

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 870 680**

51 Int. Cl.:

H01M 10/052 (2010.01)

H01M 10/0525 (2010.01)

H01M 10/0585 (2010.01)

H01M 10/42 (2006.01)

H01M 4/04 (2006.01)

H01M 4/13 (2010.01)

H01M 4/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.06.2019** **E 19182973 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.05.2021** **EP 3588656**

54 Título: **Placa de electrodo negativo, método de preparación de la misma y dispositivo electroquímico**

30 Prioridad:

29.06.2018 CN 201810712570

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.10.2021

73 Titular/es:

**CONTEMPORARY AMPEREX TECHNOLOGY CO.,
LIMITED (100.0%)
No. 2, Xin'gang Road, Zhangwan Town
Jiaocheng District, Ningde City, Fujian 352100, CN**

72 Inventor/es:

**SHENG, CHANGLIANG;
HUANG, HUAFENG y
HUANG, QISEN**

74 Agente/Representante:

IZQUIERDO BLANCO, María Alicia

ES 2 870 680 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

Placa de electrodo negativo, método de preparación de la misma y dispositivo electroquímico

5 CAMPO TÉCNICO

[0001] La invención pertenece al campo técnico de dispositivos de almacenamiento de energía, en particular se refiere a una placa de electrodo negativo, un método de preparación de la misma y un dispositivo electroquímico.

10 ANTECEDENTES

[0002] Dispositivo electroquímico, que puede convertir la energía química en energía eléctrica, tiene ventajas que incluyen voltaje estable y la corriente, un rendimiento fiable, estructura sencilla y es fácil de llevar. Se ha convertido en la principal fuente de energía para diversos productos electrónicos de consumo y productos eléctricos, y se utiliza ampliamente en todos los aspectos de la producción y la vida de la humanidad. En los últimos años, el mercado ha exigido cada vez más el rendimiento del ciclo y el rendimiento de seguridad de los dispositivos electroquímicos.

[0003] Sin embargo, en los dispositivos electroquímicos existentes, hay muchas reacciones laterales entre el electrolito y la interfaz de electrodo negativo durante el proceso de ciclo, que causa la descomposición del electrolito y la producción de gas, deteriorando de este modo el rendimiento de seguridad de los dispositivos electroquímicos y consumiendo continuamente el catión de electrolito en electrodo negativo. La capacidad irreversible del dispositivo electroquímico aumenta continuamente, lo que resulta en un rápido deterioro del ciclo de vida. Además, el bajo rendimiento de transmisión del catión electrolítico en el electrodo negativo también provoca la formación de dendritas metálicas en la interfaz del electrodo negativo, lo que induce fácilmente un cortocircuito en el dispositivo electroquímico y deteriora aún más el rendimiento de seguridad del dispositivo electroquímico.

[0004] Kevin Leung et al. en Physical Chemistry Chemical Physics (DOI: 10.1039/b925853a) describe simulaciones de dinámica molecular ab initio de las etapas iniciales de la formación de interfase de electrolitos sólidos en ánodos gráficos de baterías de iones de litio, y describe particularmente baterías de iones de litio que tienen un material activo de ánodo de grafito está recubierto con una capa SEI que tiene un espesor de 30-50 nm y que comprende Li₂CO₃. Sin embargo, tales baterías de iones de litio que comprenden una capa SEI no pueden satisfacer las crecientes demandas sobre el rendimiento del ciclo y el rendimiento de seguridad de los dispositivos electroquímicos.

[0005] El documento US2009-0280410 A1 describe un método para preparar un material multicapa basado en litio activo, depositando una película de litio activo sobre una capa protectora a una velocidad suficiente para que sustancialmente no se produzca oxidación del litio, y/o durante un tiempo suficiente para que se desarrolle la adhesión del litio después del contacto con la capa protectora.

[0006] El documento US2013-0177808 A1 describe un protector de ánodo de una batería de iones de litio y se proporciona un método para fabricar el mismo. Se forma un protector de pasivación en la superficie de un ánodo de antemano mediante la deposición de película, como la deposición de capa atómica (ALD). El protector de pasivación está compuesto por un óxido metálico que tiene estructuras tridimensionales, como estructuras columnares.

[0007] El documento JP-2009-164014 A describe un electrodo positivo para una batería secundaria de electrolito no acuoso, que evita que se produzca la concentración de corriente en el momento de la carga y descarga de una batería y que evita el daño de un separador.

SUMARIO

[0008] La aplicación proporciona una placa de electrodo negativo, un método de preparación del mismo y un dispositivo electroquímico según se define en las reivindicaciones adjuntas, para mejorar el rendimiento de seguridad y el rendimiento del ciclo de dispositivo electroquímico.

[0009] El primer aspecto de la aplicación proporciona una placa de electrodo negativo, que comprende: un colector de corriente negativo; una capa de material activo negativo dispuesta sobre al menos una superficie del colector de corriente negativa, comprendiendo la capa de material activo negativo una primera superficie y una segunda superficie opuestas, en donde la primera superficie está dispuesta lejos del colector de corriente negativa; y una capa dieléctrica inorgánica que consta de un material dieléctrico inorgánico dispuesto sobre la primera superficie de la capa de material activo negativo, en donde la capa dieléctrica inorgánica comprende una primera capa dieléctrica sobre una superficie exterior de la capa de material activo negativo, y la primera capa dieléctrica tiene un espesor de 30 nm a 1000 nm y tiene una grieta que se extiende a través del espesor de la primera capa dieléctrica; y en donde la fisura tiene una anchura de 0,05 μm a 6 μm y una relación longitud-anchura de 50 o más.

[0010] El segundo aspecto de la solicitud proporciona un método para la preparación de una placa de electrodo negativo que comprende las etapas de: disponer una capa de material activo negativo en al menos una superficie de un colector de corriente negativo; depositar un material dieléctrico inorgánico sobre una superficie de la capa de material activo

negativo alejada del colector de corriente negativa por deposición de vapor, para obtener una capa dieléctrica inorgánica inicial que incluye una primera capa dieléctrica inicial sobre una superficie exterior de la capa de material activo negativo; aplicar presión a la primera capa dieléctrica inicial para formar una grieta que se extiende a través del espesor de la primera capa dieléctrica inicial para obtener una primera capa dieléctrica como una capa dieléctrica inorgánica, en donde la primera capa dieléctrica tiene un espesor de 30 nm a 1000 nm; y en donde la fisura tiene un ancho de 0,05 μm a 6 μm , y una relación longitud-anchura de 50 o más.

[0011] El tercer aspecto de la aplicación proporciona un dispositivo electroquímico, que comprende una placa de electrodo positivo, una placa de electrodo negativo, un separador y un electrolito, en donde la placa de electrodo negativo es la placa de electrodo negativo de acuerdo con el primer aspecto de la aplicación.

[0012] En comparación con la técnica anterior existente, la aplicación tiene al menos los siguientes efectos beneficiosos:

[0013] Debido a la capa dieléctrica inorgánica dispuesta entre la capa de material activo negativo y el separador y la formación de grietas en la capa dieléctrica inorgánica, la placa de electrodo negativo de la aplicación puede estabilizar la interfaz del electrodo negativo y reducir las reacciones secundarias entre el electrolito y la interfaz del electrodo negativo, inhibir la producción de gas y evitar un aumento de la capacidad irreversible. La placa del electrodo negativo de la aplicación también puede aumentar la humectación y la retención del electrolito en la placa del electrodo negativo, así como la permeabilidad de los iones, mejorar el rendimiento cinético del dispositivo electroquímico, inhibir la precipitación del metal reducido del catión electrolito en el electrodo negativo, y evitar el cortocircuito en el dispositivo electroquímico. Por lo tanto, el dispositivo electroquímico tiene simultáneamente un rendimiento de seguridad y un rendimiento de ciclo excelentes, y un rendimiento mejorado a alta temperatura.

[0014] Además, la placa de electrodo negativo de la aplicación puede inhibir significativamente el aumento de resistencia de corriente directa durante el ciclo de almacenamiento y proceso de dispositivo electroquímico, reduciendo de este modo los efectos térmicos, reduciendo polarización y mejorando el rendimiento de la frecuencia.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0015] Con el fin de mostrar más claramente las soluciones técnicas en las realizaciones de la aplicación, las cifras utilizadas en las realizaciones de la solicitud serán brevemente descritas a continuación. Una persona experta en la técnica puede obtener además otros dibujos a partir de estas figuras, sin ningún trabajo creativo.

FIG. 1 muestra una vista esquemática de la estructura de una placa de electrodo negativo proporcionada por una realización de la aplicación.

FIG. 2 muestra una vista esquemática de la estructura de una placa de electrodo negativo proporcionada por otra realización de la aplicación.

FIG. 3 muestra una vista esquemática de grietas.

FIG. 4 muestra una vista esquemática de la estructura de una placa de electrodo negativo proporcionada por otra realización más de la aplicación.

FIG. 5 es una vista ampliada del área I de la FIG. 4.

FIG. 6 muestra una vista esquemática de la estructura de una placa de electrodo negativo proporcionada por otra realización más de la aplicación.

FIG. 7 es una vista ampliada del área II de la FIG. 6.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0016] Con el fin de hacer más evidentes el objeto, las soluciones técnicas y los efectos técnicos beneficiosos de la presente divulgación, de aquí en adelante en combinación con ejemplos, la presente divulgación se describe adicionalmente en detalle. Debe entenderse que los ejemplos de la presente divulgación son solo para explicar la presente divulgación y no pretenden limitar la presente divulgación.

[0017] En aras de la brevedad, sólo ciertos intervalos se describen explícitamente en este documento. Sin embargo, los rangos desde cualquier límite inferior pueden combinarse con cualquier límite superior para recitar un rango no recitado explícitamente; los rangos desde cualquier límite inferior pueden combinarse con cualquier otro límite inferior para recitar un rango no recitado explícitamente; y de la misma manera, los rangos desde cualquier límite superior pueden combinarse con cualquier otro límite superior para recitar un rango no mencionado explícitamente. Además, dentro de un rango incluye todos los puntos o valores individuales entre sus puntos finales, aunque no se reciten explícitamente. Así, cada punto o valor individual puede servir como su propio límite inferior o superior combinado con cualquier otro punto o valor individual o cualquier otro límite inferior o superior, para recitar un rango no explícitamente mencionado.

[0018] En la descripción en el presente documento, es de notar que, a menos se indique lo contrario, los términos "arriba" y "abajo" son inclusive del caso en que es igual a y la palabra "más" en el fragmento "uno o más" significa dos o más.

[0019] El contenido de la descripción anterior no pretende describir todos y cada ejemplo o realización descritos en este documento. A continuación se describirán más realizaciones ejemplares con más detalle a modo de ejemplos. En una pluralidad de lugares a lo largo de la presente descripción, se proporciona una serie de ejemplos para enseñar, y estos ejemplos se pueden combinar de cualquier manera, si es posible. En cada ejemplo, la ejemplificación es solo para fines ilustrativos y no debe interpretarse como una enumeración.

Placa de electrodo negativo

[0020] Haciendo referencia a las FIGS. 1 y 2, el primer aspecto de una realización de la solicitud proporciona una placa de electrodo negativo 10, que comprende un colector de corriente negativa 11, una capa de material activo negativo 12 y una capa dieléctrica inorgánica 13 que se proporcionan apiladas.

[0021] El colector de corriente negativa 11 incluye dos superficies opuestas a lo largo de su dirección de espesor. La capa 12 de material activo negativo puede estar dispuesta en cualquiera de las dos superficies (como se muestra en la FIG. 1) o puede estar dispuesta en ambas superficies respectivamente (como se muestra en la FIG. 2). La capa 12 de material activo negativo incluye una primera superficie 121 opuesta y una segunda superficie 122 a lo largo de la dirección del espesor de la misma, en donde la primera superficie 121 está dispuesta lejos del colector de corriente negativa 11, y la segunda superficie 122 está dispuesta hacia el colector de corriente negativa 11. La capa 12 de material activo negativo comprende material activo negativo y tiene un gran número de poros 123 en su interior. La desintercalación/intercalación reversible de cationes electrolíticos puede llevarse a cabo durante el funcionamiento. El colector de corriente negativa 11 se utiliza para la recogida y salida de corriente.

[0022] La capa dieléctrica inorgánica 13 está dispuesta sobre la primera superficie 121 de la capa de material activo negativo 12 y consiste en un material dieléctrico inorgánico. La capa dieléctrica inorgánica 13 comprende una primera capa dieléctrica 131 fuera de la capa de material activo negativo 12. La primera capa dieléctrica 131 tiene un espesor T de 30 nm a 1000 nm. Además, con referencia a la FIG. 3, la primera capa dieléctrica 131 tiene una grieta 1311. Específicamente, la primera capa dieléctrica 131 tiene dos superficies opuestas a lo largo de su dirección de espesor, y la grieta 1311 penetra en las dos superficies.

[0023] Se puede entender que, aunque la grieta 1311 en la FIG. 3 se extiende sustancialmente uniformemente a lo largo de la dirección longitudinal de la primera capa dieléctrica 131, en otras realizaciones, la dirección de la grieta 1311 en la primera capa dieléctrica 131 puede ser inconsistente. Pueden estar en cualquier dirección.

[0024] En la placa de electrodo negativo 10 proporcionada por una realización de la aplicación, debido a la presencia de la capa dieléctrica inorgánica 13 que comprende la grieta 1311 en la superficie de la capa de material activo negativo 12 orientada fuera del colector de corriente negativa 11 y en la superficie que mira hacia el electrodo positivo, la capa dieléctrica inorgánica 13 puede aislar el electrolito y el material activo negativo. Además, debido a su propiedad dieléctrica, la capa dieléctrica inorgánica 13 puede lograr el efecto de estabilizar la interfaz del electrodo negativo, reduciendo así en gran medida la reacción secundaria entre el electrolito y la interfaz del electrodo negativo. Incluso en condiciones de alta temperatura y carga rápida, también puede controlar eficazmente la reacción secundaria entre el electrolito y la interfaz del electrodo negativo, inhibir la producción de gas y suprimir eficazmente el aumento de la capacidad irreversible, mejorando así el rendimiento de seguridad, el rendimiento del ciclo y el rendimiento de alta temperatura del dispositivo electroquímico. En particular, da como resultado un dispositivo electroquímico que tiene un alto rendimiento de seguridad y rendimiento de ciclo en un amplio rango de temperaturas.

[0025] La capa dieléctrica inorgánica 13 tiene una estructura porosa interior, formando un gran número de canales de migración de iones. La capa dieléctrica inorgánica 13 tiene un gran número de grupos polares en la superficie del material y tiene una buena propiedad de conductividad iónica. Además, la capa dieléctrica inorgánica 13 tiene una grieta 1311, que proporciona canales abiertos y aumenta el área de la superficie de contacto entre el electrolito y la placa del electrodo, estabilizando así la interfaz del electrodo negativo y, mientras tanto, aumentando la humectación y retención del electrolito en la placa del electrodo negativo, y mejorando la permeabilidad iónica de la placa de electrodo negativo. En el caso de carga y descarga a alta corriente, también puede facilitar la intercalación y desintercalación de cationes electrolíticos para garantizar un buen rendimiento cinético del dispositivo electroquímico. Por lo tanto, la aplicación puede controlar eficazmente el problema de la precipitación del metal reducido de los cationes electrolíticos en la superficie del electrodo negativo, evitar cortocircuitos en el dispositivo electroquímico y mejorar aún más el rendimiento de seguridad y el rendimiento del ciclo. Además, es ventajoso para reducir la resistencia de la interfaz y mejorar la utilización de material activo negativo, mejorando así la capacidad y el rendimiento de velocidad del dispositivo electroquímico.

[0026] La capa dieléctrica inorgánica 13 también puede inhibir significativamente el aumento de resistencia directa actual (DCR) durante el ciclo y el almacenamiento de dispositivo electroquímico, reduciendo de este modo los efectos térmicos, lo que reduce la polarización, y la mejora de la capacidad y rendimiento de velocidad.

[0027] Además, puesto que la capa dieléctrica inorgánica 13 no contiene un aglutinante, la capa dieléctrica inorgánica 13 no se enlaza a la capa de material activo negativo 12 mediante un aglutinante, por lo que el rendimiento de la seguridad, el rendimiento del ciclo y el rendimiento de alta temperatura del dispositivo electroquímico se puede mejorar mejor. También puede evitar el desprendimiento de la capa dieléctrica inorgánica 13 de la superficie de la capa de material activo negativo 12, lo que puede ocurrir debido al hinchamiento y falla del aglutinante durante el ciclo y el proceso de almacenamiento.

[0028] Además, puesto que el espesor de la capa dieléctrica inorgánica 13 es nanoescala, el volumen y el peso de la placa de electrodo negativo apenas se han cambiado, y la densidad de energía del dispositivo electroquímico no se baja.

[0029] Por lo tanto, la placa de electrodo negativo proporcionada por la aplicación puede proporcionar un dispositivo electroquímico con un excelente rendimiento electroquímico general.

[0030] Además, el espesor T de la primera capa dieléctrica 131 puede tener un límite superior de 1000 nm, 990nm, 950nm, 900 nm, 850 nm, 800 nm, 750 nm, 720nm, 700nm, 680nm, 650nm, 600nm, 550nm, 500nm, 490nm, 450nm, 430nm, 400nm, 380nm, 350nm, 300nm, 280nm, 250nm, 200nm; el espesor T puede tener un límite inferior de 30 nm, 35 nm, 40 nm, 45 nm, 50 nm, 55 nm, 60 nm, 65 nm, 70 nm, 75 nm, 80 nm, 85 nm, 90 nm, 95 nm, 100 nm, 110 nm, 120 nm, 130 nm, 140 nm, 150 nm, 160 nm, 170 nm, 180 nm, 190 nm. El espesor T de la primera capa dieléctrica 131 puede ser cualquier valor entre los límites superior e inferior anteriores. El espesor T de la primera capa dieléctrica 131 es preferiblemente de 50 nm a 600 nm, más preferiblemente de 100 nm a 500 nm, que puede ejercer mejor los efectos anteriores de la capa dieléctrica inorgánica 13 y puede ser ventajoso para mejorar la densidad de energía de masa y densidad de energía volumétrica del dispositivo electroquímico.

[0031] La relación C_r/T de capacidad reversible C_r por 1540 mm² área de la placa de electrodo negativo 10 con el grosor T de la primera capa dieléctrica 131 es preferiblemente de 0,02 mAh/nm a 2 mAh/nm. Esto es ventajoso para asegurar que los efectos anteriores de la capa dieléctrica inorgánica 13 puedan exhibirse eficazmente cuando la placa de electrodo negativo 10 está hecha de varios materiales activos negativos, mejorando así el rendimiento de seguridad, el rendimiento del ciclo y el rendimiento a alta temperatura del dispositivo electroquímico.

[0032] Aquí, la capacidad reversible C_r por 1540 mm² área de la placa de electrodo negativo 10 significa la capacidad reversible que es poseída por la placa de electrodo negativo 10 por 1540 mm² área, y se pueden ensayar por el siguiente procedimiento: corte de la placa de electrodo negativo de 1540 mm² de área, y preparar la pieza de metal de litio que tiene la misma área que un contraelectrodo, ensamblar en una batería tipo botón y luego realizar la prueba de carga y descarga para obtener la capacidad reversible de la placa de electrodo negativo de 1540 mm² de área, es decir, la capacidad reversible C_r por 1540 mm² área de la placa de electrodo negativo 10.

[0033] La grieta 1311 tiene una anchura de 0,05 μm a 6 μm, y una relación longitud-anchura de 50 o más. Esto puede garantizar el rendimiento de transmisión de los cationes electrolíticos mientras se estabiliza la interfaz del electrodo negativo y se suprime la producción de gas, de modo que la placa 10 del electrodo negativo tiene un rendimiento cinético y una estabilidad química excelentes. También puede mejorar la unión entre la capa dieléctrica inorgánica 13 y la capa de material activo negativo 12. Incluso cuando la capa de material activo negativo 12 y la capa dieléctrica inorgánica 13 se expanden de manera diferente con grados variables en condiciones tales como sobreenfriamiento o sobrecalentamiento, la tensión de la capa dieléctrica inorgánica 13 todavía se puede liberar eficazmente, evitando así que se despreque la capa dieléctrica inorgánica 13 de la capa 12 de material activo negativo y mejorando la estabilidad. Además, la grieta 1311 tiene una anchura de 0,5 μm a 6 μm, por ejemplo, de 3 μm a 6 μm.

[0034] La primera capa dieléctrica 131 puede tener una cobertura en la primera superficie 121 de la capa de material activo negativo 12 de 70% a 95%, por ejemplo del 80% al 90%, por lo que la placa de electrodo negativo 10 tiene tanto alto rendimiento cinético como estabilidad.

[0035] Además, haciendo referencia a la FIG. 4 a 7, la capa dieléctrica inorgánica 13 también puede comprender una segunda capa dieléctrica 132, dispuesta en la pared interna de al menos una porción de poros dentro de la capa 12 de material activo negativo, y la segunda capa dieléctrica se extiende en una dirección desde la primera superficie hasta la segunda superficie de la capa 12 de material activo negativo. La segunda capa dieléctrica 132 tiene una estructura porosa en el interior. Esto es beneficioso para mejorar la estabilidad de la interfaz del electrodo negativo y reducir la reacción secundaria entre el electrolito y el material activo negativo, suprimiendo así eficazmente la producción de gas del dispositivo electroquímico. Esto también puede mejorar la humectación y retención del electrolito en la placa de electrodo negativo 10, mejorando así aún más el rendimiento de seguridad y el rendimiento del ciclo del dispositivo electroquímico, y mejorando la capacidad y el rendimiento de velocidad del dispositivo electroquímico.

[0036] Preferiblemente, la relación H/D de la profundidad H de la segunda capa dieléctrica 132 que se extiende en la dirección desde la primera superficie 121 a la segunda superficie de la capa de material activo negativo 12 con el espesor D de la capa de material activo negativo 12 es de 1/1000 a 1/10. Esto es beneficioso para mejorar la estabilidad de la interfaz del electrodo negativo, mejorar la humectación y retención del electrolito en la placa del electrodo negativo 10 y, mientras tanto, asegurar las conductividades eléctricas de iones y electrones, mejorando así el rendimiento electroquímico del dispositivo electroquímico.

[0037] En algunas realizaciones, la segunda capa dieléctrica 132 tiene un espesor d de $0 < d \leq 500$ nm, por ejemplo $10 \text{ nm} \leq d \leq 500$ nm, aún más, por ejemplo $10 \text{ nm} \leq d \leq 100$ nm.

[0038] Preferiblemente, la segunda capa dieléctrica 132 tiene un espesor d que muestra una disminución de gradiente en una dirección desde la primera superficie 121 a la segunda superficie 122. Como resultado, el interior de la placa de electrodo negativo 10 tiene un diámetro de poro relativamente grande y una porosidad relativamente alta, y el diámetro de los poros y la porosidad disminuyen gradualmente desde el interior hacia el exterior. El diámetro de poro es pequeño y la porosidad es baja en la primera superficie 121. Esto es ventajoso para mejorar la humectación y retención del electrolito en la placa de electrodo negativo 10, mejorando así el rendimiento de seguridad y el rendimiento de ciclo del dispositivo electroquímico.

[0039] Preferiblemente, la placa de electrodo negativo 10 de la aplicación tiene una densidad compacta de desde $1,2 \text{ g/cm}^3$ a $2,0 \text{ g/cm}^3$, y una porosidad de preferiblemente de 25% a 55%. La placa de electrodo negativo 10 tiene una interfaz de electrodo negativo estable y alta conductividad de iones y electrones, de modo que el dispositivo electroquímico tiene un alto rendimiento de seguridad y rendimiento de ciclo.

[0040] La densidad compacta C de la placa de electrodo negativo 10 puede calcularse mediante la ecuación $C = (m \times w) / (A_n \times \delta)$, donde m es la masa de la capa de material activo negativo, w es la fracción de masa del material activo negativo en la capa de material activo negativo, A_n es el área de la capa de material activo negativo, y δ es el espesor de la capa de material negativo activo.

[0041] La porosidad de la placa de electrodo negativo 10 se puede medir por el método de intrusión de mercurio o el método de adsorción de gas.

[0042] El material dieléctrico inorgánico en la capa dieléctrica inorgánica 13 tiene un diámetro de partícula medio D_{v50} de preferiblemente de 1 nm a 10 nm, lo cual es favorable para la formación de un canal para la migración de iones entre las partículas de material y mejorar la propiedad de conductividad de iones.

[0043] Como un ejemplo, el material dieléctrico inorgánico anterior puede ser uno o más de los compuestos que comprenden un elemento A y un elemento B, en donde el elemento A puede ser uno o más seleccionados del grupo que consiste en Al, Si, Ti, Zn, Mg, Zr, Ca y Ba, y el elemento B puede ser uno o más seleccionados del grupo que consiste en O, N, F, Cl, Br e I. Por ejemplo, un material dieléctrico inorgánico puede ser uno o más seleccionados del grupo que consiste en óxido de aluminio, $\text{AlO}(\text{OH})$, nitruro de aluminio, fluoruro de aluminio, óxido de silicio, nitruro de silicio, fluoruro de silicio, óxido de titanio, nitruro de titanio, fluoruro de titanio, óxido de zinc, nitruro de zinc, fluoruro de zinc, óxido de magnesio, nitruro de magnesio, haluro de magnesio, óxido de circonio, nitruro de circonio, fluoruro de circonio, óxido de calcio, nitruro de calcio, fluoruro de calcio, óxido de bario, nitruro de bario y fluoruro de bario.

[0044] El espesor de la capa de material activo de ánodo 12 no está particularmente limitado en la aplicación, y puede ser ajustado por los expertos en la técnica de acuerdo con las necesidades reales. En algunas realizaciones, la capa 12 de material activo negativo puede tener un espesor de $90 \mu\text{m}$ a $200 \mu\text{m}$, por ejemplo, de $100 \mu\text{m}$ a $130 \mu\text{m}$.

[0045] El material activo negativo no está particularmente limitado en la aplicación, y puede ser un material activo negativo que es conocido por ser capaz de ser intercalado por cationes de electrolitos en la técnica. En algunas realizaciones, el material activo negativo puede tener un diámetro de partícula medio D_{v50} de desde $6 \mu\text{m}$ a $10 \mu\text{m}$.

[0046] Por ejemplo, en una placa de electrodo negativo para una batería de iones de litio, el material activo negativo puede ser uno o más seleccionados del grupo que consiste en grafito natural, grafito artificial, carbono blando, carbono duro, de silicio, óxidos de silicio, compuestos de carbono de silicio, aleación Li-Sn, aleación Li-Sn-O, Sn, SnO , SnO_2 , $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ con estructura de espinela, aleación Li-Al y litio metálico. Donde, los óxidos de silicio se refieren a SiO_x , $x < 2$, por ejemplo, monóxido de silicio y similares; los compuestos de carbono de silicio pueden ser uno o más seleccionados del grupo que consiste en silicio revestido de carbono, óxido de silicio revestido de carbono, una mezcla de silicio y carbono, una mezcla de óxido de silicio y carbono, una mezcla de silicio y óxido de silicio y carbono, en donde el carbono puede ser uno o más seleccionados del grupo que consiste en grafito, carbono blando y carbono duro.

[0047] En la placa de electrodo negativo 10 de la aplicación, la capa de material activo negativo 12 puede también opcionalmente comprender un aglutinante y un agente conductor. Los tipos de aglutinante y agente conductor no están particularmente limitados y pueden seleccionarse de acuerdo con los requisitos reales. Como ejemplo, el aglutinante puede ser uno o más seleccionados del grupo que consiste en caucho de estireno-butadieno (SBR), resina acrílica a base de agua, carboximetilcelulosa (CMC), fluoruro de polivinilideno (PVDF), butiral de polivinilo (PVB), politetrafluoroetileno (PTFE), copolímero de etileno-acetato de vinilo (EVA) y alcohol polivinílico (PVA). El agente conductor puede ser uno o más seleccionados del grupo que consiste en grafito, carbono superconductor, negro de acetileno, uno o más de negro de carbono, negro de ketjen, puntos de carbono, nanotubos de carbono, grafeno y nanofibras de carbono.

[0048] En la placa de electrodo negativo 10 de la aplicación, el tipo de colector de corriente negativa 11 no está particularmente limitado y puede seleccionarse de acuerdo con las necesidades reales. Por ejemplo, un material como una hoja de metal, una hoja de metal recubierta de carbono o una placa de metal porosa se puede utilizar como colector

de corriente negativa, como una hoja de cobre.

[0049] Una realización de la aplicación proporciona además un método para la preparación de una placa de electrodo negativo 10, que comprende el paso:

5 Paso S100, la disposición de una capa de material activo negativo en al menos una superficie de un colector de corriente negativa.

[0050] El paso S100 se puede llevar a cabo mediante cualquiera de las siguientes formas:

10 **[0051]** Dispersar un material activo negativo y opcionalmente un aglutinante y un agente conductor en un disolvente, por ejemplo agua desionizada o N-metilpirrolidona (NMP), para formar una suspensión uniforme de electrodos negativos; recubrir o rociar la suspensión del electrodo negativo sobre una superficie del colector de corriente negativa; y secado o similar, para formar la capa de material activo negativo en al menos una superficie del colector de corriente negativa.

15 **[0052]** Una capa de material activo negativo se puede obtener por directo preparando el material activo negativo en el colector de corriente negativa. Por ejemplo, el material activo negativo se puede preparar directamente en el colector de corriente negativa mediante deposición de vapor. El método de deposición de vapor puede ser uno o más de deposición de capa atómica (ALD), deposición química de vapor (CVD) y deposición física de vapor (PVD).

20 **[0053]** Una lámina metálica de litio se preparó sobre el colector de corriente de ánodo para obtener una capa de material activo de cátodo. Por ejemplo, se presiona una lámina de metal de litio sobre el colector de corriente negativa.

25 **[0054]** Una capa de material activo negativo se puede obtener mediante la preparación de una hoja de metal de litio fina en el colector de corriente negativa. Por ejemplo, se puede presionar una hoja de metal de litio delgada sobre el colector de corriente negativa.

[0055] Paso S200, el depósito de un material dieléctrico inorgánico sobre una superficie de la capa de material activo negativo orientada lejos del colector de corriente negativa por deposición de vapor, para obtener una capa dieléctrica inorgánica inicial.

30 **[0056]** La deposición de vapor puede ser uno o más seleccionados del grupo que consiste en deposición de capa atómica (ALD), deposición de vapor químico (CVD) y deposición de vapor físico (PVD). El método de deposición física de vapor es preferiblemente uno o más seleccionados del grupo que consiste en evaporación, pulverización catódica y recubrimiento de iones de arco (AIP), por ejemplo, deposición por evaporación térmica, evaporación térmica asistida por plasma, método de evaporación por haz de electrones (EBEM), evaporación asistida por plasma por haz de electrones, pulverización por haz de iones reactivos (RIBS), pulverización catódica con magnetron y recubrimiento por arco iónico (AIP).

40 **[0057]** Durante la deposición de vapor, a medida que el material dieléctrico inorgánico se deposita sobre una superficie de la capa de material activo negativo para formar una primera capa dieléctrica inicial, una segunda capa dieléctrica se forma simultáneamente en la pared interior de los poros en una superficie de la capa de material activo negativo. A medida que aumenta gradualmente el grosor de la primera capa dieléctrica inicial, la segunda capa dieléctrica se extiende gradualmente hacia el interior de la capa de material activo negativo y su grosor disminuye gradualmente desde el exterior hacia el interior.

45 **[0058]** Los parámetros tales como la composición, espesor y morfología de la primera capa dieléctrica y la segunda capa dieléctrica pueden ser modulados mediante el ajuste de la porosidad y el diámetro medio de poro de la capa de material activo negativo, el diámetro medio de partícula del material activo de ánodo, y ajustar uno o más de los parámetros de procesamiento que incluyen el tipo y la concentración de materias primas de reacción para la deposición de vapor y la temperatura de reacción, la temperatura superficial de la capa de material activo negativo, la distancia de deposición, la velocidad de deposición y el tiempo de deposición, y similares.

50 **[0059]** En caso de que la capa dieléctrica inorgánica se prepara por evaporación térmica, el paso S200 puede incluir los siguientes pasos:

55 Paso S210, el vacío de bombeo de una cámara de deposición a una presión de gas de 0,1 Pa o menos, tal como 0,001 Pa o menos.

60 Paso S220, introducción de un gas reactivo a una cámara de deposición. El gas reactivo puede ser uno o más seleccionados del grupo que consiste en oxígeno, ozono, dióxido de carbono, vapor de agua, nitrógeno, monóxido de nitrógeno, dióxido de nitrógeno y amoníaco.

65 Paso S230, calentar un precursor de material dieléctrico inorgánico b a un estado gaseoso en una cámara de calentamiento e introducirlo en la cámara de deposición. El precursor de material dieléctrico inorgánico b puede ser uno o más seleccionados del grupo que consiste en una sustancia simple, una aleación, un compuesto de alquilo, un nitrato, un acetato y un sulfato que contiene el elemento A.

Paso S240, haciendo reaccionar el gas reactivo a con el precursor del material dieléctrico inorgánico gaseoso ajustando la concentración del precursor b del material dieléctrico inorgánico en estado gaseoso en la cámara de deposición, la temperatura en la cámara, la distancia de deposición, el tiempo de deposición y similares, para formar una capa dieléctrica inorgánica inicial sobre una superficie de la capa de material activo negativo.

[0060] En caso de que la capa dieléctrica inorgánica se prepara por evaporación por haz de electrones asistida por plasma, el paso S200 puede incluir las siguientes etapas:

Paso S210', el vacío de bombeo de una cámara de reacción a una presión de gas de 0,1 Pa o menos, tal como 0,001 Pa o menos.

Paso S220', introducción del gas reactivo a en la fuente de plasma acoplado inductivamente (ICP). El gas reactivo a puede diluirse con un gas inerte. Bajo la acción de la fuente de ICP, el gas reactivo a genera un plasma que contiene elemento de B.

[0061] Aquí, el gas reactivo a es como se describe anteriormente. El gas inerte puede ser, por ejemplo, uno o más seleccionados del grupo que consiste en gas argón, gas nitrógeno y gas helio.

[0062] La fuente ICP puede tener una potencia de desde 300W a 600W. El gas reactivo a puede tener un caudal de 200 sccm a 500 sccm.

[0063] Paso S230', en la cámara de reacción, el bombardeo de un blanco C que contiene el elemento A con un haz de electrones generado por un cañón de electrones, para fundir y evaporar la diana c; hacer reaccionar químicamente el material gaseoso resultante con el plasma y depositarlo sobre una superficie de la capa de material activo negativo para formar una capa dieléctrica inorgánica inicial.

[0064] Aquí, el diana C que contiene elemento A puede ser uno o más seleccionados del grupo que consiste en una sustancia simple y un elemento A que contiene una aleación.

[0065] El haz de electrones puede tener un voltaje de 6 kV a 12 kV. Además, la temperatura superficial de la capa de material activo negativo se controla preferiblemente en un intervalo de 100°C o menos.

[0066] Los parámetros tales como la composición de la capa dieléctrica inorgánica inicial, y su espesor, la morfología y similares sobre la capa de material activo negativo pueden ser modulados mediante el ajuste de uno o más de los parámetros, incluyendo grado de vacío en la cámara de reacción, la tensión del haz de electrones, la composición y el caudal del gas reactivo a, composición del elemento A que contiene la diana c, fuente de ICP, temperatura superficial de la capa de material activo negativo, y el tiempo de proceso.

[0067] Paso S300, la aplicación de presión a la primera capa dieléctrica inicial para formar una grieta en la primera capa dieléctrica inicial, para obtener una primera capa dieléctrica como una capa dieléctrica inorgánica, produciendo la placa de electrodo negativo.

[0068] En el paso S300, una superficie del producto obtenido en el paso S200 puede ser prensada en frío mediante el uso de dispositivos conocidos y métodos para el tratamiento de prensado en frío. Después del tratamiento de prensado en frío, la primera capa dieléctrica forma una estructura laminar discontinua que tiene grietas, de modo que la placa del electrodo negativo tiene más canales iónicos y una superficie más grande, lo que es beneficioso para garantizar un buen rendimiento cinético y rendimiento de velocidad del dispositivo electroquímico.

[0069] De acuerdo con el método para la preparación de la placa de electrodo negativo 10 descrita en la realización de la aplicación, se puede obtener la placa de electrodo negativo descrita anteriormente 10 de la aplicación, de manera que el dispositivo electroquímico resultante tiene un rendimiento excelente seguridad y ciclo rendimiento, y mientras tanto tiene el rendimiento cinético mejorado, rendimiento de velocidad y rendimiento de alta temperatura del dispositivo electroquímico.

Dispositivo electroquímico

[0070] El segundo aspecto de la realización de la aplicación proporciona un dispositivo electroquímico. El dispositivo electroquímico puede ser, entre otros, una batería secundaria de iones de litio, una batería primaria de litio, una batería de iones de sodio o una batería de iones de magnesio.

[0071] El dispositivo electroquímico comprende una placa de electrodo positivo, una placa de electrodo negativo, un separador, y un electrolito, en donde la placa de electrodo negativo es la placa de electrodo negativo proporcionada por el primer aspecto de la realización de la aplicación.

[0072] Mediante el uso de la placa de electrodo negativo del primer aspecto de la realización de la solicitud, el dispositivo electroquímico tiene un rendimiento de seguridad excelente y el rendimiento del ciclo, y mientras tanto tiene el rendimiento

de velocidad mejorada y un rendimiento de alta temperatura del dispositivo electroquímico.

[0073] En lo sucesivo, un dispositivo electroquímico se describirá adicionalmente mediante la adopción de una batería secundaria de iones de litio como un ejemplo.

[0074] En una batería secundaria de ion de litio, una placa de electrodo positivo puede comprender un colector de corriente positiva y una capa de material activo positivo dispuesta sobre al menos una superficie del colector de corriente positiva.

[0075] El colector de corriente positiva puede ser una lámina metálica, una lámina metálica revestida de carbono o una placa de metal poroso, por ejemplo una lámina de aluminio.

[0076] El espesor de la capa de material activo positivo no está particularmente limitado en la aplicación y puede ser ajustado por los expertos en la técnica de acuerdo con las necesidades reales. En algunas realizaciones, la capa de material activo positivo puede tener un espesor de 100 μm a 180 μm , por ejemplo, de 110 μm a 130 μm .

[0077] El material activo positivo en la capa de material activo positivo no está particularmente limitado, siempre y cuando se trata de un compuesto capaz de intercalar reversiblemente/desintercalar iones de litio. Por ejemplo, el material activo positivo puede ser un óxido compuesto de metal de transición de litio, en donde el metal de transición puede ser uno o más seleccionados del grupo que consiste en Mn, Fe, Ni, Co, Cr, Ti, Zn, V, Al, Zr., Ce y Mg. El óxido compuesto de metal de transición de litio puede ser, por ejemplo, uno o más seleccionados del grupo que consiste en LiMn_2O_4 , LiNiO_2 , LiCoO_2 , $\text{LiNi}_{1-y}\text{Co}_y\text{O}_2$ ($0 < y < 1$), $\text{LiNi}_a\text{Co}_b\text{Al}_{1-a-b}\text{O}_2$ ($0 < a < 1$, $0 < b < 1$, $0 < a+b < 1$), $\text{LiMn}_{1-m-n}\text{Ni}_m\text{Co}_n\text{O}_2$ ($0 < m < 1$, $0 < n < 1$, $0 < m+n < 1$), LiMPO_4 (M puede ser uno o más de Fe, Mn y Co) y $\text{Li}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$. En el óxido compuesto de metal de transición de litio, también se puede dopar un elemento que tenga una gran electronegatividad, tal como uno o más de S, N, F, Br, Cl e I. El óxido compuesto de metal de transición de litio también puede someterse a un tratamiento de modificación del recubrimiento. La modificación de dopaje y/o recubrimiento permite que el compuesto tenga una estructura más estable y un mejor rendimiento electroquímico.

[0078] La capa de material activo positivo puede comprender un aglutinante y un agente conductor. El aglutinante anterior no está particularmente limitado y puede ser, por ejemplo, uno o más seleccionados del grupo que consiste en caucho de estireno-butadieno (SBR), resina acrílica a base de agua, carboximetilcelulosa (CMC), fluoruro de polivinilideno (PVDF), politetrafluoroetileno (PTFE), polivinil butiral (PVB), copolímero de etileno-acetato de vinilo (EVA) y alcohol polivinílico (PVA). El agente conductor anterior no está particularmente limitado y puede ser, por ejemplo, uno o más seleccionados del grupo que consiste en grafito, carbono superconductor, negro de acetileno, negro de carbono, negro de cetjen, puntos de carbono, nanotubos de carbono, grafeno y nanofibras de carbono.

[0079] La placa de electrodo positivo se puede preparar por el método convencional en la técnica. Normalmente, un material activo de electrodo positivo y un agente conductor y un aglutinante se dispersan en un disolvente (por ejemplo, N-metilpirrolidona, abreviado como NMP), para formar una suspensión uniforme de electrodo positivo. La suspensión del electrodo positivo se recubre sobre el colector de corriente positiva. Después de los pasos de secado, prensado en frío, etc., se obtiene la placa de electrodo positivo.

[0080] El separador en batería secundaria de iones de litio no está particularmente limitado, y puede consistir en cualquier separador estructural poroso bien conocido que tiene estabilidad electroquímica y estabilidad química. Por ejemplo, se puede usar una película de una o varias capas de una o más seleccionadas del grupo que consiste en fibra de vidrio, tela no tejida, polietileno, polipropileno y fluoruro de polivinilideno.

[0081] El electrolito de la batería secundaria de iones de litio comprende un disolvente orgánico y una sal de litio de electrolito.

[0082] El disolvente orgánico anteriormente no está particularmente limitado, y puede seleccionarse de acuerdo con las necesidades reales. Por ejemplo, el disolvente orgánico puede ser uno o más, preferiblemente dos o más, seleccionados del grupo que consiste en carbonato de etileno (EC), carbonato de propileno (PC), etil metil carbonato (EMC), dietil carbonato (DEC), dimetil carbonato. (DMC), dipropil carbonato (DPC), metilpropil carbonato (MPC), etilpropil carbonato (EPC), carbonato de butileno (BC), carbonato de etilo fluorado (FEC), formiato de metilo (MF), acetato de metilo (MA), acetato de etilo (EA), acetato de propilo (PA), propionato de metilo (MP), propionato de etilo (EP), propionato de propilo (PP), butirato de metilo (MB), butirato de etilo (EB), 1,4-butirolactona (GBL), sulfolano (SF), dimetil sulfona (MSM), metil etil sulfona (EMS) y dietil sulfona (ESE).

[0083] El tipo de la sal de litio de electrolito anteriormente no está particularmente limitado, y puede seleccionarse de acuerdo con reales requisitos. Por ejemplo, la sal de litio electrolítica puede ser una o más seleccionadas del grupo que consiste en LiPF_6 (hexafluorofosfato de litio), LiBF_4 (tetrafluoroborato de litio), LiClO_4 (perclorato de litio), LiAsF_6 (hexafluoroarsenato de litio), LiFSI (bis(fluorosulfonil)imida), LiTFSI (litio bis(trifluorometanosulfonilo)imida), LiTFS (litio trifluorometanosulfonato), LiDFOB (litio difluorooxalato borato), LiBOB (litio bis(oxalato) borato), LiPO_2F_2 (litio difluorofosfato), LiDFOP (fosfato de difluorodioxalato de litio) y LiTFOP (fosfato de tetrafluorooxalato de litio). Preferiblemente, la sal de litio del electrolito en el electrolito tiene una concentración de 0,5 mol/L a 1,5 mol/L, más preferiblemente de 0,8 mol/L a 1,2 mol/L.

[0084] El electrolito puede comprender además opcionalmente aditivos. El tipo de aditivo no está particularmente limitado y puede seleccionarse de acuerdo con los requisitos reales. Por ejemplo, los aditivos pueden ser uno o más seleccionados del grupo que consiste en carbonato de vinileno (VC), carbonato de vinileno (VEC), carbonato de fluoroetileno (FEC), succinonitrilo (SN), adiponitrilo (ADN), 1,3-propeno sulfonato (PST), tris(trimetilsilil)fosfato (TMSP) y tris(trimetilsilil)borato (TMSB).

[0085] El electrolito anterior puede ser preparado de acuerdo con un método convencional en la técnica. Un electrolito se puede obtener mezclando uniformemente un disolvente orgánico y una sal de litio de electrolito y el aditivo opcional. Aquí, la secuencia en donde se añaden los materiales no está particularmente limitada. Por ejemplo, se puede obtener un electrolito añadiendo una sal de litio de electrolito y un aditivo opcional en un disolvente orgánico y mezclando uniformemente. Aquí, la sal de litio del electrolito se puede añadir primero al disolvente orgánico, y luego el aditivo opcional se puede añadir por separado o simultáneamente al disolvente orgánico.

[0086] La anterior placa de electrodo positivo, el separador y la placa de electrodo negativo se apilan en orden, de modo que el separador se coloca entre la placa de electrodo positivo y la placa de electrodo negativo para tomar una función de aislar, obteniendo de este modo un núcleo de la batería. También se puede obtener un núcleo de batería después de enrollarlo. El núcleo de la batería se coloca en un paquete. Después de la inyección de un electrolito, el paquete se sella para obtener una batería secundaria de iones de litio.

Ejemplos

[0087] La presente descripción se describe más particularmente en los siguientes ejemplos que se pretenden como ilustraciones solamente, ya que numerosas modificaciones y variaciones dentro del alcance de la presente descripción serán evidentes para los expertos en la técnica. A menos que se indique lo contrario, todas las partes, porcentajes y proporciones indicadas en los siguientes ejemplos se expresan en peso, y todos los reactivos utilizados en los ejemplos están disponibles comercialmente y se utilizan directamente sin tratamiento adicional, y los instrumentos utilizados en los ejemplos están disponibles comercialmente.

Ejemplo 1

Preparación de la placa de electrodo negativo

[0088] Paso S110, la mezcla y la adición de un material negativo activo, un negro de acetileno de agente conductor, un caucho de aglutinante de estireno-butadieno (SBR), un espesante de sodio carboximetil celulosa (CMC) en un agua desionizada disolvente a una relación de masa de 96:1:2:1. Después de agitar y mezclar uniformemente, se obtuvo una suspensión de electrodos negativos. Aquí, el material activo negativo fue grafito artificial.

[0089] Paso S120, el recubrimiento de manera uniforme de la suspensión de electrodo negativo anteriormente en ambas superficies de una lámina de cobre de colector de corriente negativa, y después de secar a 80°C a 90°C, para obtener un recubrimiento de material activo negativo.

[0090] Paso S200, el depósito de un material dieléctrico inorgánico sobre una superficie del recubrimiento de material activo negativo orientada lejos del colector de corriente negativa utilizando un método de evaporación de haz de electrones asistida por plasma, para obtener una placa de electrodo negativo inicial. Este paso incluye específicamente:

[0091] Paso S210', el vacío de bombeo de una cámara de reacción a una presión de gas de 0,001 Pa o menos.

[0092] Paso S220', la introducción de oxígeno en una fuente de ICP, para generar plasma de oxígeno bajo la acción de la fuente ICP. Aquí, la fuente ICP tenía una potencia de 300W. El caudal de oxígeno fue de 300 sccm.

[0093] Paso S230', en la cámara de reacción, el bombardeo de una diana de aluminio c con un haz de electrones, de modo que era se calentó a desde 600°C a 650°C para fundir y evaporar. El vapor de aluminio reaccionó químicamente con plasma de oxígeno y se depositó sobre una superficie del recubrimiento de material activo negativo, en donde la temperatura del recubrimiento de material activo negativo se controló en un intervalo de 100°C o menos, para formar una capa dieléctrica inorgánica inicial. Se formó una placa de electrodo negativo.

[0094] Paso S300, sometiendo adicionalmente la placa de electrodo negativo inicial a presión en frío, recorte, corte, y finalmente secado bajo condiciones de vacío a 85°C durante 4 horas, obteniendo de este modo una placa de electrodo negativo. La capa de material activo negativo tenía un espesor de 101 µm. La primera capa dieléctrica tenía una estructura laminar discontinua con grietas y un espesor T de 30 nm.

Preparación de la placa de electrodo positivo

[0095] Un material ternario de $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$, negro de carbón conductor (SP), y un fluoruro ligante polivinilideno (PVDF) se mezclaron a una relación en peso de 96:2:2 y se añadió en un disolvente N-metilpirrolidona (NMP). Después de agitar y mezclar a fondo, se formó una suspensión uniforme de electrodos positivos. La suspensión del electrodo

positivo se recubrió con una lámina de aluminio con colector de corriente positiva y luego se secó a 85°C, seguido de prensado en frío, recorte, corte y hendidura, y luego se secó al vacío a 85°C durante 4 h para obtener una placa de electrodo positivo. El espesor de la capa de material activo positivo en la placa de electrodo positivo fue de 119 µm.

5 Preparación de electrolito

10 **[0096]** Carbonato de etileno (EC), carbonato de metilo etílico (EMC), y carbonato de dietilo (DEC) se mezclaron uniformemente en una relación de volumen de 20:20:60 para obtener un disolvente orgánico. En una caja de guantes con atmósfera de argón que tiene un contenido de agua de menos de 10 ppm, se disolvió 1 mol/L de LiPF₆ en el disolvente orgánico anterior y se mezcló uniformemente para obtener un electrolito.

Preparación de la batería de iones de litio secundaria

15 **[0097]** La placa de electrodo positivo, el separador, y la placa de electrodo negativo se apila en orden. Se utilizó como separador una película de polietileno (PE) con un espesor de 14 µm, y se colocó entre la placa del electrodo positivo y la placa del electrodo negativo para que tuviera una función de aislamiento. Luego, la pila se enroló en un núcleo de batería desnudo. Después de soldar, el núcleo desnudo de la batería se empaquetó en una carcasa de papel de aluminio, seguido de horneado a 80°C para eliminar el agua. Después de la inyección de electrolito, se selló el paquete. Se obtuvo una batería secundaria de iones de litio flexible después de reposo, tratamiento químico (cargada a 3,3 V con una corriente constante de 0,02 C y luego cargada a 3,6 V con una corriente constante de 0,1 C), modelado, prueba de capacidad y similares. La batería secundaria de iones de litio flexible tenía un grosor de 4,0 mm y una anchura de 60 mm y una longitud de 140 mm.

Ejemplos 2 a 14

25 **[0098]** A diferencia del Ejemplo 1, se ajustaron algunos parámetros relevantes en los pasos de preparación de la placa de electrodo negativo.

Ejemplos Comparativos 1 a 4

30 **[0099]** A diferencia del Ejemplo 1, no se proporcionó capa dieléctrica inorgánica y el paso S200 se omitió y se ajustaron algunos parámetros relevantes en los pasos de preparación de la placa de electrodo negativo.

Ejemplos Comparativos 5 a 6

35 **[0100]** A diferencia del Ejemplo 1, se ajustaron algunos parámetros relevantes en los pasos de preparación de la placa de electrodo negativo.

Ejemplo comparativo 7

40 **[0101]** A diferencia del Ejemplo 1, el paso 120 incluye el recubrimiento de manera uniforme de la suspensión de electrodo negativo en ambas superficies de una lámina de cobre colector de corriente negativa, seguido de secado a una temperatura de desde 80°C a 90°C y presión en frío, para obtener una capa de material activo negativo; no se realizó prensado en frío en el paso S300; la capa dieléctrica inorgánica tiene una estructura laminar continua; y se ajustaron algunos parámetros relevantes en los pasos de preparación de la placa de electrodo negativo.

Ejemplo comparativo 8

50 **[0102]** A diferencia del Ejemplo 1, en el paso S200, se preparó una capa dieléctrica inorgánica sobre una superficie de un recubrimiento de material activo negativo mediante un método de recubrimiento; y se ajustaron algunos parámetros relevantes en los pasos de preparación de la placa de electrodo negativo.

55 **[0103]** El paso S200 incluyó específicamente: mezclar partículas de alúmina con un aglutinante para obtener una suspensión mixta, en donde el aglutinante era hidroximetilcelulosa (CMC) presente en una cantidad del 30% en peso; aplicar la suspensión mezclada a una superficie de la capa de material activo negativo alejada del colector de corriente negativa, seguido de secado, para obtener una capa dieléctrica inorgánica que tiene una estructura laminar continua.

[0104] Los parámetros pertinentes de los Ejemplos 1 a 14 y Ejemplos Comparativos 1 a 8 se detalla en la Tabla 1 a continuación.

Pruebas

(1) Prueba en la producción de gas durante el almacenamiento a alta temperatura de la batería secundaria de iones de litio

[0105] A 25°C, cada una de las baterías secundarias de iones de litio preparadas en los Ejemplos y Ejemplos Comparativos se cargaron a una corriente constante de 0,5 C a un voltaje de 4,2 V, y luego se cargaron a un voltaje constante de 4,2 V hasta que la corriente fue de 0,05 C. En este momento, el volumen inicial de la batería secundaria se midió y registró como V_0 . Luego, la batería secundaria de iones de litio se colocó en un horno termostático a 80°C durante 360 horas. Una vez finalizado el almacenamiento, se sacó la batería. El volumen de la batería secundaria de iones de litio se midió y registró como V_1 . Para cada grupo, se probaron 15 baterías secundarias de iones de litio y se promediaron los valores. En esta prueba, se probó el volumen de la batería secundaria de iones de litio utilizando el método de desplazamiento de agua.

[0106] La relación de expansión de volumen (%) de la batería secundaria de ion litio después de almacenamiento a 80°C durante 360 horas = $(V_1 - V_0)/V_0 \times 100\%$

(2) Ensayo en el rendimiento del ciclo a alta temperatura de batería secundaria de iones de litio

[0107] A 45°C, cada una de las baterías secundarias de iones de litio preparadas en los Ejemplos y Ejemplos Comparativos se cargaron a una corriente constante de 1 C a un voltaje de 4,2 V, y se cargaron a un voltaje constante de 4,2 V hasta que la corriente fue de 0,05 C, y luego se descargó a una corriente constante de 1 C a un voltaje de 2,8 V. Este fue un ciclo de carga/descarga. La capacidad de descarga de en este momento fue la capacidad de descarga del primer ciclo. La batería secundaria de iones de litio se sometió a 1000 ciclos de carga/descarga de acuerdo con el método anterior. Se registró la capacidad de descarga en cada ciclo. Para cada grupo, se probaron 15 baterías secundarias de iones de litio y se promediaron los valores.

[0108] La relación de retención de la capacidad (%) de la batería secundaria de iones de litio después de 1000 ciclos 1C/1C a 45°C = capacidad de descarga de la capacidad del 1000º ciclo/descarga en el primer ciclo x 100%.

(3) Prueba sobre el rendimiento de almacenamiento a alta temperatura de la batería secundaria de iones de litio.

[0109] A 25°C, cada una de las baterías secundarias de iones de litio preparadas en los Ejemplos y Ejemplos Comparativos se cargaron a una corriente constante de 0,5 C a un voltaje de 4,2 V, y se cargaron a un voltaje constante de 4,2 V hasta que la corriente fue de 0,05 C, y después se descargaron a una corriente constante de 1 C a una tensión de 2,8 V. Se obtiene la capacidad de descarga inicial C_0 . La batería secundaria de iones de litio se cargó a una corriente constante de 0,5C a un voltaje de 4,2V, y luego se cargó a un voltaje constante de 4,2V hasta que la corriente fue de 0,05 C. La batería secundaria de iones de litio completamente cargada se colocó en un termostático horno a 60°C durante 180 días. Después de sacarla del horno termostático, se midió la capacidad reversible de la batería secundaria de iones de litio y se registró como C_{180} . Para cada grupo, se probaron 15 baterías secundarias de iones de litio y se promediaron los valores.

[0110] La relación de retención de la capacidad (%) de la batería secundaria de iones de litio después del almacenamiento a 60°C durante 180 días = $C_{180}/C_0 \times 100\%$.

(4) Prueba de crecimiento de la resistencia a la corriente continua (DCR) de la batería secundaria de iones de litio después de 1000 ciclos a alta temperatura y rendimiento de almacenamiento a alta temperatura durante 180 días

[0111] A 25°C, primero, cada una de las baterías secundarias de iones de litio nuevas preparadas en los Ejemplos y Ejemplos Comparativos se cargaron a una corriente constante de 1 C a un voltaje de 4,2 V, y se cargaron a un voltaje constante de 4,2 V hasta que la corriente fue de 0,05 C, y luego se descargaron a una corriente constante de 1 C a un voltaje de 2,8 V. Se registró la capacidad de descarga real. Con la capacidad de descarga real, el estado de carga (SOC) de la batería secundaria de iones de litio se ajustó al 20% de la capacidad de carga total. Después de completar el ajuste, el voltaje de la batería secundaria de iones de litio en este momento se midió y se registró como U_1 . A continuación, la batería secundaria de ion litio se descargó a una tasa de 0,3 C durante 10 s. Se midió el voltaje después de la descarga de la batería secundaria de iones de litio y se registró como U_2 .

[0112] La Resistencia de Corriente Directa inicial DCR_0 de batería secundaria de ion litio = $(U_1 - U_2)/I$.

[0113] Se probó la resistencia a corriente continua DCR_1 de la batería secundaria de iones de litio después de 1000 ciclos a 45°C de acuerdo con el método anterior. Se calculó el crecimiento DCR de la batería secundaria de iones de litio. Para cada grupo, se probaron 15 baterías secundarias de iones de litio y se promediaron los valores.

[0114] Crecimiento de DCR (%) de la batería secundaria de iones de litio después de 1000 ciclos 1C/1C a 45°C = $(DCR_1 - DCR_0)/DCR_0 \times 100\%$.

[0115] De manera similar, la resistencia de corriente directa DCR_{180} de la batería secundaria de iones de litio después del almacenamiento a 60°C durante 180 días se ensayó de acuerdo con el método anterior. Se calculó el crecimiento DCR de la batería secundaria de iones de litio. Para cada grupo, se probaron 15 baterías secundarias de iones de litio y se promediaron los valores.

[0116] El crecimiento de la DCR (%) de la batería secundaria de iones de litio después del almacenamiento a 60°C durante 180 días = $(DCR_{180} - DCR_0) / DCR_0 \times 100\%$.

(5) Prueba sobre la precipitación de litio en la superficie del electrodo negativo bajo de carga de alta corriente de secundaria de iones de litio de la batería

[0117] A 25°C, en primer lugar, cada una de las baterías secundarias de iones de litio fresco preparado en los Ejemplos y Ejemplos Comparativos, se cargaron en una constante corriente de 2 C a un voltaje de 4,2 V, y se cargó a un voltaje constante de 4,2 V hasta que la corriente fue de 0,05 C, y luego se descargó a una corriente constante de 2 C a un voltaje de 2,8 V. Esta fue un ciclo de carga/descarga. La batería secundaria de iones de litio se sometió a 10 ciclos de carga/descarga de alta corriente, y luego se cargó a una corriente constante de 2 C a un voltaje de 4,2 V, y se cargó a un voltaje constante de 4,2 V hasta que la corriente fue de 0,05 C.

[0118] La batería se cargó completamente y se desmontó. Se tomó la placa de electrodo negativo. Se observó la precipitación de litio en la placa del electrodo negativo y se clasificó de acuerdo con la siguiente escala: A, sin precipitación de litio; B, ligera precipitación de litio; C, una región localizada formada por litio; D, residuo de litio en la mayoría de las regiones; E, precipitación severa de litio.

[0119] Los resultados del ensayo de los Ejemplos 1 a 14 y Ejemplos Comparativos 1 a 8 se muestran en la Tabla 2 a continuación.

Tabla 1

	Material activo negativo	Capa dieléctrica inorgánica					Placa de electrodo negativo		
		Material dieléctrico inorgánico	T nm	Morfología de la primera capa dieléctrica	Ancho de grieta μm	relación longitud-ancho de grieta	Porosidad%	Densidad compacta g/cm^3	C_p/T mAh/nm
Ejemplo 1	grafito artificial	alúmina	30	capa discontinua	3	55	40	1,7	1,33
Ejemplo 2	grafito artificial	alúmina	50	capa discontinua	3	55	39	1,7	0,80
Ejemplo 3	grafito artificial	alúmina	100	capa discontinua	3	55	39	1,7	0,40
Ejemplo 4	grafito artificial	alúmina	200	capa discontinua	3	55	38	1,7	0,20
Ejemplo 5	grafito artificial	alúmina	500	capa discontinua	4	60	37	1,7	0,08
Ejemplo 6	grafito artificial	alúmina	600	capa discontinua	5	62	37	1,7	0,07
Ejemplo 7	grafito artificial	alúmina	1000	capa discontinua	6	63	35	1,7	0,04
Ejemplo 8	grafito artificial	alúmina	200	capa discontinua	3	55	55	1,2	0,20
Ejemplo 9	grafito artificial	alúmina	200	capa discontinua	3	55	50	1,4	0,20
Ejemplo 10	grafito artificial	alúmina + óxido de silicio	200	capa discontinua	3	55	51	1,7	0,20
Ejemplo 11	grafito artificial	alúmina + nitruro de silicio	200	capa discontinua	3	55	51	1,7	0,20
Ejemplo 12	grafito artificial + grafito natural	alúmina	200	capa discontinua	3	55	50	1,7	0,20
Ejemplo 13	óxido de silicio + grafito artificial	alúmina	200	capa discontinua	3	55	51	1,7	0,30
Ejemplo 14	óxido de silicio	alúmina	200	capa discontinua	3	55	52	1,7	0,40
Ejemplo comparativo 1	grafito artificial	/	/	/	/	/	40	1,7	/
Ejemplo comparativo 2	grafito artificial + grafito natural	/	/	/	/	/	43	1,7	/
Ejemplo comparativo 3	óxido de silicio + grafito artificial	/	/	/	/	/	44	1,7	/
Ejemplo comparativo 4	óxido de silicio	/	/	/	/	/	42	1,7	/
Ejemplo comparativo 5	grafito artificial	alúmina	20	capa discontinua	3	55	32	1,7	2,00
Ejemplo comparativo 6	grafito artificial	alúmina	1200	capa discontinua	6	64	33	1,7	0,03
Ejemplo comparativo 7	grafito artificial	alúmina	1200	capa continua	/	/	30	1,7	0,03
Ejemplo comparativo 8	grafito artificial	alúmina	2000	capa continua	/	/	32	1,7	0,02

Tabla 2

	Relación de expansión de volumen después del almacenamiento a 80°C durante 360 horas /%	Relación de retención de capacidad después de 1000 ciclos a 45°C /%	Crecimiento de DCR después de 1000 ciclos a 45°C /%	Relación de retención de capacidad después del almacenamiento a 60°C durante 180 días /%	Crecimiento de DCR después del almacenamiento a 60°C durante 180 días /%	Precipitación de litio en la superficie del electrodo negativo bajo carga de alta corriente
Ejemplo 1	23,5	82,6	33,4	85,6	24,1	A
Ejemplo 2	19,6	83,2	24,8	86,1	26,4	A
Ejemplo 3	18,7	86,3	23,0	87,4	23,7	A
Ejemplo 4	20,3	87,7	22,6	86,1	23,3	A
Ejemplo 5	20,8	87,9	22,3	86,5	22,9	B
Ejemplo 6	19,9	82,3	22,6	84,2	22,1	B
Ejemplo 7	21,7	82,5	23,7	85,6	23,4	C
Ejemplo 8	22,5	82,0	25,4	83,2	24,4	A
Ejemplo 9	22,0	83,6	23,3	85,4	25,4	A
Ejemplo 10	18,7	84,4	25,9	84,6	24,2	A
Ejemplo 11	19,4	83,1	24,5	85,1	23,3	A
Ejemplo 12	20,9	84,2	23,1	88,2	24,7	A
Ejemplo 13	23,7	83,3	25,2	85,0	25,0	A
Ejemplo 14	39,6	83,9	23,7	86,3	24,4	A
Ejemplo comparativo 1	30,8	75,3	34,9	76,0	38,2	A
Ejemplo comparativo 2	29,1	75,3	36,1	77,9	36,3	B
Ejemplo comparativo 3	32,6	74,4	37,0	74,5	36,0	B
Ejemplo comparativo 4	46,5	70,3	54,3	72,9	49,4	B
Ejemplo comparativo 5	27,7	78,5	34,8	77,4	30,1	B
Ejemplo comparativo 6	28,4	80,2	31,2	79,3	35,6	C
Ejemplo comparativo 7	34,5	75,4	32,3	79,4	35,6	D
Ejemplo comparativo 8	30,4	74,5	33,1	75,4	32,1	E

[0120] A partir de las comparaciones de los resultados entre los Ejemplos Comparativos 1 a 11 y el Ejemplo Comparativo 1, Ejemplo 12 y Ejemplo Comparativo 2, el Ejemplo 13 y Ejemplo Comparativo 3, así como el Ejemplo 14 y el Ejemplo Comparativo 4, se puede ver que: Al disponer la capa dieléctrica inorgánica anterior que tiene grietas en una superficie de la capa de material activo negativo que mira hacia afuera del colector de corriente negativa, la batería secundaria de iones de litio después del almacenamiento a 80°C durante 360 horas tuvo una relación de expansión de volumen significativamente reducida y la producción de gas a alta temperatura se suprimió eficazmente; la precipitación de litio en la superficie del electrodo negativo bajo la carga de alta corriente de la batería secundaria de iones de litio también se suprimió eficazmente, mejorando así el rendimiento de seguridad de la batería; la relación de retención de capacidad (%) de la batería secundaria de iones de litio después de 100 ciclos 1C/1C a 45°C se incrementó significativamente; el crecimiento de la resistencia a la corriente directa de la batería secundaria de iones de litio después de 100 ciclos 1C/1C a 45°C se suprimió eficazmente, mejorando así el rendimiento del ciclo de la batería; también se mejoró el rendimiento del ciclo a alta temperatura; la relación de retención de capacidad de la batería secundaria de iones de litio después del almacenamiento a 60°C durante 180 días mejoró significativamente; y se suprimió eficazmente el crecimiento de la resistencia a la corriente continua de la batería secundaria de iones de litio después del almacenamiento a 60°C durante

180 días, mejorando así el rendimiento de almacenamiento a alta temperatura de la batería.

- 5 [0121] A partir de las comparaciones de los Ejemplos 1 a 11 y Ejemplos Comparativos 5 a 6, se puede observar que utilizando una primera capa dieléctrica que tiene un espesor en un intervalo predeterminado en la superficie exterior de la capa de material activo negativo, los efectos de la capa dieléctrica inorgánica se ejercieron de manera efectiva, mientras que la batería tenía un rendimiento de seguridad mejorado, rendimiento de ciclo y rendimiento de almacenamiento a alta temperatura.
- 10 [0122] A partir de las comparaciones del Ejemplo Comparativo 6 y el Ejemplo Comparativo 7, se puede observar que si la primera capa dieléctrica en la superficie exterior de la capa de material activo negativo fue una capa continua, la supresión en el gas de producción y el rendimiento de ciclo de la batería eran afectados hasta cierto punto, especialmente la precipitación de litio en la superficie del electrodo negativo se agravó con la carga de alta corriente.
- 15 [0123] A partir de las comparaciones del Ejemplo 1 a 11 y Ejemplo Comparativo 8, ya que la capa dieléctrica inorgánica se preparó mediante un método de recubrimiento en el Ejemplo Comparativo 8, la capa dieléctrica inorgánica era una capa de película continua unido a la superficie exterior de la capa de material activo negativo, la supresión de la producción de gas, el rendimiento del ciclo y el rendimiento de seguridad de la batería fueron deficientes, y se produjo una precipitación severa de litio en la superficie del electrodo negativo bajo una carga de alta corriente. Dado que la capa dieléctrica inorgánica se unió a la capa de material activo negativo a través de un aglutinante, la capa dieléctrica inorgánica
- 20 tendió a desprenderse debido al fallo de hinchamiento del aglutinante durante los procesos de ciclo y almacenamiento. También fue generalmente difícil obtener una capa dieléctrica inorgánica con un espesor de menos de 2 μm mediante el método de recubrimiento, y la densidad de energía de la batería resultante también puede verse afectada.
- 25 [0124] Las descripciones mencionadas anteriormente sólo muestran implementaciones particulares de la presente invención y no pretenden limitar el alcance de protección de la presente invención. Cualquier modificación o reemplazo que un experto en la técnica pueda descubrir fácilmente dentro del alcance técnico descrito en la presente invención caerá dentro del alcance de protección de la presente invención. Por lo tanto, el alcance de protección de la presente invención estará sujeto al alcance de protección de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Una placa de electrodo negativo (10), que comprende:

5 un colector de corriente negativa (11); una capa de material activo negativo (12), dispuesta sobre al menos una superficie del colector de corriente negativa (11), comprendiendo dicha capa de material activo negativo (12) una primera superficie (121) y una segunda superficie (122) opuestas, en donde dicha primera superficie (121) dispuesta lejos del colector de corriente negativa (11); y
 10 una capa dieléctrica inorgánica (13), dispuesta sobre la primera superficie (121) de la capa de material activo negativo (12), dicha capa dieléctrica inorgánica (13) consiste en un material dieléctrico inorgánico, en donde dicha capa dieléctrica inorgánica (13) comprende una primera capa dieléctrica (131) en una superficie exterior de la capa de material activo negativo (12), y la primera capa dieléctrica (131) tiene un espesor de 30 nm a 1000 nm y tiene una grieta (1311) que se extiende a través del espesor de la primera capa dieléctrica (131); y en donde la grieta (1311) tiene una anchura de 0,05 μm a 6 μm , y una relación longitud-anchura de 50 o más.

15 2. Placa de electrodo negativo (10) según la reivindicación 1, en donde la primera capa dieléctrica (131) tiene un espesor de 50 nm a 600 nm, preferiblemente de 100 nm a 500 nm.

20 3. La placa de electrodo negativo (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la primera capa dieléctrica (131) tiene una cobertura en la primera superficie (121) de la capa de material activo negativo (12) de 70% a 95%.

25 4. La placa de electrodo negativo (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la capa dieléctrica inorgánica (13) comprende además una segunda capa dieléctrica (132) en la pared interna de al menos una porción de poros (123) dentro de la capa de material activo negativo (12) y la segunda capa dieléctrica (132) se extiende en una dirección desde la primera superficie (121) a la segunda superficie (122).

30 5. La placa de electrodo negativo (10) según la reivindicación 4, en donde la profundidad de la segunda capa dieléctrica (132) que se extiende en la dirección desde la primera superficie (121) a la segunda superficie (122) es de 1/1000 a 1/10 del espesor de la capa de material activo negativo (12).

35 6. La placa de electrodo negativo (10) según la reivindicación 4 o 5, en donde la segunda capa dieléctrica (132) tiene un espesor d de $0 < d \leq 500 \text{ nm}$; y/o la segunda capa dieléctrica (132) tiene un espesor d que muestra una disminución de gradiente en una dirección desde la primera superficie (121) a la segunda superficie (122).

40 7. La placa de electrodo negativo (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la placa de electrodo negativo (10) tiene una densidad compacta de 1,2 g/cm³ a 2,0 g/cm³ y una porosidad de 25% a 55%, medido por el método de intrusión de mercurio o el método de adsorción de gas.

45 8. La placa de electrodo negativo (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el material dieléctrico inorgánico comprende uno o más compuestos que comprenden un elemento A y un elemento B, en donde el elemento A es uno o más seleccionados del grupo que consiste en Al, Si, Ti, Zn, Mg, Zr, Ca y Ba, y el elemento B es uno o más seleccionados del grupo que consiste en O, N, F, Cl, Br e I; y/o, dicho material dieléctrico inorgánico tiene un diámetro de partícula medio D_{v50} de desde 1 nm a 10 nm.

9. Un método para la preparación de una placa de electrodo negativo (10), que comprende los pasos de:

50 disponer una capa de material activo negativo (12) sobre al menos una superficie de un colector de corriente negativa (11); depositar un material dieléctrico inorgánico sobre una superficie de la capa de material activo negativo (12) alejada del colector de corriente negativa (11) por deposición de vapor, para obtener una capa dieléctrica inorgánica inicial que incluye una primera capa dieléctrica inicial en una superficie exterior de la capa de material activo negativo (12);
 55 aplicar presión a la primera capa dieléctrica inicial para formar una grieta (1311) que se extiende a través del espesor de la primera capa dieléctrica inicial para obtener una primera capa dieléctrica (131) como una capa dieléctrica inorgánica (13), en donde la primera capa dieléctrica (131) tiene un espesor de 30 nm a 1000 nm; y en donde la grieta (1311) tiene una anchura de 0,05 μm a 6 μm y una relación longitud-anchura de 50 o más.

60 10. Un dispositivo electroquímico, que comprende una placa de electrodo positivo, una placa de electrodo negativo (10), un separador y un electrolito, en donde la placa de electrodo negativo (10) es la placa de electrodo negativo (10) según cualquiera de las reivindicaciones 1 hasta 8.

65

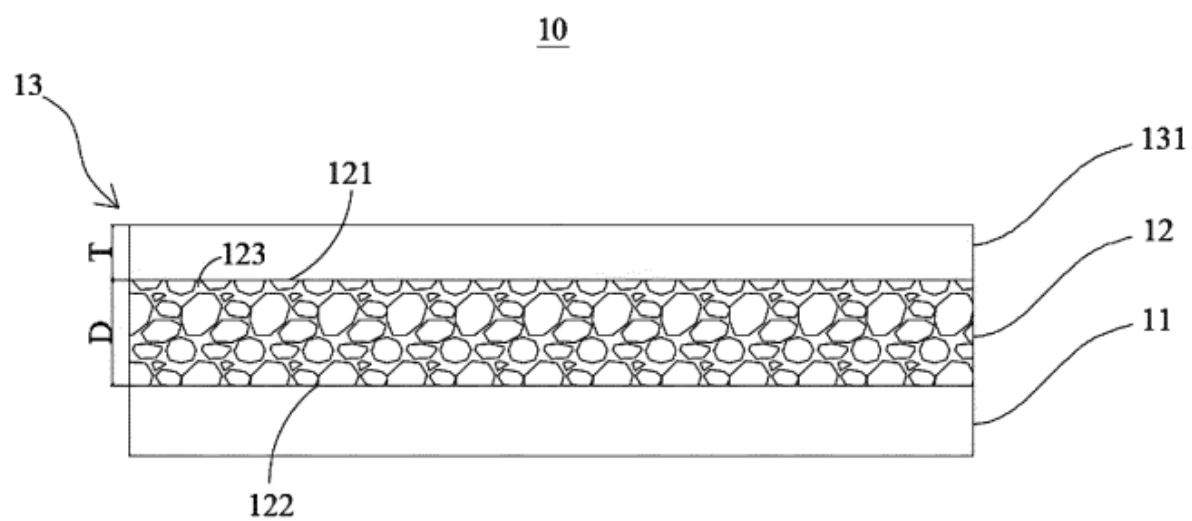


FIG. 1

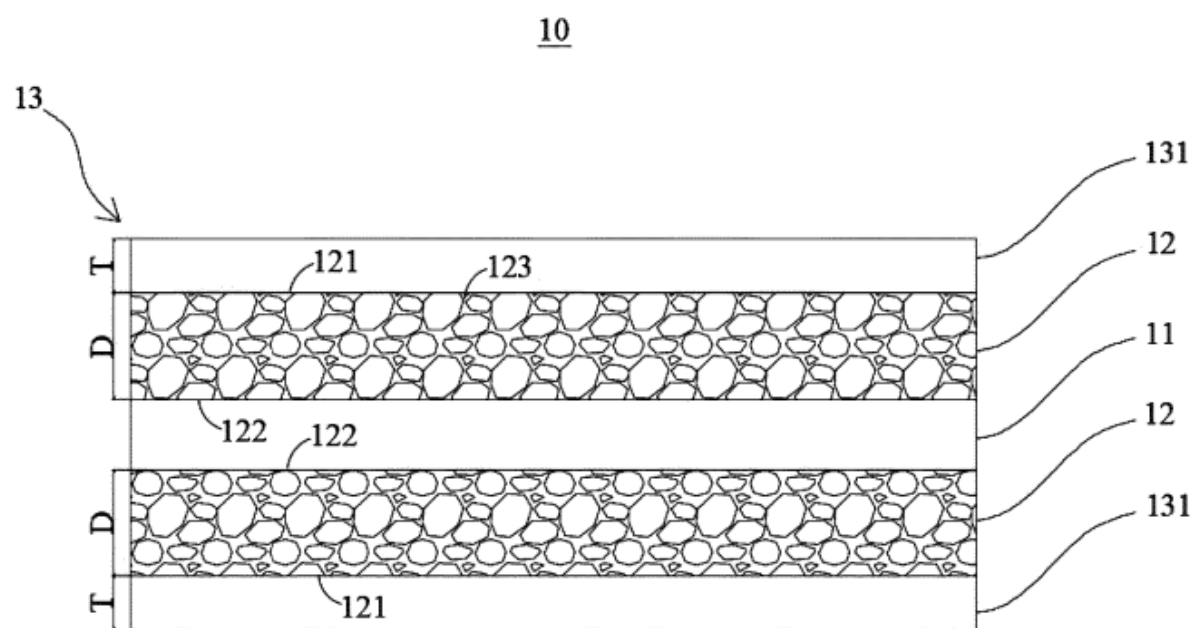


FIG. 2

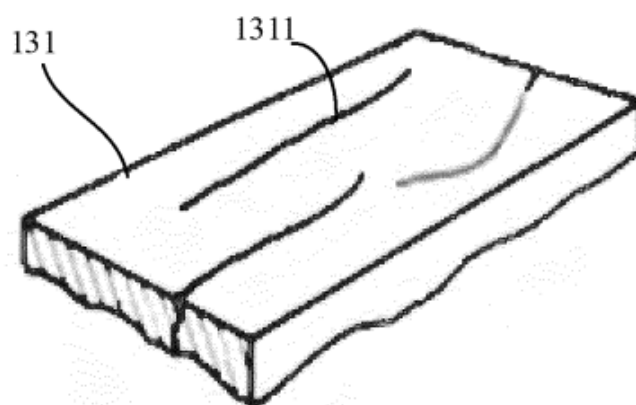


FIG. 3

10

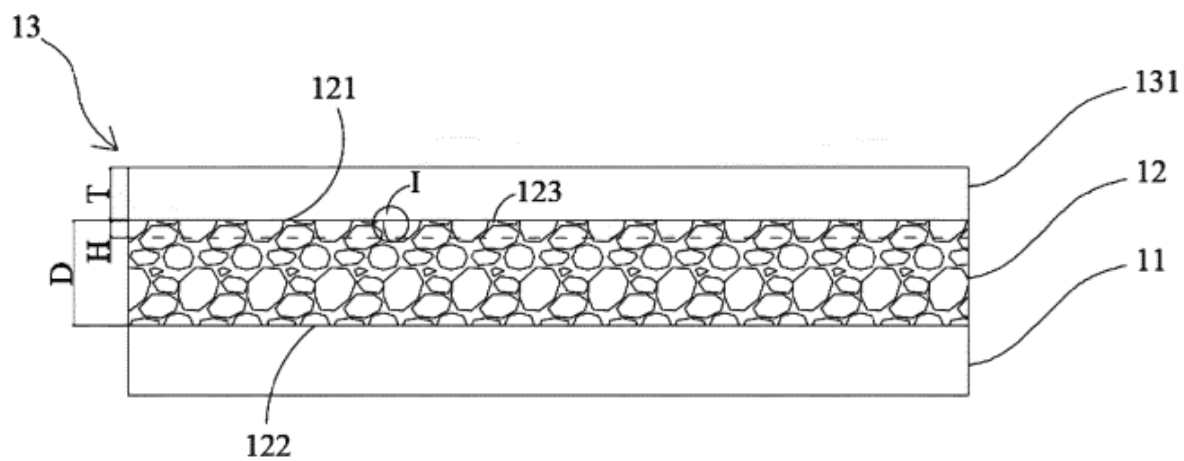


FIG. 4

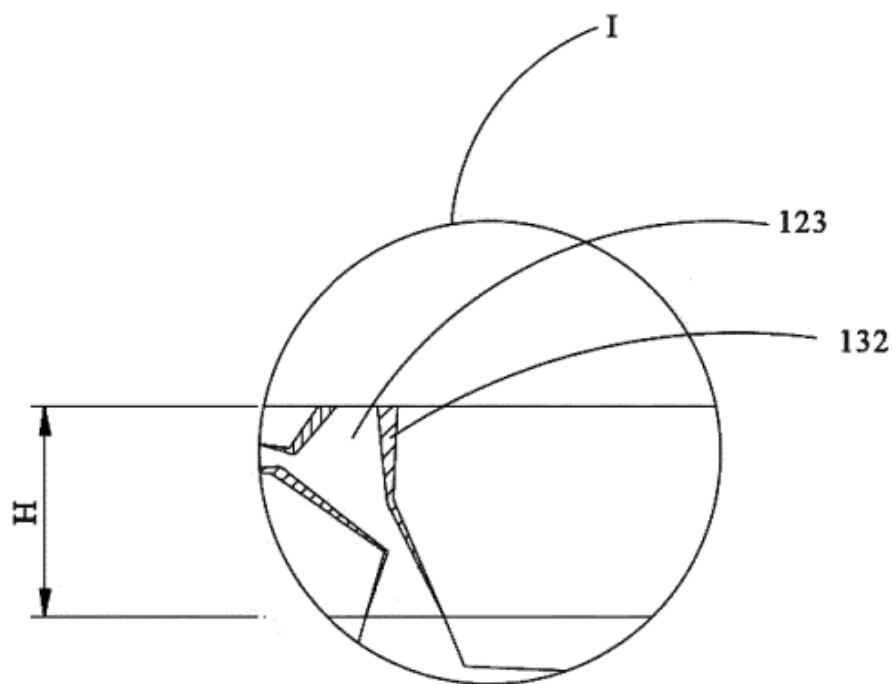


FIG. 5

10

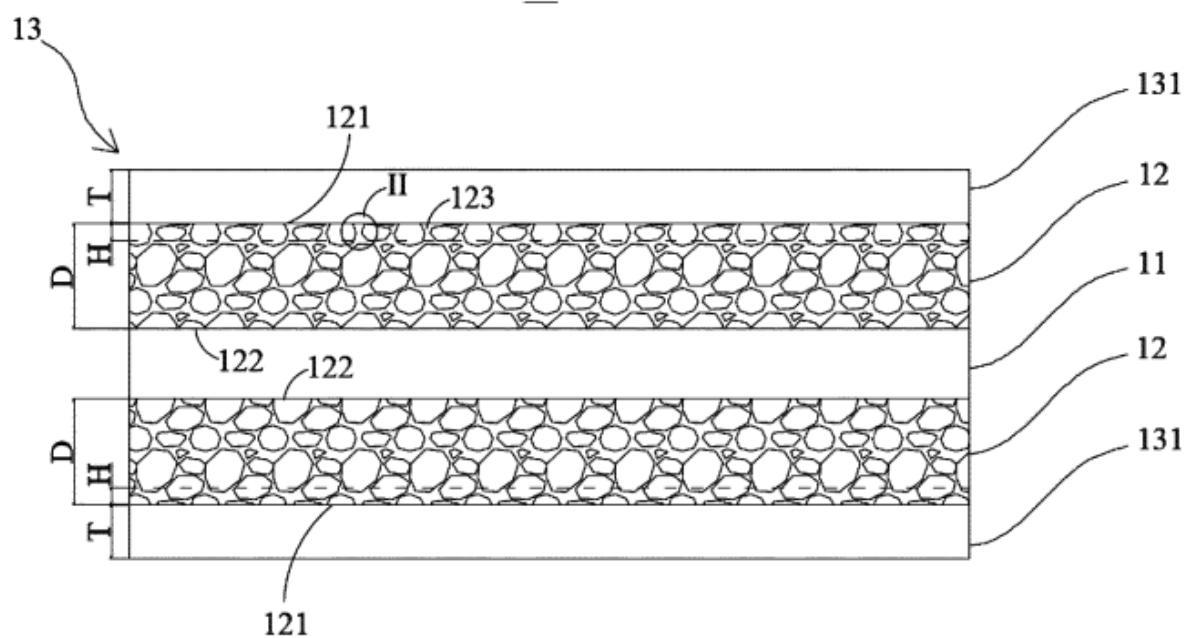


FIG. 6

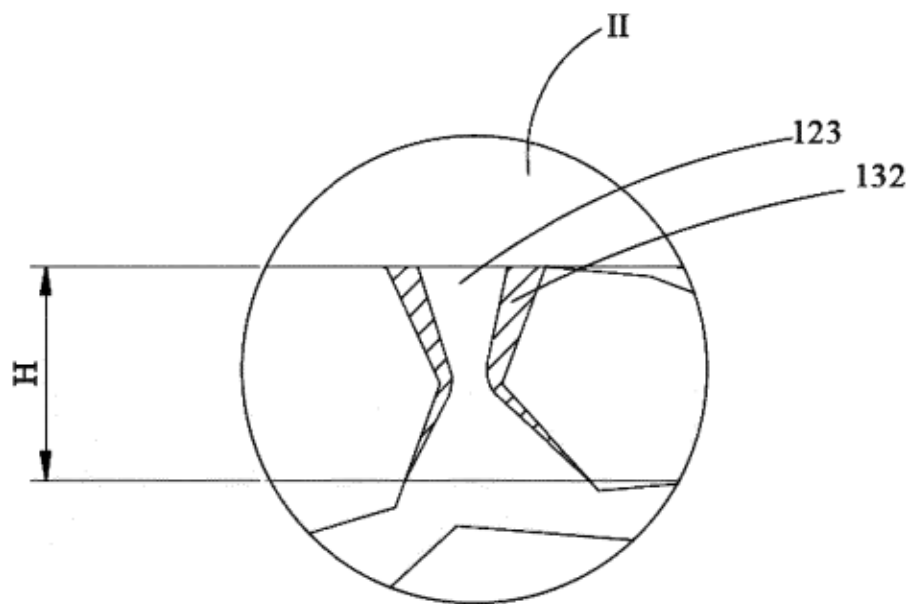


FIG. 7