la suspensión de material activo sobre un colector de corriente usado convencionalmente para fabricar un electrodo positivo, es decir, una lámina de Al que tiene un grosor de $20\text{ }\mu\text{m}$, hasta un grosor con el que puede lograrse una cantidad de carga objetivo. Luego, se secó la suspensión a $130\text{ }^\circ\text{C}$ durante 15 minutos. Después de eso, se llevó a cabo el prensado usando una prensa de rodillos hasta que el electrodo tuvo una porosidad del 30 %. El electrodo obtenido tenía una cantidad de carga total de $5,0\text{ mAh/cm}^2$.

Ejemplo comparativo 4:

En primer lugar, se añadieron LiCoO_2 como material activo, negro de carbono como material conductor y poli(fluoruro de vinilideno) (PVdF) como aglutinante a NMP como disolvente en una razón en peso de 94:4:2 para obtener una suspensión de material activo que tenía un contenido de sólidos del 65 %.

Mientras tanto, se preparó un colector de corriente de tipo fieltro de PET chapado con Al que tenía un grosor de $70\text{ }\mu\text{m}$ y una porosidad del 70 % en virtud de una pluralidad de poros que tenían un diámetro promedio de $30\text{ }\mu\text{m}$. Luego, se recubrió con la suspensión de material activo sobre el colector de corriente hasta un grosor correspondiente al del colector de corriente, y se secó la suspensión a $130\text{ }^\circ\text{C}$ durante 15 minutos para formar una primera capa de recubrimiento de material activo.

Se recubrió adicionalmente con la misma suspensión de material activo preparada tal como se describió anteriormente sobre la primera capa de recubrimiento de material activo hasta un grosor correspondiente al 60 % del grosor del colector de corriente, y se secó la suspensión a $130\text{ }^\circ\text{C}$ durante 15 minutos para formar una segunda capa de recubrimiento de material activo.

Luego, se recubrió adicionalmente con la misma suspensión de material activo preparada tal como se describió anteriormente sobre la segunda capa de recubrimiento de material activo hasta un grosor correspondiente al 50 % del grosor del colector de corriente, y se secó la suspensión a $130\text{ }^\circ\text{C}$ durante 15 minutos para formar una tercera capa de recubrimiento de material activo. De esta manera se obtuvo un electrodo flexible.

El electrodo obtenido tenía un grosor de $105\text{ }\mu\text{m}$ tal como se determinó mediante el método descrito en los

siguientes ejemplos de ensayo y la cantidad de carga de material activo fue de 5 mAh/cm².

Ejemplo de ensayo 1: Determinación de porosidad y grosor

- 5 La porosidad de cada uno de los electrodos según los ejemplos 1 y 2 y los ejemplos comparativos 1-4 (porosidad de la totalidad del electrodo incluyendo el colector de corriente poroso y la capa de material activo de electrodo) se calculó a partir de la siguiente fórmula. Se muestran los resultados en la siguiente tabla 1.

10 Porosidad = volumen de poros presentes en un electrodo por peso unitario / (volumen específico + volumen de poros por peso unitario), en la que el volumen específico es el volumen ocupado por un objeto que tiene un peso unitario y el número inverso de la densidad.

15 En la fórmula, el volumen de poros era el valor calculado mediante el método BJH, un método de determinación de mesoporos, con BELSORP (aparato de BET) disponible de BEL JAPAN Co.

Además, en cada electrodo, se determinó el grosor total del electrodo, incluyendo el colector de corriente y la capa de material activo de electrodo formada en el interior y sobre la superficie del colector de corriente, usando un sistema de medición de grosor bidimensional (TESA-μ-HITE, TESA/SWISS).

20 Ejemplo de ensayo 2: Ensayo de flexibilidad

Se determinó para cada uno de los electrodos según los ejemplos 1 y 2 y los ejemplos comparativos 1-4, si se produjo o no agrietamiento o separación del material activo cuando se enrolló y flexionó en una barra 15R (diámetro 30 mm) para usar en un ensayo de flexión. En este caso, se repitió la flexión 1.000 veces y se evaluaron los resultados según los siguientes criterios. Se muestran los resultados en la siguiente tabla 1.

<Criterios de evaluación>

30 Buena: se produce agrietamiento o separación del material activo cuando se repite la flexión 1000 veces o más.

Moderada: se produce agrietamiento o separación del material activo cuando se repite la flexión entre 500 veces y menos de 1000 veces.

35 Escasa: se produce agrietamiento o separación del material activo cuando se repite la flexión menos de 500 veces

[Tabla 1]

	Ejemplo 1	Ejemplo 2*	Ej. comp. 1	Ej. comp. 2	Ej. comp. 3	Ej. comp. 4
Uso de colector de corriente poroso	O	O	O	O	X	O
Contenido de sólidos	40 %	40 %	65 %	65 %	65 %	65 %
Prensado	No	No	Sí	Sí	Sí	No
Comparación del grosor del colector de corriente poroso con el del electrodo terminado	120 μm:130 μm (1:1,08)	120 μm:130 μm (1:1,08)	120 μm:120 μm (1:1)	No disponible (se produce alargamiento)	-	70 μm:105 μm (1:1,5)
Porosidad (%)	35	30	70	30	30	40
Cantidad de carga de material activo (mAh/cm ²)	4,5	5	2.0	No disponible	5	5
Flexibilidad	Buena	Buena	Buena	Moderada	Escasa	Escasa
* Se añaden condiciones de presión reducida durante el recubrimiento con la suspensión						

40 Tal como puede observarse a partir de la tabla 1, cada uno de los electrodos que incluye una capa de material activo de electrodo formada sobre un colector de corriente poroso recubriendo repetidamente con una suspensión que tiene un bajo contenido de sólidos según los ejemplos 1 y 2 satisface una baja porosidad del 10-50 % al realizar un electrodo de alta carga y muestra una flexibilidad excelente. En particular, el electrodo según el ejemplo 2 muestra una porosidad más reducida en virtud del uso de condiciones de presión reducida durante la formación de múltiples

capas de recubrimiento para proporcionar una cantidad de carga de material activo más aumentada. Mientras tanto, se obtiene el electrodo según el ejemplo comparativo 1 recubriendo un colector de corriente poroso sólo una vez con una suspensión que tiene un alto contenido de sólidos y realizando un prensado a una presión relativamente baja, lo que garantiza así flexibilidad. Sin embargo, el electrodo según el ejemplo comparativo 1 tiene una porosidad aumentada, lo que hace difícil realizar un electrodo de alta carga.

Se obtuvo el electrodo según el ejemplo comparativo 2 mediante recubrimiento único de una suspensión que tiene un alto contenido de sólidos sobre un colector de corriente poroso y aplicación de alta presión tal como se usa en el procedimiento de prensado convencional y, por tanto, se alargó y se deformó el colector de corriente poroso y no pudo tolerar el esfuerzo cuando se le aplicó flexión al mismo.

Se obtuvo el electrodo según el ejemplo comparativo 3 usando un colector de corriente de lámina de Al según el método convencional. Por tanto, aunque se controlaba la porosidad mediante el procedimiento de prensado, el electrodo no pudo tolerar el esfuerzo cuando se le aplicó flexión y no pudo satisfacer la flexibilidad.

Además, se obtuvo el electrodo según el ejemplo comparativo 4 usando una suspensión que tenía un alto contenido de sólidos y una razón de grosor del colector de corriente poroso y el electrodo terminado mayor de 1:1,2. Por tanto, dicho grosor aumentado de la capa de recubrimiento del electrodo proporciona una escasa flexibilidad. Como resultado, se separó la capa de recubrimiento del electrodo de la superficie del colector de corriente.

Ejemplo de ensayo 3: Ensayo de capacidad de descarga

Se troqueló cada uno de los electrodos según el ejemplo 2 y el ejemplo comparativo 1 y se usaron como electrodo positivo. Se interpuso un separador de polietileno entre el electrodo positivo y un electrodo de litio, un contraelectrodo del electrodo positivo. Luego, se inyectó un electrolito que contenía LiPF_6 1 M disuelto en un disolvente mixto que incluía carbonato de etileno (EC) y carbonato de etilmetilo en una razón en volumen de 50:50 para obtener una media celda de tipo botón.

La media celda obtenida se cargó en condiciones de corriente constante (CC) a una tasa de 0,2 C hasta que la tensión alcanzó 4,45 V. A continuación, mientras se mantenían 4,45 V en modo de tensión constante (CV), se cortó la media celda a una tasa de 0,05 C. Después de dejar en reposo la media celda durante 10 minutos, se descargó en condiciones de corriente constante (CC) a una tasa de 0,2 C y se cortó a 3 V. Luego, se midió la capacidad de la batería. Se muestran los resultados en la siguiente tabla 2 y en la figura 3a y la figura 3b.

[Tabla 2]

	Ejemplo 2	Ejemplo comparativo 1
Capacidad de descarga (mAh/g)	175	130

Tal como puede observarse en la tabla 2 y la figura 3a y la figura 3b, la media celda que incluye el electrodo según el ejemplo 2 muestra una mayor capacidad de descarga en comparación con el ejemplo comparativo 1. Dicho de otro modo, el ejemplo comparativo 1 muestra una capacidad menor que la capacidad diseñada (175 mAh/g). Se cree que esto se debe a que se controla el prensado a un nivel débil para impedir el alargamiento del colector de corriente poroso durante el prensado del electrodo y, por tanto, el material activo, el material conductor y el colector de corriente están en contacto ligeramente débil entre sí en los poros del colector de corriente poroso, lo que da como resultado una disminución de la capacidad por área unitaria del electrodo.

Ejemplo de ensayo 4: ensayo de tasa C

Para evaluar el rendimiento de una batería dependiendo de la razón de un colector de corriente poroso y un electrodo terminado, se usó cada uno de los electrodos según el ejemplo 2 y el ejemplo comparativo 4 para obtener una media celda de tipo botón de la misma manera tal como se describe en el ejemplo de ensayo 3, y se cargó y descargó la media celda. La tasa de C de cada media celda se muestra en la figura 4.

Tal como puede observarse en la figura 4, aunque los electrodos según el ejemplo 2 y el ejemplo comparativo 4 tienen la misma cantidad de carga, la media celda que usa el electrodo satisface una razón de grosor de un colector de corriente poroso y un electrodo terminado dentro de un intervalo de 1:1,05-1: 1.2 muestra una mayor tasa de C, en comparación con la media celda que usa el electrodo en la que la razón de grosor no está dentro del intervalo definido anteriormente (razón de grosor 1:5) según el ejemplo comparativo 4.

REIVINDICACIONES

1. Electrodo flexible que comprende un colector de corriente poroso que tiene una pluralidad de poros y una capa de material activo de electrodo formada en los poros y sobre la superficie del colector de corriente poroso, en el que el colector de corriente poroso y el electrodo flexible tienen una razón de grosor de 1:1,05-1:1,2, y en el que la totalidad del electrodo, incluyendo el colector de corriente poroso y la capa de material activo de electrodo, tiene una porosidad del 10-50 %, en el que

5

10

Porosidad = volumen de poros presentes en el electrodo por peso unitario/(volumen específico + volumen de poros por peso unitario), en el que el volumen específico es el volumen ocupado por un objeto que tiene un peso unitario y el número inverso de la densidad y el volumen de poros se calcula mediante el método BJH.
2. Electrodo flexible según la reivindicación 1, en el que el colector de corriente poroso y el electrodo flexible tienen una razón de grosor de 1:1,05 - 1:1,1.

15
3. Electrodo flexible según la reivindicación 1, en el que los poros presentes en el colector de corriente poroso tienen un diámetro promedio de 5-100 μm ,

20

la capa de material activo de electrodo llena los poros del colector de corriente poroso y el material activo se carga en una cantidad de 3,0-20,0 mAh/cm².
4. Electrodo flexible según la reivindicación 1, en el que la totalidad del electrodo, incluyendo el colector de corriente poroso y la capa de material activo de electrodo, tiene una porosidad del 20-40 %.

25
5. Batería secundaria de litio que comprende el electrodo flexible según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4.

FIG. 1

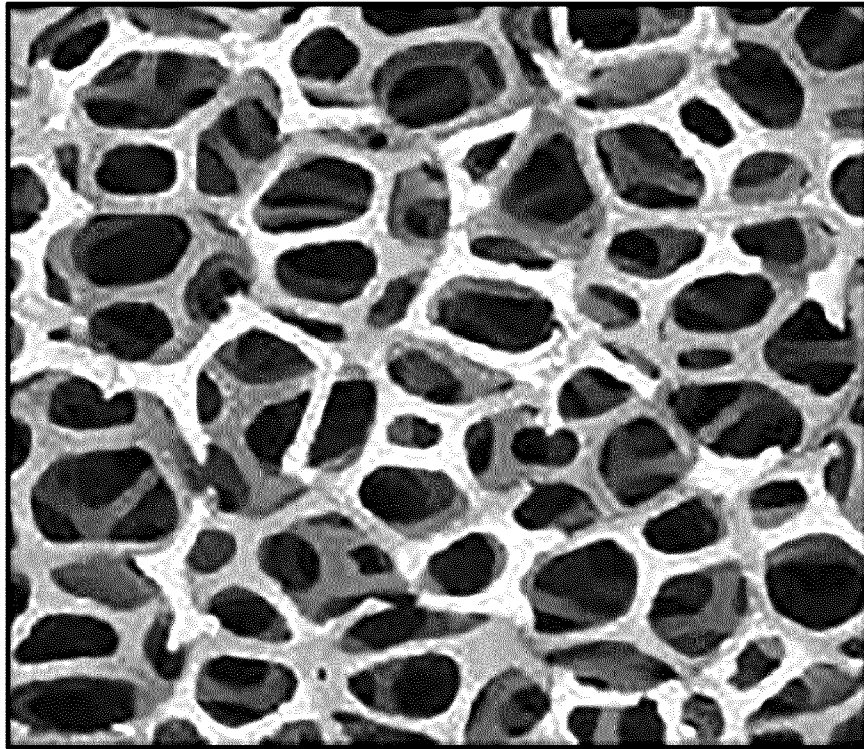


FIG. 2

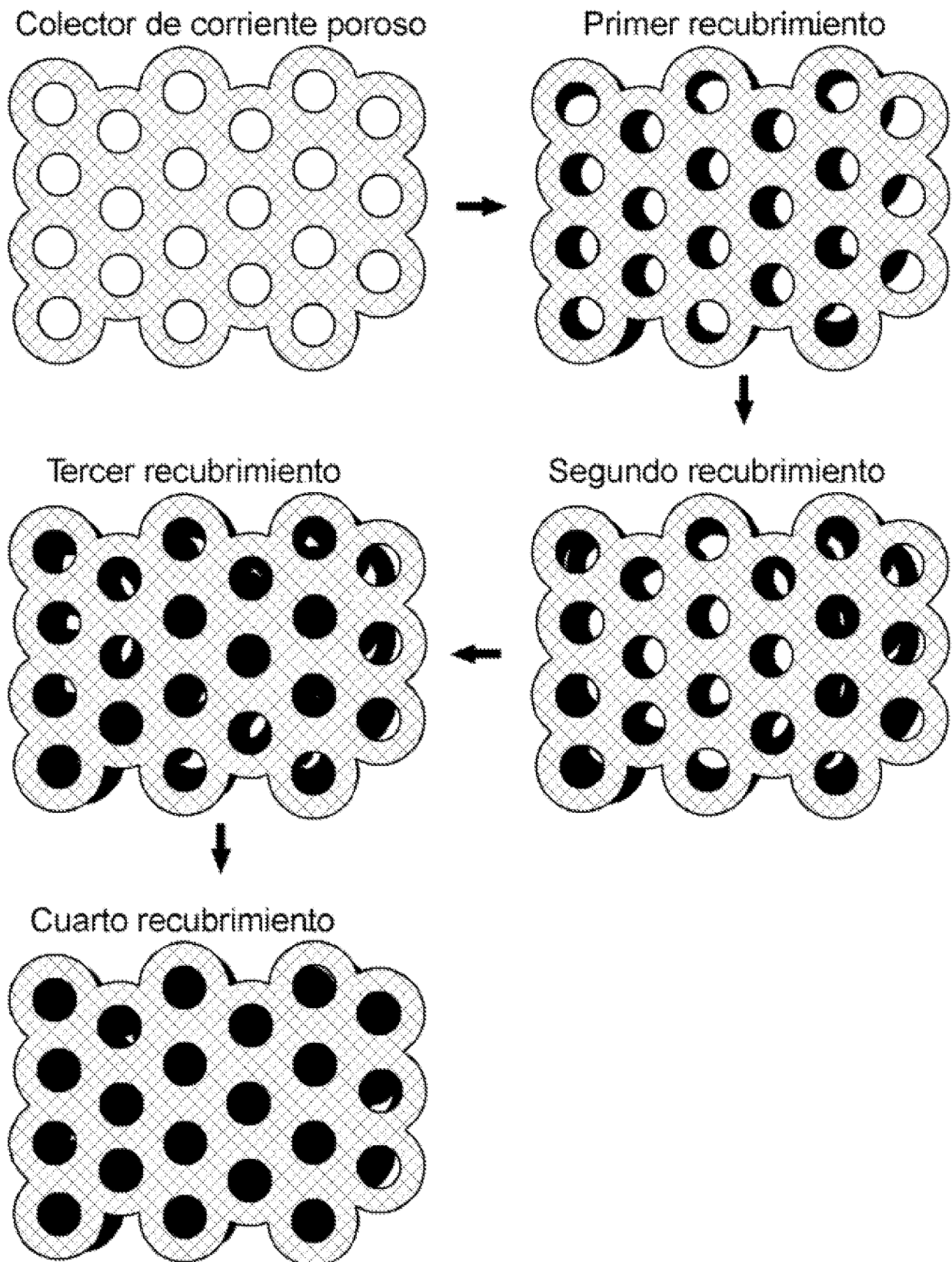


FIG. 3a

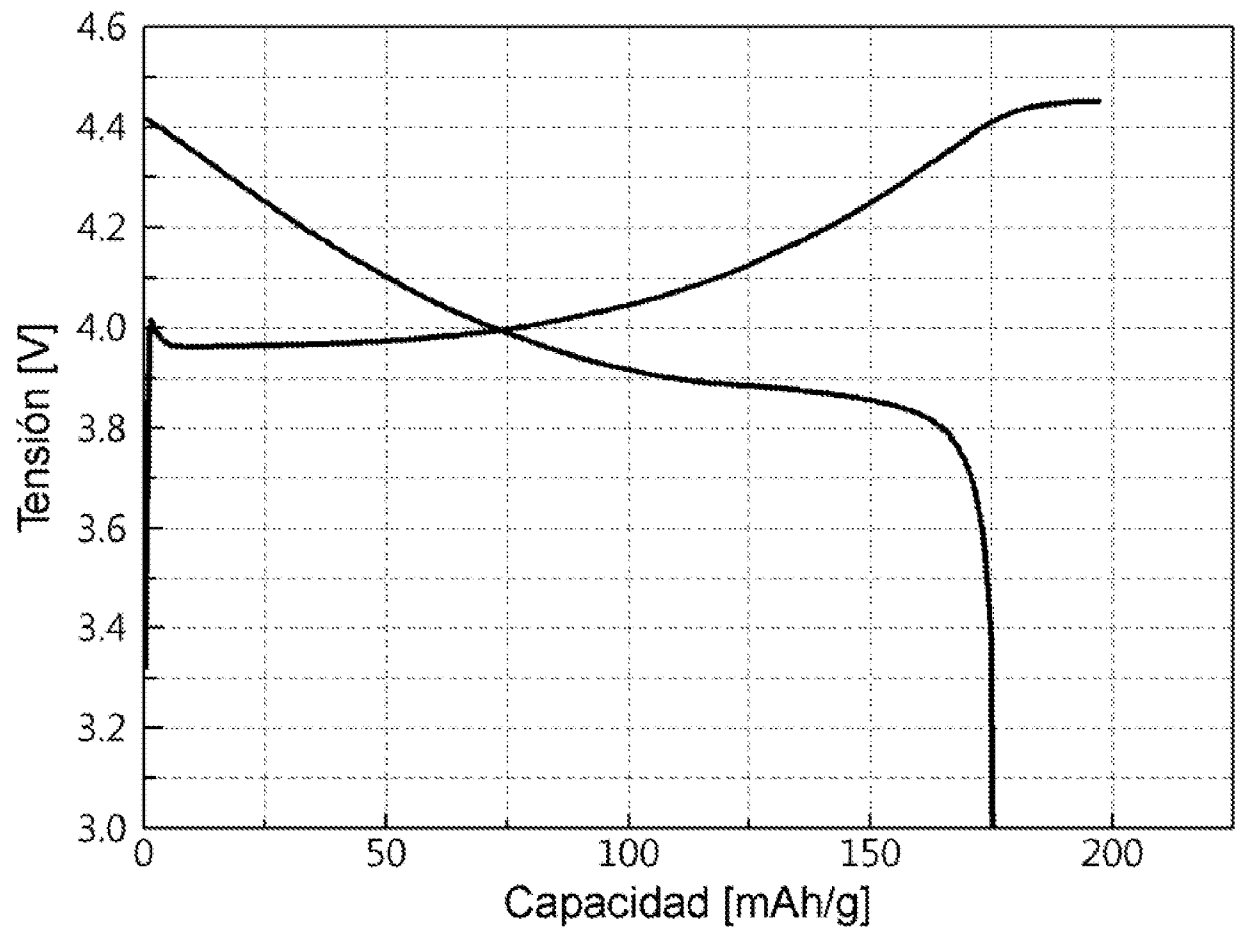


FIG. 3b

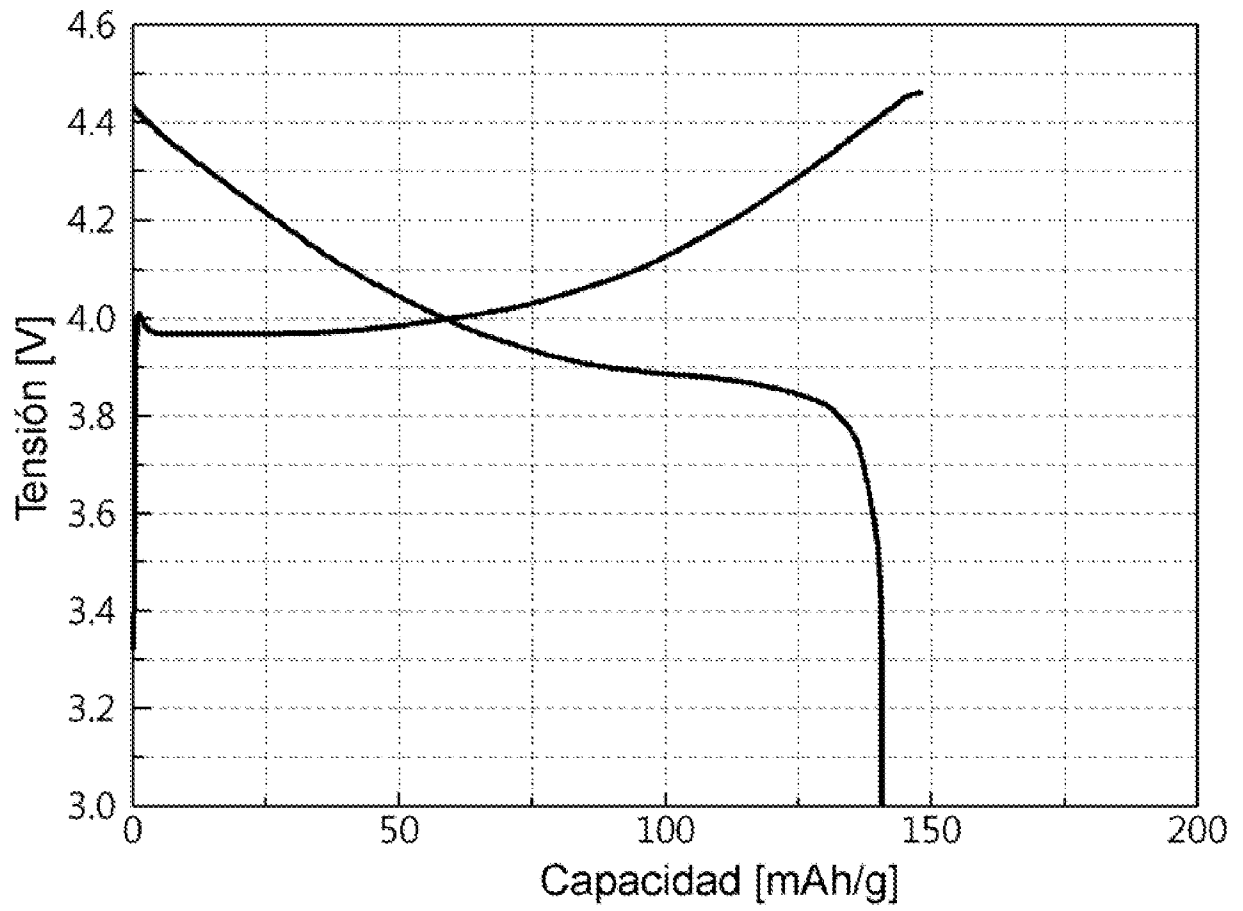


FIG. 4

