

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 913 473**

51 Int. Cl.:

C01B 33/18 (2006.01)
H01M 4/36 (2006.01)
C01B 33/113 (2006.01)
H01M 4/02 (2006.01)
H01M 4/485 (2010.01)
H01M 4/62 (2006.01)
H01M 10/0525 (2010.01)
H01M 4/48 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.07.2020 PCT/CN2020/103488**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **04.02.2021 WO21017972**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.07.2020 E 20810855 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.04.2022 EP 3798188**

54 Título: **Compuesto de silicio-oxígeno, batería secundaria que lo usa y módulo de batería, paquete de batería y dispositivo relacionado**

30 Prioridad:

29.07.2019 CN 201910688521

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.06.2022

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**LIANG, CHENGDU;
 GUAN, YINGJIE;
 ZHAO, YUZHEN;
 WEN, YAN y
 HUANG, QISEN**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 913 473 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

Compuesto de silicio-oxígeno, batería secundaria que lo usa y módulo de batería, paquete de batería y dispositivo relacionado

Campo técnico

- 5 Esta aplicación pertenece al campo técnico de los dispositivos de almacenamiento de energía y se relaciona específicamente con un compuesto de silicio-oxígeno, una batería secundaria que lo usa y un módulo de batería, un paquete de batería y dispositivo relacionado.

Antecedentes

- 10 Con la creciente atención a la protección del medio ambiente, las baterías secundarias respetuosas con el medio ambiente se están aplicando gradualmente a los vehículos eléctricos. A diferencia de las baterías secundarias usadas en la electrónica de consumo, las baterías secundarias de potencia tienen mayores requisitos de densidad energética y duración de la vida útil por ciclo. En comparación con los materiales de carbono tradicionales, los materiales a base de silicio tienen una alta capacidad de gramos teóricos como materiales activos negativos, que es varias veces mayor que la de los materiales activos negativos a base de grafito. Por lo tanto, la industria espera usar materiales a base de silicio para aumentar la densidad energética de las baterías secundarias.

15 El Documento de Patente CN106654194A describe un material compuesto de electrodo negativo de SiOx dopado con elementos, así como un método de preparación y aplicación del mismo. Según el material compuesto de electrodo negativo de SiOx dopado con elementos, el contenido de SiOx es del 30 al 80 por ciento, el contenido de carbono es del 20 al 70 por ciento y el contenido de elementos dopantes es del 5 por ciento o menos.

- 20 FABRI FILIPPO ET AL: "Origin of the visible emission of black silicon microstructures" determinó el origen de la emisión de luz visible de las microestructuras de silicio negro, en donde se encuentra que las microestructuras de contraste CL brillante consisten en microestructuras de óxido de silicio amorfo, como se demuestra por las mediciones de estructura y composición.

Resumen

- 25 Un primer aspecto de la presente solicitud proporciona un compuesto de silicio-oxígeno, en donde el compuesto de silicio-oxígeno tiene una fórmula de SiO_x, en la que $0 < x < 2$, y en donde el compuesto de silicio-oxígeno incluye tanto elemento azufre como elemento aluminio, y el contenido del elemento azufre es de 20 ppm ~ 300 ppm; y en donde la relación en masa del elemento azufre al elemento aluminio es de 1,5 a 13,0.

- 30 Sorprendentemente, se encuentra que el compuesto de silicio-oxígeno proporcionado en el primer aspecto de las realizaciones de la presente solicitud mejora significativamente la capacidad y la duración de la vida útil por ciclo del compuesto de silicio-oxígeno, de modo que se incrementan la eficiencia de corriente inicial y el rendimiento del ciclo de la batería secundaria que usa el compuesto de silicio-oxígeno.

- 35 Sorprendentemente, se encuentra que el compuesto de silicio-oxígeno proporcionado en el primer aspecto de las realizaciones de la presente solicitud mejora significativamente la capacidad y la duración de la vida útil por ciclo del compuesto de silicio-oxígeno, de modo que se incrementan la eficiencia de corriente inicial y el rendimiento del ciclo de la batería secundaria que usa el compuesto de silicio-oxígeno.

En algunas realizaciones, el contenido del elemento azufre es de 30 ppm a 250 ppm. Cuando el contenido del elemento azufre está dentro del intervalo dado, se pueden mejorar aún más la eficiencia de corriente inicial, la densidad energética y la duración de la vida útil por ciclo de la batería.

- 40 En cualquiera de las realizaciones anteriores, el contenido del elemento aluminio es de 5 ppm a 150 ppm; opcionalmente, el contenido del elemento aluminio es de 10 ppm a 100 ppm. Cuando el contenido del elemento aluminio está dentro del intervalo dado, se pueden mejorar aún más la densidad energética y la duración de la vida útil por ciclo de la batería.

- 45 En cualquiera de las realizaciones anteriores, la relación en masa del elemento azufre al elemento aluminio es de 2,0 a 10,0. Cuando la relación en masa del elemento azufre al elemento aluminio está dentro del intervalo dado, se pueden mejorar aún más la densidad energética y la duración de la vida útil por ciclo de la batería.

En cualquiera de las realizaciones anteriores, en el patrón de difracción de rayos X del compuesto de silicio-oxígeno,

hay un pico de difracción en una posición donde el ángulo de difracción 2θ es de 26° - 30° , y el ancho total en la mitad del máximo de este pico de difracción es de $0,8^\circ$ - $3,2^\circ$;

- 50 hay un pico de difracción en una posición donde el ángulo de difracción 2θ es de 46° - 50° , y el ancho total en la mitad del máximo de este pico de difracción es de $1,0^\circ$ - $4,2^\circ$;

hay un pico de difracción en una posición donde el ángulo de difracción 2θ es de 54° - 58° , y el ancho total en la mitad del máximo de este pico de difracción es de $0,8^\circ$ - $4,5^\circ$.

Cuando el compuesto de silicio-oxígeno tiene un pico de difracción dado y un ancho total en la mitad del máximo dentro de un intervalo dado, se puede mejorar aún más la duración de la vida útil por ciclo de la batería.

- 5 En cualquiera de las realizaciones anteriores, el compuesto de silicio-oxígeno tiene una resistividad volumétrica en polvo bajo una presión de 20 MPa de $10 \Omega \cdot \text{cm}$ o menos. Opcionalmente, la resistividad volumétrica en polvo es de $1 \Omega \cdot \text{cm}$ o menos. Cuando la resistividad volumétrica en polvo del compuesto de silicio-oxígeno está dentro del intervalo dado, se pueden reducir las barreras a la migración de electrones dentro de las partículas y se puede aumentar la duración de la vida útil por ciclo de la batería.
- 10 En cualquiera de las realizaciones anteriores, el compuesto de silicio-oxígeno tiene un tamaño promedio de partícula $Dv50$ de $2 \mu\text{m}$ - $15 \mu\text{m}$; opcionalmente, el compuesto de silicio-oxígeno tiene un tamaño promedio de partícula $Dv50$ de $3 \mu\text{m}$ - $12 \mu\text{m}$. Cuando el tamaño de partícula promedio $Dv50$ del compuesto de silicio-oxígeno está dentro del intervalo dado, se pueden mejorar aún más el rendimiento del ciclo, la densidad energética y el rendimiento dinámico de la batería.
- 15 En cualquiera de las realizaciones anteriores, el compuesto de silicio-oxígeno tiene un área superficial específica de $1 \text{ m}^2/\text{g} \sim 7 \text{ m}^2/\text{g}$; opcionalmente, el área superficial específica del compuesto de silicio-oxígeno tiene un área superficial específica de $2 \text{ m}^2/\text{g} \sim 6 \text{ m}^2/\text{g}$. Cuando el área superficial específica del compuesto de silicio-oxígeno está dentro del intervalo dado, se puede reducir aún más la capacidad irreversible de la batería y se puede mejorar el rendimiento del ciclo de la batería.
- 20 En cualquiera de las realizaciones anteriores, el compuesto de silicio-oxígeno tiene una densidad compactada de $1,2 \text{ g/cm}^3 \sim 1,7 \text{ g/cm}^3$ medida bajo una presión de 5 toneladas (equivalente a 49 KN); opcionalmente, el compuesto de silicio-oxígeno tiene una densidad compactada de $1,3 \text{ g/cm}^3 \sim 1,6 \text{ g/cm}^3$ medida bajo una presión de 5 toneladas (equivalente a 49 KN). Cuando la densidad compactada del compuesto de silicio-oxígeno está dentro del intervalo dado, se pueden mejorar aún más la capacidad específica y la densidad energética de la batería.
- 25 En cualquiera de las realizaciones anteriores, el compuesto de silicio-oxígeno tiene una capa de revestimiento en una superficie exterior, y la capa de revestimiento incluye uno o más de un polímero, un material de carbono, un material metálico y un compuesto metálico. Cuando la superficie exterior del compuesto de silicio-oxígeno en la batería tiene la capa de revestimiento, se puede mejorar aún más la duración de la vida útil por ciclo de la batería.
- Un segundo aspecto de la presente solicitud proporciona una batería secundaria que incluye el compuesto de silicio-oxígeno mencionado anteriormente.
- 30 Un tercer aspecto de la presente solicitud proporciona un módulo de batería que incluye la batería secundaria mencionada anteriormente.
- Un cuarto aspecto de la presente solicitud proporciona un paquete de batería que incluye el módulo de batería mencionado anteriormente.
- 35 Un quinto aspecto de la presente solicitud proporciona un dispositivo que incluye al menos uno de la batería secundaria, el módulo de batería o el paquete de batería mencionados anteriormente.

Descripción de los dibujos

A continuación, se describirán en detalle las características, ventajas y efectos técnicos de las realizaciones ejemplares de la presente solicitud con referencia a los dibujos adjuntos.

- 40 La Figura 1 es una imagen SEM (microscopio electrónico de barrido) de una realización del material activo negativo de la presente solicitud.
- La Figura 2 es un patrón de difracción de rayos X de un compuesto de silicio-oxígeno según una realización de la presente solicitud.
- La Figura 3 es una vista en perspectiva de una realización de una batería.
- La Figura 4 es una vista en despiece de la Figura 3.
- 45 La Figura 5 es una vista en perspectiva de una realización de un módulo de batería.
- La Figura 6 es una vista en perspectiva de una realización de un paquete de baterías.
- La Figura 7 es una vista en despiece de la Figura 6.
- La Figura 8 es una vista esquemática que muestra una realización de un dispositivo.

Descripción detallada

5 Las realizaciones de la presente solicitud se describirán con mayor detalle a continuación junto con los dibujos y las realizaciones adjuntas. La descripción detallada y los dibujos de las siguientes realizaciones se usan para ilustrar a modo de ejemplo los principios de la presente solicitud y no pretenden limitar la solicitud, es decir, la presente solicitud no se limita a las realizaciones descritas.

10 En la descripción de esta solicitud, se debe señalar que, a menos que se especifique lo contrario, "pluralidad" significa dos o más; la relación de la orientación o posicional indicada por los términos "superior", "inferior", "izquierda", "derecha", "interior", "exterior" es solo para la conveniencia de describir la aplicación y simplificar la descripción, y no indica o implica que el dispositivo o elemento al que se hace referencia debe tener una orientación específica, ser construido y operado en una orientación específica, y por lo tanto no se puede entender que limite la presente solicitud. Además, los términos "primero", "segundo", "tercero", etc. se usan únicamente con fines descriptivos, y no se pueden entender como indicativos o que implican una importancia relativa. "Vertical" no es estrictamente vertical, sino dentro del intervalo de tolerancia. "Paralelo" no es estrictamente paralelo, sino dentro del intervalo de tolerancia.

15 Las palabras de orientación que aparecen en la siguiente descripción son todas las direcciones que se muestran en la Figura y no limitan la estructura específica de la aplicación. En la descripción de esta solicitud, se debe tener en cuenta que los términos "instalación", "que conectan" y "conexión" se deben entender en un sentido amplio, a menos que se defina claramente y se limite de otra manera, por ejemplo, puede ser una conexión fija, una conexión desmontable o una conexión integral; puede estar conectado directamente o conectado indirectamente a través de un medio intermedio. Para los expertos en la materia, los significados específicos de los términos mencionados
20 anteriormente en esta solicitud se pueden entender según circunstancias específicas.

25 En aras de la brevedad, solo ciertos intervalos numéricos se describen explícitamente en la presente invención. Sin embargo, cualquier límite inferior se puede combinar con cualquier límite superior para formar un intervalo que no se describe explícitamente; y cualquier límite inferior se puede combinar con otros límites inferiores para formar un intervalo no especificado, y cualquier límite superior se puede combinar con cualquier otro límite superior para formar un intervalo no especificado. Además, aunque no se especifica explícitamente, cada punto o valor único entre los extremos del intervalo se incluye en el intervalo. Por lo tanto, cada punto o valor individual se puede combinar con cualquier otro punto o valor individual o combinarse con otros límites inferiores o superiores para formar un intervalo que no se especifica explícitamente.

30 En la presente descripción, se debe señalar que, a menos que se indique lo contrario, la citación de intervalos numéricos por "no menos de" y "no más de" incluye todos los números dentro de ese intervalo, incluidos los puntos finales. Como se usa en la presente invención, "un", "uno", "el", "al menos uno" y "uno o más" se usan indistintamente, a menos que se indique lo contrario y la citación de "más" en la frase "uno o más" incluye dos o más.

35 El resumen anterior de la presente solicitud no pretende describir cada realización divulgada o cada implementación en esta solicitud. La siguiente descripción ilustra más específicamente realizaciones ejemplares. En muchos lugares a lo largo de la solicitud, se brinda orientación a través de una serie de ejemplos, que se pueden usar en varias combinaciones. En cada caso, la enumeración es solo un grupo representativo y no se debe interpretar como exhaustiva.

Para comprender mejor la presente solicitud, a continuación se describirá una realización de la presente solicitud con referencia a la Figura 1.

Compuesto de silicio-oxígeno

40 El compuesto de silicio-oxígeno de la presente solicitud tiene una fórmula de SiO_x , en el que $0 < x < 2$; en donde el compuesto de silicio-oxígeno comprende tanto el elemento azufre como el elemento aluminio, y el contenido del elemento azufre es de 20 ppm ~ 300 ppm, y la relación en masa del elemento azufre al elemento aluminio es de 1,5 a 13,0.

En este contexto, ppm (partes por millón) son las partes por millón de la masa del elemento azufre o del elemento aluminio en relación con la masa del compuesto de silicio-oxígeno.

45 La adición de elemento azufre y de elemento aluminio puede mejorar el transporte en fase sólida de los iones activos dentro de las partículas del compuesto de silicio-oxígeno, y puede mejorar la conductividad electrónica de las partículas del compuesto de silicio-oxígeno, y también puede amortiguar la expansión y contracción de las partículas, lo que ralentiza la rotura de las partículas, mejorando así en gran medida la eficiencia de corriente inicial y el rendimiento del ciclo del compuesto de silicio-oxígeno.

50 En algunas realizaciones, SiO_x satisface que x es 2 o menos; opcionalmente, SiO_x satisface que x es 1,5 o menos; u opcionalmente, SiO_x satisface que x es 1,2 o menos, lo que permite que el compuesto de silicio-oxígeno tenga un mayor rendimiento de capacidad y una mayor eficiencia de corriente inicial. El compuesto de silicio-oxígeno satisface que x es mayor que 0; opcionalmente, el compuesto de silicio-oxígeno satisface que x es 0,6 o más; u opcionalmente, el compuesto de silicio-oxígeno satisface que x es 0,9 o más, por ejemplo, $0,6 \leq x \leq 1,5$, o $0,9 \leq x \leq 1,2$. En base a esto, se puede reducir mejor el efecto de la expansión del volumen del compuesto de silicio-oxígeno, de modo que el
55 compuesto de silicio-oxígeno tenga una alta capacidad y una duración de la vida útil por ciclo prolongada.

En algunas realizaciones, en el compuesto de silicio-oxígeno, el límite superior del contenido del elemento azufre se puede seleccionar de cualquier valor entre 300 ppm, 280 ppm, 260 ppm, 220 ppm, 200 ppm, 180 ppm, 160 ppm, 150 ppm, 130 ppm, 120 ppm y 100 ppm; el límite inferior del contenido del elemento azufre se puede seleccionar de cualquier valor entre 20 ppm, 25 ppm, 30 ppm, 35 ppm, 40 ppm, 45 ppm, 50 ppm, 55 ppm, 60 ppm, 65 ppm, 70 ppm, 75 ppm y 80 ppm. Es decir, el contenido del elemento azufre puede ser un intervalo compuesto por cualquiera de los valores límite superior e inferior antes mencionados. Opcionalmente, el contenido del elemento azufre es de 50 ppm a 200 ppm; u opcionalmente, el contenido del elemento azufre es de 50 ppm a 100 ppm.

En vista de esto, el contenido del elemento azufre es de 300 ppm o menos, lo que puede evitar que el elemento azufre consuma demasiados iones activos, tal como los iones de litio, de modo que el compuesto de silicio-oxígeno pueda tener una eficiencia de corriente inicial, capacidad de gramo y densidad de energía altas; el contenido del elemento azufre es de 20 ppm o más, lo que puede hacer que el compuesto de silicio-oxígeno tenga una alta tasa de transmisión de iones activos en fase sólida y, al mismo tiempo, tenga un efecto amortiguador suficiente durante la expansión y contracción del compuesto de silicio-oxígeno, para que el compuesto de silicio-oxígeno pueda tener una duración de la vida útil por ciclo más larga.

En algunas realizaciones, en el compuesto de silicio-oxígeno, el límite superior de la relación en masa del elemento azufre al elemento aluminio se puede seleccionar de cualquier valor entre 13,0, 12,5, 12, 11,5, 11,0, 10,5, 10,0, 9,5, 9,0, 8,5 y 8,0. El límite inferior de la relación en masa del elemento azufre al elemento aluminio se puede seleccionar de cualquier valor entre 1,5, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5, 4,0, 4,5, 5,0, 5,5, 6,0, 6,5, 7,0, 7,5 y 8,0. Es decir, la relación en masa del elemento azufre al elemento aluminio puede ser un intervalo compuesto por cualquiera de los valores límite superior e inferior antes mencionados. Opcionalmente, la relación en masa del elemento azufre al elemento aluminio es de 2,0 a 10,0.

En vista de esto, la relación en masa del elemento azufre al elemento aluminio dentro del intervalo anterior puede ejercer mejor el efecto sinérgico del elemento azufre y del elemento aluminio, y puede permitir que el compuesto de silicio-oxígeno tenga un rendimiento adecuado de conducción de iones y transferencia de electrones, mientras que también puede reducir el problema de la rotura de partículas causada por la expansión y contracción de las partículas de silicio-oxígeno, haciendo que el material del electrodo negativo que comprende el silicio-oxígeno de la presente solicitud tenga una alta capacidad de gramos y una duración de la vida útil por ciclo prolongada, y mejorando aún más la densidad energética y el rendimiento del ciclo de la batería secundaria.

En algunas realizaciones, en el compuesto de silicio-oxígeno, opcionalmente, el contenido del elemento aluminio es de 5 ppm a 150 ppm. El límite superior del contenido del elemento aluminio se puede seleccionar entre cualquier valor entre 150 ppm, 140 ppm, 130 ppm, 120 ppm, 110 ppm, 100 ppm, 90 ppm, 80 ppm, 70 ppm, 65 ppm, 60 ppm, 55 ppm y 50 ppm. El límite inferior del contenido del elemento aluminio se puede seleccionar de cualquier valor entre 5 ppm, 8 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm, 25 ppm, 30 ppm, 35 ppm, 40 ppm y 45 ppm. Es decir, el contenido del elemento aluminio puede estar dentro de un intervalo formado por cualquier combinación de los valores límite superior e inferior antes mencionados. Opcionalmente, el contenido del elemento aluminio es de 8 ppm a 100 ppm.

En vista de esto, el contenido del elemento aluminio es de 150 ppm o menos, lo que puede evitar una pérdida excesiva de la capacidad en gramos del compuesto de silicio-oxígeno, de modo que es beneficioso hacer que el compuesto de silicio-oxígeno tenga una alta capacidad en gramos. El contenido del elemento aluminio es de 5 ppm o más, lo que es beneficioso para la conductividad electrónica del compuesto de silicio-oxígeno, lo que mejora su duración de la vida útil por ciclo.

En algunas realizaciones, opcionalmente, en el análisis de difracción de rayos X, el compuesto de silicio-oxígeno tiene un pico de difracción en una posición donde el ángulo de difracción 2θ es de $26^\circ \sim 30^\circ$, y el ancho total en la mitad del máximo del pico de difracción es $0,8^\circ \sim 3,2^\circ$; el compuesto de silicio-oxígeno tiene un pico de difracción en la posición donde el ángulo de difracción 2θ es $46^\circ \sim 50^\circ$, y el ancho total en la mitad del máximo del pico de difracción es $1,0^\circ \sim 4,2^\circ$; y el compuesto de silicio-oxígeno tiene un pico de difracción en la posición donde el ángulo de difracción 2θ es $54^\circ \sim 58^\circ$, y el ancho total en la mitad del máximo del pico de difracción es $0,8^\circ \sim 4,5^\circ$.

En la presente invención, el ancho total en la mitad del máximo (FWHM, por sus siglas en inglés), que también se denomina ancho total en la mitad del máximo, se refiere al ancho del pico en la mitad de la altura del pico.

En vista de esto, el compuesto de silicio-oxígeno tiene los tres picos de difracción anteriores y el ancho total en la mitad del máximo está dentro del intervalo dado, lo que indica que tiene un mejor tamaño de cristalito y una cristalinidad adecuada, por lo que el compuesto de silicio-oxígeno tiene mayor rendimiento de capacidad y eficiencia de corriente inicial, lo que permite que el material compuesto de silicio-oxígeno mantenga una alta estabilidad estructural durante el ciclo de carga y descarga, y no sea propenso a agrietarse, lo que aumenta la duración de la vida útil por ciclo de la batería.

En algunas realizaciones, opcionalmente, la resistividad volumétrica en polvo del compuesto de silicio-oxígeno bajo una presión de 20 MPa es de $10 \Omega \cdot \text{cm}$ o menos; u opcionalmente, la resistividad volumétrica en polvo del compuesto de silicio-oxígeno bajo una presión de 20 MPa es de $1 \Omega \cdot \text{cm}$ o menos. En vista de esto, la resistividad volumétrica en polvo del compuesto de silicio-oxígeno está dentro del intervalo anterior, lo que puede reducir las barreras a la migración de electrones dentro de las partículas y es beneficioso para mejorar el rendimiento dinámico del compuesto

de silicio-oxígeno y para reducir la polarización del electrodo negativo, mejorando así la duración de la vida útil por ciclo de la batería secundaria. La resistividad volumétrica en polvo se puede ajustar ajustando el contenido del elemento azufre y del elemento aluminio, y se puede usar el tratamiento superficial del compuesto de silicio-oxígeno para reducir aún más la resistividad volumétrica en polvo.

- 5 En algunas realizaciones, opcionalmente, la superficie exterior del compuesto de silicio-oxígeno tiene una capa de revestimiento, y la capa de revestimiento puede ser un polímero, un material de carbono, un material metálico y un compuesto metálico. Por ejemplo, la capa de revestimiento comprende una o más de una capa de revestimiento de polímero, una capa de revestimiento de carbono y una capa de revestimiento de compuesto metálico.

10 Opcionalmente, el polímero se puede seleccionar de uno o más de polianilina, poliacetileno, poliestireno, poliacrilonitrilo, poli(cloruro de vinilo) y polietileno.

Opcionalmente, el material de carbono puede comprender uno o más de grafito, microesferas de carbono en mesofase (MCMB, por sus siglas en inglés), carbono procedente de la pirólisis de hidrocarburos, carbono duro y carbono blando. El grafito puede ser uno o más de grafito natural y grafito artificial.

Opcionalmente, el compuesto metálico puede comprender uno o más de Ti_5Si_3 , Al_2O_3 y TiO_2 .

- 15 En base a esto, la capa de revestimiento puede aliviar aún más el efecto de la expansión del volumen del compuesto de silicio-oxígeno y puede aumentar la duración de la vida útil por ciclo del compuesto de silicio-oxígeno. Al mismo tiempo, la capa de revestimiento también protege el compuesto de silicio-oxígeno, inhibe la reacción secundaria del electrolito en la superficie del compuesto de silicio-oxígeno y protege la superficie del compuesto de silicio-oxígeno de ser corroído por el electrolito, de manera que se mejore aún más la duración de la vida útil por ciclo de la batería secundaria que lo usa.

20 En algunas realizaciones, opcionalmente, el tamaño promedio de partícula Dv_{50} del compuesto de silicio-oxígeno es $2 \mu m \leq Dv_{50} \leq 15 \mu m$; u opcionalmente, el tamaño promedio de partícula Dv_{50} del compuesto de silicio-oxígeno es de $3 \mu m \leq Dv_{50} \leq 12 \mu m$.

- 25 En base a esto, el tamaño de partícula promedio Dv_{50} se puede seleccionar para que sea de $2 \mu m$ o más, o el tamaño de partícula promedio Dv_{50} se puede seleccionar para que sea de $3 \mu m$ o más, lo que puede reducir el consumo de iones activos formadores de película en el electrodo negativo y reducir las reacciones secundarias del electrolito en el electrodo negativo, reduciendo así la capacidad irreversible de la batería secundaria y mejorando el rendimiento del ciclo de la batería secundaria. También puede reducir la cantidad de ligante añadido en la placa del electrodo negativo, lo que es beneficioso para aumentar la densidad energética de la batería secundaria.

- 30 En base a esto, el tamaño de partícula promedio Dv_{50} puede ser de $15 \mu m$ o menos, o el tamaño de partícula promedio Dv_{50} puede ser de $12 \mu m$ o menos, de modo que la ruta de migración de iones y electrones activos en las partículas del compuesto de silicio-oxígeno sea más corta, y que se mejore la tasa de migración de iones y electrones, mejorando así el rendimiento dinámico de la batería secundaria. También es beneficioso para evitar que el material del electrodo negativo se agriete durante el proceso de carga y descarga, mejorando así el rendimiento del ciclo de la batería secundaria.

35 En algunas realizaciones, opcionalmente, el área superficial específica del compuesto de silicio-oxígeno es $1 \text{ m}^2/\text{g} \sim 7 \text{ m}^2/\text{gramo}$; u opcionalmente, el área superficial específica del compuesto de silicio-oxígeno es de $2 \text{ m}^2/\text{g} \sim 6 \text{ m}^2/\text{gramo}$.

- 40 En base a esto, el área superficial específica puede ser de $1 \text{ m}^2/\text{g}$ o más; o el área superficial específica puede ser de $2 \text{ m}^2/\text{g}$ o más, lo que puede hacer que la superficie de las partículas del compuesto de silicio-oxígeno tenga más sitios activos y pueda mejorar efectivamente el rendimiento electroquímico del material del electrodo negativo para cumplir con los requisitos de rendimiento dinámico de las baterías secundarias. Opcionalmente, el área superficial específica puede ser de $7 \text{ m}^2/\text{g}$ o menos, o el área superficial específica puede ser de $6 \text{ m}^2/\text{g}$ o menos, lo que es beneficioso para reducir la reacción secundaria del electrolito en el electrodo negativo, y también puede reducir el consumo de iones activos formadores de película en el electrodo negativo, reduciendo así la capacidad irreversible de la batería secundaria y mejorando el rendimiento del ciclo de la batería secundaria.

45 En algunas realizaciones, opcionalmente, el compuesto de silicio-oxígeno tiene una densidad compactada de $1,2 \text{ g}/\text{cm}^3 \sim 1,7 \text{ g}/\text{cm}^3$ medida bajo una presión de 5 toneladas (equivalente a 49 KN); u opcionalmente, el compuesto de silicio-oxígeno tiene una densidad compactada de $1,3 \text{ g}/\text{cm}^3 \sim 1,6 \text{ g}/\text{cm}^3$ medida bajo una presión de 5 toneladas. Si la densidad compactada está dentro del intervalo anterior, se puede obtener una mayor capacidad específica y densidad energética.

- 50 El contenido de elemento azufre y elemento aluminio en el compuesto de silicio-oxígeno de la presente solicitud se puede determinar mediante instrumentos y métodos conocidos en la técnica. Por ejemplo, consulte el Documento EPA-3052-1996 "Microwave Assisted Acid Digestion of Silicates" para digerir el material del electrodo negativo y, a continuación, usar un espectrómetro de emisión de plasma de acoplamiento inductivo (ICP-OES -por sus siglas en inglés-, Tipo: ICAP-7000) de Thermo Fisher Scientific Company de acuerdo con el Documento EPA 6010D-2014 "Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry" (Thermo Fisher Scientific) para determinar el contenido

de elemento azufre y elemento aluminio. El método de prueba específico es el siguiente: usar 10 ml de ácido nítrico y 10 ml de ácido fluorhídrico para digerir 0,5 g de muestra de compuesto de silicio-oxígeno por microondas, añadirlo a un matraz volumétrico de 50 ml después de la digestión y luego usar el analizador ICAP-7000 ICP-OES para determinar el contenido de elemento azufre y elemento aluminio.

- 5 El espectro de difracción de rayos X del material de electrodo negativo de la presente solicitud se puede medir mediante instrumentos y métodos bien conocidos en la técnica. Por ejemplo, se usa un difractómetro de rayos X para polvo para medir el espectro de difracción de rayos X según la norma JIS K0131-1996 (General rules for X-ray diffractometric analysis). Para otro ejemplo, se usa un difractómetro de rayos X (Tipo: Bruker D8 Discover) de Bruker AxS, Alemania, en donde se usan rayos de $\text{CuK}\alpha$ como fuente de radiación, la longitud de onda del rayo es $\lambda = 1,5406$ Å, el intervalo del ángulo de exploración para 2θ es de $10^\circ \sim 90^\circ$ y la velocidad de exploración es de $4^\circ/\text{min}$.

- 10 La resistividad volumétrica en polvo del compuesto de silicio-oxígeno bajo una presión de 20 MPa se puede medir mediante un método de ensayo conocido para la resistividad volumétrica en polvo. Como ejemplo, se usa el método de cuatro sondas para probar la resistividad volumétrica en polvo del material de electrodo negativo de esta solicitud bajo una presión de 20 MPa. El método de prueba incluye: añadir el polvo del material de electrodo negativo de la presente solicitud a una placa de muestras y aplicar una presión de 20 MPa al polvo a través de una prensa, luego de que la presión sea estable, leer la resistividad volumétrica del material de electrodo negativo bajo la presión de 20 MPa vía un medidor de resistividad.

- 15 El tamaño promedio de partícula D_{v50} tiene un significado bien conocido en la técnica y se puede medir con un instrumento y un método bien conocidos en la técnica. Por ejemplo, la medición se puede realizar usando un analizador de tamaño de partículas por láser para facilitar la determinación, tal como el analizador de tamaño de partículas por láser del tipo Mastersizer 2000E de Malvern Instruments Co., Ltd., Reino Unido, según el Documento GB/T 19077-2016 (Particle Size Distribution-Laser Diffraction Methods).

- 20 El área superficial específica tiene un significado bien conocido en la técnica y se puede medir mediante instrumentos y métodos conocidos en la técnica. Por ejemplo, según el Documento GB/T 19587-2017 (Determination of the specific surface area of solids by gas adsorption using the BET method), se puede usar el análisis del área superficial específica por adsorción de nitrógeno, y el área superficial específica se puede calcular por el método BET (Brunauer Emmett Teller), en el que el análisis del área superficial específica por adsorción de nitrógeno se puede llevar a cabo mediante un analizador de distribución de tamaño de poro y de superficie específica (Tipo: Tri Star II 3020) de Micromeritics, EE.UU.

- 25 La densidad compactada se puede medir con instrumentos y métodos conocidos en la técnica. Por ejemplo, con referencia a la norma GB/T24533-2009, se puede medir con una máquina de prueba de presión electrónica, tal como la máquina de prueba de presión electrónica UTM7305. Pesar con precisión aproximadamente 1 g de la muestra, añadir a un molde con un área por debajo de $1,327 \text{ cm}^2$, aplicar una presión de 5 toneladas a la muestra con un dispositivo de presurización y mantenerla bajo esta presión durante 30 segundos antes de liberar la presión, y luego medir la altura de la muestra a pesar. La densidad compactada del compuesto de silicio-oxígeno se puede obtener a partir de la siguiente fórmula: $\rho = m / (1.327 \cdot h)$, donde ρ representa la densidad compactada del compuesto de silicio-oxígeno, m representa la masa de la muestra y h representa la altura de la muestra después de haber sido aplicada una presión de 5 toneladas y mantenida a esta presión durante 30 segundos antes de liberar la presión.

- 30 En algunos aspectos, también se proporciona un método para preparar un compuesto de silicio-oxígeno, que incluye los siguientes pasos:

- 40 S10: suministro de materias primas, calentamiento de las materias primas en una atmósfera inerte a presión normal o a presión reducida para generar el gas;

S20: enfriamiento del gas en una atmósfera inerte a presión normal o presión reducida, y depósito del gas para obtener el compuesto de silicio-oxígeno del primer aspecto de la presente solicitud.

- 45 Opcionalmente, las materias primas comprenden polvo de monóxido de silicio, fuente de azufre y, opcionalmente, fuente de aluminio añadida.

Opcionalmente, las materias primas comprenden polvo de silicio metálico y polvo de dióxido de silicio, fuente de azufre y, opcionalmente, fuente de aluminio añadida.

Opcionalmente, las materias primas comprenden polvo de monóxido de silicio, polvo de silicio metálico y polvo de dióxido de silicio, fuente de azufre y, opcionalmente, fuente de aluminio añadida.

- 50 Opcionalmente, el elemento azufre en el compuesto de silicio-oxígeno se puede derivar a partir de la fuente de azufre en la mezcla anterior.

Opcionalmente, el elemento aluminio en el compuesto de silicio-oxígeno se puede derivar a partir del polvo de monóxido de silicio y/o polvo de silicio metálico, y también se puede derivar de la fuente de aluminio en las materias primas antes mencionadas.

- En algunas realizaciones, el contenido del elemento azufre en el compuesto de silicio-oxígeno de la presente solicitud se puede controlar ajustando el tipo y la cantidad de la fuente de azufre; y el contenido de elemento aluminio en el compuesto de silicio-oxígeno de la presente solicitud se puede controlar por uno o más de los siguientes medios: seleccionando el polvo de silicio-oxígeno o polvo de silicio metálico con diferente contenido de elemento aluminio, ajustando los tipos y la cantidad de la fuente de aluminio, de modo que el contenido del elemento azufre sea de 20 ppm a 300 ppm, y que la relación en masa del elemento azufre al elemento aluminio sea de 1,5 a 13,0.
- Opcionalmente, la fuente de azufre se puede seleccionar de uno o más de coque con alto contenido de azufre, azufre elemental, sulfuro metálico, sulfato y polisulfuro.
- Opcionalmente, la fuente de aluminio se puede seleccionar de uno o más de aluminio metálico, aleaciones de aluminio y compuestos de aluminio, óxidos de aluminio, sulfuros de aluminio e hidróxidos de aluminio.
- En algunas realizaciones, en el método de preparación anterior, en el paso S10, la atmósfera inerte puede ser una atmósfera de nitrógeno, una atmósfera de argón, una atmósfera de helio o similar. La presión de la atmósfera inerte es presión normal o presión reducida, y opcionalmente, la presión absoluta de la atmósfera inerte es de 10 Pa a 1 kPa; u opcionalmente, la presión absoluta de la atmósfera inerte es de 20 Pa a 50 Pa. La temperatura para calentar las materias primas para generar el gas puede ser de 1.100°C ~ 1.600°C.
- En algunas realizaciones, dentro del intervalo de temperatura de calentamiento anterior, se eleva la temperatura, y la temperatura elevada puede aumentar el contenido de elemento azufre y de elemento aluminio en el compuesto de silicio-oxígeno obtenido finalmente.
- En algunas realizaciones, dentro del intervalo de presión de atmósfera inerte mencionado anteriormente, se reduce la presión, es decir, aumenta el grado de vacío, y la presión reducida puede aumentar el contenido de azufre y aluminio en el compuesto de silicio-oxígeno obtenido finalmente.
- En algunas realizaciones, en el método de preparación anterior, en el paso S20, la atmósfera inerte puede ser una atmósfera de nitrógeno, una atmósfera de argón, una atmósfera de helio o similar. La presión de la atmósfera inerte es presión normal o presión reducida, y opcionalmente, la presión absoluta de la atmósfera inerte es de 10 Pa a 1 kPa; u opcionalmente, la presión absoluta de la atmósfera inerte es de 20 Pa a 50 Pa.
- En algunas realizaciones, en el método de preparación anterior, en el paso S20, el gas se enfría a una temperatura de depósito para que el gas se deposite para formar un sólido. El compuesto de silicio-oxígeno puede obtener una estructura cristalina apropiada ajustando la temperatura de deposición y similares. Opcionalmente, la temperatura de deposición es de 800°C ~ 1.000°C, lo que conduce a obtener un mejor tamaño de cristalito y una cristalinidad adecuada del compuesto de silicio-oxígeno, de modo que el compuesto de silicio-oxígeno tenga una mayor eficiencia de corriente inicial y rendimiento del ciclo.
- En algunas realizaciones, en el método de preparación anterior, después del paso S20, se incluye además un paso S30 opcional para triturar los depósitos obtenidos para obtener un compuesto de silicio-oxígeno con la distribución de tamaño de partícula y el área superficial específica anteriores.
- En algunas realizaciones, en el paso S30, se puede usar cualquier método y equipo conocido en la técnica para triturar el depósito, tal como una trituradora. Para otro ejemplo, el depósito se muele en un molino de bolas planetario durante un cierto período de tiempo para obtener el compuesto de silicio-oxígeno de la presente solicitud.
- En algunas realizaciones, en el método de preparación anterior, después del paso S30, se incluye además un paso S40 opcional para revestir superficialmente las partículas obtenidas en el paso S30.
- En algunas realizaciones, en el paso S40, se puede usar un método de deposición de vapor químico para revestir la superficie de las partículas para formar una capa de revestimiento. Por ejemplo, se introduce un gas de un compuesto de hidrocarburo en un horno de reacción que contiene las partículas y se realiza un tratamiento térmico en una atmósfera inerte para carbonizar el compuesto de hidrocarburo y formar una capa de revestimiento que cubra la superficie de las partículas para obtener un compuesto de silicio-oxígeno con una capa de revestimiento de carbono en la superficie.
- En algunas realizaciones, también se puede usar un método de revestimiento en fase líquida para revestir la superficie de las partículas para formar una capa de revestimiento. Por ejemplo, el método comprende disolver un polímero en cierto disolvente, agitar vigorosamente con las partículas de silicio-oxígeno hasta que se mezclen homogéneamente, evaporar el disolvente para eliminarlo y luego realizar un tratamiento térmico a cierta temperatura, tal como 200°C ~ 600°C, para hacer que el polímero recubra uniformemente la superficie de las partículas de silicio-oxígeno.
- En algunos aspectos, se proporciona el uso de un compuesto de silicio-oxígeno como material activo negativo, tal como el uso como el material activo negativo para una batería secundaria, por ejemplo, el uso como el material activo negativo para una batería secundaria de iones de litio.

Batería secundaria

El segundo aspecto de las realizaciones de la presente solicitud proporciona una batería secundaria que comprende el compuesto de silicio-oxígeno mencionado anteriormente.

5 Específicamente, la batería secundaria comprende una placa de electrodos positivos, una placa de electrodos negativos, un separador y un electrolito. El electrodo negativo comprende un colector de corriente de electrodo negativo y una película de electrodo negativo dispuesta en al menos una superficie del colector de corriente de electrodo negativo, en donde la película de electrodo negativo comprende un material activo negativo que comprende el compuesto de silicio-oxígeno mencionado anteriormente.

10 En la batería secundaria, el colector de corriente del electrodo negativo puede ser de un material con buena conductividad y resistencia mecánica, y opcionalmente puede ser lámina de cobre.

En la batería secundaria, además, el material activo negativo puede comprender opcionalmente uno o más de grafito, carbón duro y carbón blando; opcionalmente, el material activo negativo también puede comprender grafito, que se puede seleccionar entre uno o más de grafito artificial y grafito natural.

15 En la batería secundaria, además, la película de electrodo negativo puede comprender opcionalmente un agente conductor, un ligante y un espesante, y no existe una limitación específica en sus tipos, y los expertos en la técnica pueden realizar selecciones según las necesidades reales.

20 Opcionalmente, el agente conductor usado para la película del electrodo negativo puede ser uno o más de grafito, carbón superconductor, negro de acetileno, negro de carbón, negro de Ketjen, puntos de carbón, nanotubos de carbón, grafeno y nanofibras de carbón. El ligante puede ser uno o más de ácido poliacrílico (PAA, por sus siglas en inglés), poliacrilato de sodio (PAAS por sus siglas en inglés), alcohol polivinílico (PVA por sus siglas en inglés), caucho de estireno butadieno (SBR por sus siglas en inglés), carboximetilcelulosa de sodio (CMC por sus siglas en inglés), alginato de sodio (SA por sus siglas en inglés), ácido polimetacrílico (PMAA por sus siglas en inglés) y carboximetilquitosano (CMCS por sus siglas en inglés). El espesante puede ser carboximetilcelulosa sódica (CMC por sus siglas en inglés).

25 La placa de electrodo negativo se puede preparar según métodos convencionales en la técnica. Por ejemplo, el compuesto de silicio-oxígeno y el agente conductor, el ligante y el espesante opcionales se dispersan en un disolvente que puede ser agua desionizada para formar una suspensión uniforme de electrodo negativo. La suspensión de electrodo negativo se recubre sobre el colector de corriente del electrodo negativo. Después de ser secado, prensado en frío y otros procesos, se obtiene una placa de electrodo negativo.

30 En la batería secundaria, la placa de electrodo positivo comprende un colector de corriente de electrodo positivo y una película de electrodo positivo dispuesta sobre al menos una superficie del colector de corriente de electrodo positivo y que comprende un material activo positivo.

En la batería secundaria, el colector de corriente de electrodo positivo puede estar hecho de materiales con buena conductividad eléctrica y resistencia mecánica, y opcionalmente puede ser una lámina de aluminio.

35 En la batería secundaria, el tipo de material activo positivo no está específicamente limitado, y se pueden usar materiales capaces de desintercalar reversiblemente los iones activos, y los expertos en la técnica pueden hacer selecciones según las necesidades reales. Opcionalmente, el material activo positivo se puede seleccionar de óxidos de metal de transición y litio y materiales modificados de los mismos, y el material modificado puede ser óxido de metal de transición y litio sujeto a modificación por dopaje y/o modificación por revestimiento. Opcionalmente, el óxido de metal de transición y litio se puede seleccionar de uno o más de óxido de litio y cobalto, óxido de litio y níquel, óxido de litio y manganeso, óxido de litio, níquel y manganeso, óxido de litio, níquel, cobalto y manganeso, y óxido de litio, níquel, cobalto y aluminio.

40 En la batería secundaria, la película de electrodo positivo también puede comprender un ligante y/o un agente conductor. Los tipos de ligante y de agente conductor no están específicamente limitados, y los expertos en la técnica pueden realizar selecciones según las necesidades reales. Opcionalmente, el ligante usado para la película de electrodo positivo puede comprender uno o más de poli(fluoruro de vinilideno) (PVDF, por sus siglas en inglés) y poli(tetrafluoroetileno) (PTFE, por sus siglas en inglés); el agente conductor puede comprender uno o más de grafito, carbono superconductor, negro de acetileno, negro de carbono, negro de Ketjen, puntos de carbono, nanotubos de carbono, grafeno y nanofibras de carbono.

45 La placa de electrodo positivo mencionada anteriormente se puede preparar según métodos convencionales en la técnica. Por ejemplo, el material activo positivo y, opcionalmente, el agente conductor y el ligante se dispersan en un disolvente que puede ser N-metilpirrolidona, o NMP para abreviar, para formar una suspensión de electrodo positivo uniforme, y la suspensión de electrodo positivo se recubre sobre el colector de corriente del electrodo positivo. Después de ser secado, prensado en frío y otros procesos, se obtiene la placa de electrodo positivo.

55 En la batería secundaria, no hay limitación específica en el tipo de electrolito, y se puede seleccionar según

requerimientos. El electrolito se puede seleccionar de al menos uno de electrolito sólido y electrolito líquido (es decir, una disolución electrolítica). Cuando el electrolito es una disolución electrolítica, la disolución electrolítica comprende una sal electrolítica y un disolvente. Opcionalmente, la sal de electrolito se puede seleccionar de uno o más de LiPF₆ (hexafluorofosfato de litio), LiBF₄ (tetrafluoroborato de litio), LiClO₄ (perclorato de litio), LiAsF₆ (hexafluoroarsenato de litio), LiFSI (bisfluorosulfonimida de litio), LiTFSI (bistrifluorometanosulfonimida de litio), LiTFS (trifluorometanosulfonato de litio), LiDFOB (borato de difluorooxalato de litio), LiBOB (borato de dioxalato de litio), LiPO₂F₂ (difluorofosfato de litio), LiDFOP (difluorooxalatofosfato de litio) y LiTFOP (fosfato de tetrafluorooxalato de litio).

Opcionalmente, el disolvente puede ser uno o más de carbonato de etileno (EC, por sus siglas en inglés), carbonato de propileno (PC, por sus siglas en inglés), carbonato de metilo y etilo (EMC, por sus siglas en inglés), carbonato de dietilo (DEC, por sus siglas en inglés), carbonato de dimetilo (DMC, por sus siglas en inglés), carbonato de dipropilo (DPC, por sus siglas en inglés), carbonato de metilo y propilo (MPC, por sus siglas en inglés), carbonato de propilo y etilo (EPC, por sus siglas en inglés), carbonato de butileno (BC, por sus siglas en inglés), carbonato de fluoroetileno (FEC, por sus siglas en inglés), formiato de metilo (MF, por sus siglas en inglés), acetato de metilo (MA, por sus siglas en inglés), acetato de etilo (EA, por sus siglas en inglés), acetato de propilo (PA, por sus siglas en inglés), propionato de metilo (MP, por sus siglas en inglés), propionato de etilo (EP, por sus siglas en inglés), propionato de propilo (PP, por sus siglas en inglés), butirato de metilo (MB, por sus siglas en inglés), butirato de etilo (EB, por sus siglas en inglés), 1,4-butirolactona (GBL, por sus siglas en inglés), sulfolano (SF, por sus siglas en inglés), dimetilsulfona (MSM, por sus siglas en inglés), metiltilsulfona (EMS, por sus siglas en inglés) y dietilsulfona (ESE, por sus siglas en inglés).

La disolución electrolítica puede comprender opcionalmente un aditivo. El aditivo no está particularmente limitado y se puede seleccionar según los requisitos. Por ejemplo, los aditivos pueden comprender aditivos formadores de película de electrodo negativo, aditivos formadores de película de electrodo positivo y aditivos que pueden mejorar cierto rendimiento de la batería, tales como aditivos que mejoran el rendimiento de sobrecarga de la batería, aditivos que mejoran el rendimiento a alta temperatura de la batería y aquellos que mejoran el rendimiento a baja temperatura de la batería.

En la batería secundaria, el separador sirve para aislar la placa de electrodo positivo y la placa de electrodo negativo. El separador no está particularmente limitado, y se puede seleccionar cualquier separador de estructura porosa bien conocido que tenga estabilidad electroquímica y estabilidad mecánica, tal como uno o más de fibra de vidrio, tela no tejida, polietileno, polipropileno y poli(fluoruro de vinilideno). El separador puede ser una película de una sola capa o una película compuesta de múltiples capas. Cuando el separador es una película compuesta de múltiples capas, los materiales de cada capa pueden ser iguales o diferentes.

La batería secundaria se puede preparar mediante un método conocido en la técnica. Como ejemplo, una placa de electrodo positivo, un separador y una placa de electrodo negativo se enrollan o apilan en orden, de modo que el separador se ubica entre la placa de electrodo positivo y la placa de electrodo negativo para desempeñar un papel de aislamiento, tal como para obtener un núcleo de batería. El núcleo de batería se coloca en una caja de embalaje y luego se inyecta un electrolito y se sella para obtener una batería secundaria.

En la batería secundaria de la presente solicitud, el separador se dispone entre la placa de electrodo positivo y la placa de electrodo negativo para desempeñar un papel de aislamiento. El separador no está particularmente limitado, y se puede usar cualquier separador convencional para batería, tal como polietileno, polipropileno, poli(fluoruro de vinilideno) y su película compuesta de múltiples capas, pero no limitado a estos.

En la batería secundaria de la presente solicitud, el tipo de electrolito no está específicamente limitado. El electrolito puede ser un electrolito líquido, que también se denomina disolución electrolítica, y el electrolito también puede ser un electrolito sólido. Opcionalmente, se usa un electrolito líquido como electrolito, en donde el electrolito líquido puede comprender una sal de electrolito y un disolvente orgánico. Los tipos específicos de sal de electrolito y disolvente orgánico no están particularmente limitados y se pueden seleccionar según los requisitos reales. El electrolito puede comprender además un aditivo. Los tipos de aditivos no están particularmente limitados. El aditivo puede ser aditivo formador de película de electrodo negativo, aditivo formador de película de electrodo positivo o aditivos que pueden mejorar cierto rendimiento de la batería, tales como aditivos que mejoran el rendimiento de sobrecarga de la batería, aditivos que mejoran el rendimiento de la batería a alta temperatura, y aquellos que mejoran el rendimiento a baja temperatura de la batería.

En algunas realizaciones, la batería secundaria puede comprender un embalaje exterior. El embalaje exterior se usa para encapsular la placa de electrodo positivo, la placa de electrodo negativo y el electrolito.

En algunas realizaciones, el embalaje exterior de la batería secundaria puede ser una caja rígida, tal como una caja de plástico duro, una caja de aluminio o una caja de acero. El embalaje exterior de la batería también puede ser una bolsa blanda, tal como una bolsa blanda tipo bolsa. El material de la bolsa blanda puede ser plástico, tal como uno o más de polipropileno (PP), poli(tereftalato de butileno) (PBT, por sus siglas en inglés), poli(succinato de butileno) (PBS, por sus siglas en inglés).

La batería secundaria de la presente solicitud se puede preparar mediante un método conocido en la técnica. Por ejemplo, la placa de electrodo positivo, el separador y la placa de electrodo negativo se conforman en un conjunto de electrodos a través de un proceso de bobinado o de un proceso de laminación, en donde el separador se ubica entre

la placa de electrodo positivo y la placa de electrodo negativo para desempeñar un papel de aislamiento; el conjunto de electrodos se coloca en una caja de embalaje, luego se inyecta el electrolito y se sella para obtener una batería.

5 La presente solicitud no tiene ninguna limitación particular sobre la forma de la batería secundaria, que puede ser cilíndrica, cuadrada o de cualquier otra forma. La Figura 3 muestra una batería 5 con una estructura cuadrada como ejemplo.

En algunas realizaciones, con referencia a la Figura 4, el paquete exterior puede comprender una carcasa 51 y una cubierta 53. En donde, la carcasa 51 puede comprender una placa inferior y una placa lateral conectada a la placa inferior, y la placa inferior y la placa lateral encierran una cavidad receptora. La carcasa 51 tiene una abertura que comunica con la cavidad receptora, y la placa de cubierta 53 puede cubrir la abertura para cerrar la cavidad receptora. 10 Una placa de electrodo positivo, una placa de electrodo negativo y un separador se pueden conformar en un conjunto de electrodos 52 a través de un proceso de bobinado o de un proceso de laminación. El conjunto de electrodos 52 se empaqueta en la cavidad receptora. El electrolito se infiltra en el conjunto de electrodos 52. El número de conjuntos de electrodos 52 contenidos en la batería 5 puede ser uno o más, que se pueden ajustar según los requisitos.

15 El tercer aspecto de la presente solicitud proporciona un módulo de batería. La batería secundaria provista en el segundo aspecto de la presente solicitud se puede ensamblar para formar el módulo de batería del tercer aspecto. El número de baterías contenidas en el módulo de batería puede ser múltiple y el número específico se puede ajustar según la aplicación y la capacidad del módulo de batería.

20 La Figura 5 es un módulo de batería 4 como ejemplo. Con referencia a la Figura 5, en el módulo de batería 4, se pueden disponer una pluralidad de baterías 5 en secuencia a lo largo de la dirección longitudinal del módulo de batería 4. Por supuesto, también se pueden disponer de cualquier otra manera. Además, la pluralidad de baterías 5 se puede fijar mediante sujetadores.

Opcionalmente, el módulo de batería 4 puede comprender además una carcasa con un espacio de recepción, y una pluralidad de baterías 5 que se acomodan en el espacio de recepción.

25 El cuarto aspecto de la presente solicitud proporciona un paquete de baterías. El módulo de batería proporcionado en el tercer aspecto de la presente solicitud también se puede ensamblar en el paquete de batería. El número de módulos de batería contenidos en el paquete de baterías se puede ajustar según la aplicación y la capacidad del paquete de baterías.

30 Las Figuras 6 y 7 son el paquete de batería 1 como ejemplo. Haciendo referencia a las Figuras 6 y 7, el paquete de batería 1 puede comprender una caja de batería y una pluralidad de módulos de batería 4 provistos en la caja de batería. La caja de la batería incluye una caja superior 2 y una caja inferior 3. La caja de la caja superior 2 se puede cubrir con la caja inferior 3 y forma un espacio cerrado para acomodar el módulo de batería 4. Se pueden colocar múltiples módulos de batería 4 en la caja de batería de cualquier manera.

35 Un quinto aspecto de la presente solicitud proporciona un dispositivo que incluye al menos uno de batería secundaria, módulo de batería o paquete de batería de la presente solicitud. La batería secundaria, el módulo de batería o el paquete de batería se pueden usar como una fuente de alimentación del dispositivo y también se pueden usar como unidad de almacenamiento de energía del dispositivo. El dispositivo puede ser, pero no se limita a, dispositivos móviles (tales como teléfonos móviles, ordenadores portátiles), vehículos eléctricos (tales como vehículos eléctricos puros, vehículos eléctricos híbridos, vehículos eléctricos híbridos enchufables, bicicletas eléctricas, patinetes eléctricos, carros de golf, camiones eléctricos), trenes eléctricos, barcos y satélites, sistemas de almacenamiento de energía, etc.

40 El dispositivo se puede seleccionar como batería secundaria, módulo de batería o paquete de batería según sus requisitos de uso.

La Figura 8 es un dispositivo como ejemplo. El dispositivo es un vehículo eléctrico puro, un vehículo eléctrico híbrido o un vehículo eléctrico híbrido enchufable. Para cumplir con los requisitos del dispositivo para alta potencia y alta densidad energética de la batería secundaria, se puede usar un paquete de batería o un módulo de batería.

45 Como otro ejemplo, el dispositivo puede ser un teléfono móvil, una tableta, un ordenador portátil, etc. Generalmente se requiere que el dispositivo sea delgado y liviano, y que se pueda usar una batería secundaria como fuente de energía.

Explicación de términos:

"Presión normal" se refiere a una presión atmosférica estándar, es decir, 101,325 kPa.

"Presión reducida" significa menos de una atmósfera estándar.

El compuesto de silicio-oxígeno SiO_x es un compuesto no estequiométrico.

50 Ejemplo

Los siguientes ejemplos están destinados a describir la descripción de la presente solicitud, y pretenden ser únicamente ilustrativos, y serán evidentes para los expertos en la técnica varias modificaciones y cambios en el

alcance de la presente descripción. Todas las partes, porcentajes y proporciones que se indican en los siguientes ejemplos son en masa, a menos que se indique lo contrario, y todos los reactivos usados en los ejemplos están disponibles comercialmente o se obtienen sintéticamente mediante métodos convencionales y se usan directamente sin procesamiento adicional, y los instrumentos usados en los ejemplos están comercialmente disponibles.

5 Ejemplo 1

Preparación del compuesto de silicio-oxígeno

1) 22,7 g de silicio metálico 1 en polvo (un producto de silicio metálico purificado, contenido de elemento silicio $\geq 99,9\%$, contenido de elemento aluminio ≤ 100 ppm, contenido de elemento hierro ≤ 100 ppm, contenido de elemento calcio ≤ 100 ppm), 27,3 g de silicio metálico 2 en polvo (contenido de elemento silicio $\geq 99,7\%$, contenido de elemento aluminio ≤ 1.000 ppm, contenido de elemento hierro ≤ 1.000 ppm, contenido de elemento calcio ≤ 100 ppm), 50 g en polvo de dióxido de silicio y 0,81 g en polvo de coque con alto contenido de azufre que contiene 2,5 en masa % de azufre se mezclaron para obtener la materia prima. El contenido del elemento azufre era de 201 ppm y el contenido del elemento aluminio era de 293 ppm. En las materias primas de esta realización, el elemento azufre se derivó del coque con alto contenido de azufre; el elemento aluminio se derivó del silicio metálico 1 y del silicio metálico 2, y no se añadió ninguna fuente de aluminio.

2) En un recipiente cerrado con un dispositivo de evacuación, se calentaron las materias primas a una temperatura de 1.300°C en una atmósfera de helio con una presión absoluta de 30 Pa para generar un gas que contenía silicio, oxígeno, aluminio y azufre.

3) En un recipiente cerrado con un dispositivo de vacío, en atmósfera de helio con una presión absoluta de 30 Pa, el gas se enfrió a una temperatura de 950°C para depositar el gas, y el depósito se trituró para obtener un compuesto de silicio-oxígeno.

Ejemplos 2 a 17 y Ejemplos Comparativos 1 a 4

A diferencia del Ejemplo 1, los parámetros relevantes en el proceso de preparación del compuesto de silicio-oxígeno, tales como el tipo y la cantidad de la fuente de azufre y de la fuente de aluminio, se ajustaron para obtener el correspondiente compuesto de silicio-oxígeno. Consulte la Tabla 1 para obtener más detalles. Entre ellos, el silicio metálico 3 satisfacía: el contenido del elemento silicio era mayor del o igual al $98,5\%$, el contenido del elemento aluminio era menor de o igual a 5.000 ppm, el contenido del elemento hierro era menor de o igual a 5.000 ppm, y el contenido del elemento calcio era menor de o igual a 3.000 ppm.

Preparación de placa de electrodo negativo

El compuesto de silicio-oxígeno resultante, un agente conductor Super-P (negro de carbón conductor) y un ligante PAA (ácido poliacrílico) se mezclaron en una proporción de masa de 85:5:10 en una cantidad apropiada de agua desionizada para obtener una mezcla homogénea. suspensión de electrodo negativo; la suspensión de electrodo negativo se revistió sobre la superficie de la lámina de cobre del colector de corriente de electrodo negativo, se secó y se prensó en frío para obtener una placa de electrodo negativo.

Contraelectrodo: lámina de litio metal.

Separador: película de polietileno (PE).

Electrolito: se mezclaron carbonato de etileno (EC), carbonato de metilo y etilo (EMC) y carbonato de dietilo (DEC) en una proporción en volumen de 1:1:1, se añadió carbonato de fluoroetileno (FEC) y luego se disolvió LiPF_6 uniformemente en la mezcla de los disolventes para obtener una disolución electrolítica, en la cual la concentración de LiPF_6 era 1 mol/L, y el porcentaje en masa del FEC era del 6 %.

Preparación de la batería de botón

La placa de electrodo negativo, el separador, la pieza de litio metal y el contraelectrodo mencionados anteriormente se laminaron en orden, y se añadió el electrolito mencionado anteriormente para obtener una batería de botón.

Prueba de la composición y del tamaño de partícula

Se analizaron las composiciones de los compuestos de silicio-oxígeno de los Ejemplos 1 a 17 y de los Ejemplos Comparativos 1 a 4, en donde se analizaron los contenidos de elemento azufre y de elemento aluminio. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Se analizaron los tamaños de partícula de los compuestos de silicio-oxígeno de los Ejemplos 1 a 17 y de los Ejemplos Comparativos 1 a 4, en donde se analizó el tamaño de partícula DV50. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

50

Prueba del rendimiento de la capacidad y del rendimiento del ciclo de la batería de botón

5 En un entorno de presión normal a 25°C, se descargó una batería de botón a una tasa de corriente constante de 0,1 C a 0,005 V, y luego se descargó a una corriente constante de 0,04 C a 0,005 V, y luego se dejó durante 5 minutos. La capacidad de descarga resultante se registró como la capacidad de activación del litio del primer ciclo. Después de eso, la batería se cargó a 1,5 V a una tasa de corriente constante de 0,1 C y luego se dejó reposar durante 5 minutos. Este procedimiento formó un ciclo de carga y descarga. La capacidad de carga resultante se registró como la capacidad de inactivación del litio del primer ciclo. La batería de botón se sometió a 30 ciclos de prueba de carga-descarga siguiendo el procedimiento descrito anteriormente, y se registró la capacidad de inactivación del litio para cada ciclo.

10 Eficiencia de corriente inicial de la batería de botón (%) = Capacidad de inactivación del litio para el primer ciclo / Capacidad de activación del litio para el primer ciclo x 100 %

Tasa de retención de la capacidad del ciclo (%) = Capacidad de inactivación del litio para el ciclo 30 / Capacidad de activación del litio para el primer ciclo x 100 %

Los resultados de las pruebas de los Ejemplos 1 a 17 y de los Ejemplos Comparativos 1 a 4 se muestran en la Tabla 2.

15 A partir de los datos de la Tabla 2, se puede ver que la eficiencia de corriente inicial y la tasa de retención de la capacidad después de los ciclos de las baterías de los Ejemplos 1 a 17 mejoraron significativamente en comparación con las baterías de los Ejemplos Comparativos 1 a 4.

20 El contenido del elemento azufre en el Ejemplo Comparativo 1 era demasiado alto, por un lado, reducía la capacidad en gramos del compuesto de silicio-oxígeno. Por otro lado, durante el proceso de activación del litio se generó demasiado compuesto de litio-azufre, lo que provocaría un consumo excesivo de iones de litio activos en la batería secundaria, reduciendo así la eficiencia inicial y el rendimiento del ciclo del compuesto de silicio-oxígeno. El contenido del elemento azufre en el Ejemplo Comparativo 2 era demasiado bajo y el efecto amortiguador sobre la expansión y contracción de las partículas era insuficiente, por lo que era más probable que las partículas se agrietaran durante el proceso de carga y descarga, lo que también conduce a una baja eficiencia de corriente inicial y a un bajo rendimiento del ciclo.

25 La relación en masa del elemento azufre al elemento aluminio del Ejemplo Comparativo 3 y del Ejemplo Comparativo 4 era demasiado baja o demasiado alta, el elemento azufre y el elemento aluminio no pueden lograr un buen efecto sinérgico, y el rendimiento del transporte de iones del compuesto de silicio-oxígeno se ajustaba mal con el rendimiento del transporte de electrones. Como resultado, resultaron deficientes la eficiencia inicial y el rendimiento del ciclo del compuesto de silicio-oxígeno. En la Figura 1 se muestra el patrón de difracción de rayos X del compuesto de silicio-oxígeno del Ejemplo 6. El compuesto de silicio-oxígeno tenía un pico de difracción en una posición donde el ángulo de difracción 2θ era $26^\circ \sim 30^\circ$, y el ancho total en la mitad del máximo del pico de difracción era de $0,8^\circ \sim 3,2^\circ$; tenía un pico de difracción en una posición donde el ángulo de difracción 2θ era de $46^\circ \sim 50^\circ$, y el ancho total en la mitad del máximo del pico de difracción era de $1,0^\circ \sim 4,2^\circ$; tenía un pico de difracción en la posición en la que el ángulo de difracción 2θ era de $54^\circ \sim 58^\circ$, y el ancho total en la mitad del máximo del pico de difracción era de $0,8^\circ \sim 4,5^\circ$.

35 Las descripciones mencionadas anteriormente solo muestran implementaciones particulares de la presente solicitud y, sin embargo, no pretenden limitar el alcance de la protección de la presente solicitud. Cualquier modificación o reemplazo fácilmente averiguado por un experto en la técnica dentro del alcance técnico divulgado en la presente solicitud estará dentro del alcance de protección de la presente solicitud. Por lo tanto, el alcance de protección de la presente solicitud estará determinado por el alcance de protección de las reivindicaciones.

Tabla 1

N.º	Materias primas										Contenidos de S y Al después de mezclar			
	Silicio metálico 1		Silicio metálico 2		Silicio metálico 3		Dióxido de silicio		Fuente de azufre		Fuente de aluminio		Contenido de S (ppm)	Contenido de Al (ppm)
	Cantidad (g)		cantidad (g)		cantidad (g)		cantidad (g)		Tipo	Cantidad (g)	Tipo	Cantidad (g)		
1	22,7	27,3	/	50,0	coque con alto contenido de azufre	0,81	/	/	201	293				
2	18,4	31,6	/	50,0	coque con alto contenido de azufre	1,22	/	/	301	330				
3	/	18,5	31,5	50,0	coque con alto contenido de azufre	6,39	/	/	1.502	1.654				
4	/	1,4	48,6	50,0	coque con alto contenido de azufre	11,11	/	/	2.500	2.200				
5	/	37,4	12,6	50,0	coque con alto contenido de azufre	6,39	/	/	1.502	944				
6	4,6	45,4	/	50,0	coque con alto contenido de azufre	4,17	/	/	1.001	440				
7	/	45,4	4,6	50,0	coque con alto contenido de azufre	8,70	/	/	2.001	629				
8	/	46,7	3,3	50,0	coque con alto contenido de azufre	11,11	/	/	2.500	569				
9	44,2	5,8	/	50,0	coque con alto contenido de azufre	2,04	/	/	500	100				
10	/	48,1	1,9	50,0	coque con alto contenido de azufre	13,64	/	/	3.001	507				
11	4,6	45,4	/	50,0	coque con alto contenido de azufre	4,17	/	/	1.001	440				
12	4,6	45,4	/	50,0	coque con alto contenido de azufre	4,17	/	/	1.001	440				
13	4,6	45,4	/	50,0	coque con alto contenido de azufre	4,17	/	/	1.001	440				
14	4,6	45,4	/	50,0	coque con alto contenido de azufre	4,17	/	/	1.001	440				
15	4,6	45,4	/	50,0	coque con alto contenido de azufre	4,17	/	/	1.001	440				
16	9,4	40,6	/	50,0	polvo de azufre	0,30	/	/	2.991	414				

N.º	Materias primas										Contenidos de S y Al después de mezclar			
	Dióxido de silicio					Fuente de azufre					Fuente de aluminio		Contenido de S (ppm)	Contenido de Al (ppm)
	Silicio metálico 1	Silicio metálico 2	Silicio metálico 3	cantidad (g)	Dióxido de silicio	Tipo	Cantidad (g)	Tipo	Cantidad (g)	Tipo	Cantidad (g)			
17	/	50,0	/	50,0	coque con alto contenido de azufre	11,11	Al polvo	0,084			2.498	1.205		
1	/	18,5	31,5	50,0	coque con alto contenido de azufre	16,01	/	/			3.450	1.517		
2	43,3	6,7	/	50,0	coque con alto contenido de azufre	0,40	/	/			100	110		
3	/	29,1	20,9	50,0	coque con alto contenido de azufre	1,22	/	/			301	1.320		
4	27,8	22,2	/	50,0	coque con alto contenido de azufre	9,99	/	/			2.271	227		

Tabla 2

N.º	Compuesto de silicio-oxígeno				Rendimiento de la batería		
	Contenido de S (ppm)	Contenido de Al (ppm)	Relación en masa de S a Al	Dv50 (µm)	Eficiencia de corriente inicial (%)	Tasa de retención de la capacidad después de 30 ciclos (%)	
Ejemplo	1	20	13	1,5	6	73,5	91,1
	2	30	15	2,0	6	78,3	95,0
	3	150	75	2,0	6	77,9	94,7
	4	250	100	2,5	6	77,0	93,7
	5	150	43	3,5	6	78,3	94,7
	6	98	19	5,2	6	79,0	95,5
	7	202	29	7,0	6	78,4	93,9
	8	250	26	9,6	6	77,7	94,2
	9	51	5	10,2	6	74,1	90,3
	10	300	23	13,0	6	72,5	89,8
	11	98	19	5,2	3	75,6	92,7
	12	98	19	5,2	4	78,1	94,3
	13	98	19	5,2	8	78,9	94,7
	14	98	19	5,2	9	78,9	94,3
	15	98	19	5,2	12	76,2	89,3
	16	98	19	5,2	6	78,6	94,8
	17	250	48	5,2	6	78,2	94,9
Ejemplo Comparativo	1	350	70	5,0	6	68,6	81,1
	2	9	5	1,8	6	59,3	76,5
	3	30	60	0,5	6	70,6	82,6
	4	227	10	22,7	6	64,7	80,8

REIVINDICACIONES

1. Un compuesto de silicio-oxígeno, con una fórmula de SiO_x , en la que $0 < x < 2$, caracterizado en que, el compuesto de silicio-oxígeno contiene elemento azufre y elemento aluminio, y el contenido del elemento azufre es de 20 ppm ~ 300 ppm; y una relación en masa del elemento azufre al elemento aluminio es de 1,5 a 13,0.
- 5 2. El compuesto de silicio-oxígeno según la reivindicación 1, en donde el contenido del elemento azufre es de 30 ppm a 250 ppm.
3. El compuesto de silicio-oxígeno según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en donde el contenido del elemento aluminio es de 5 ppm a 150 ppm; opcionalmente, el contenido del elemento aluminio es de 10 ppm a 100 ppm.
- 10 4. El compuesto de silicio-oxígeno según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde la relación en masa del elemento azufre al elemento aluminio es de 2,0 a 10,0.
5. El compuesto de silicio-oxígeno según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde en el patrón de difracción de rayos X del compuesto de silicio-oxígeno hay un pico de difracción en una posición donde el ángulo de difracción 2θ es de 26° - 30° , y el ancho total en la mitad del máximo del pico de difracción es de $0,8^\circ$ - $3,2^\circ$;
- 15 hay un pico de difracción en una posición donde el ángulo de difracción 2θ es de 46° - 50° , y el ancho total en la mitad del máximo del pico de difracción es de $1,0^\circ$ - $4,2^\circ$;
- hay un pico de difracción en una posición donde el ángulo de difracción 2θ es de 54° - 58° , y el ancho total en la mitad del máximo del pico de difracción es de $0,8^\circ$ - $4,5^\circ$.
6. El compuesto de silicio-oxígeno según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde el compuesto de silicio-oxígeno tiene una resistividad volumétrica en polvo bajo una presión de 20 MPa de $10 \Omega\cdot\text{cm}$ o menos;
- 20 opcionalmente, el compuesto de silicio-oxígeno tiene una resistividad volumétrica en polvo bajo una presión de 20 MPa de $1\Omega\cdot\text{cm}$ o menos.
7. El compuesto de silicio-oxígeno según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde el compuesto de silicio-oxígeno tiene un diámetro promedio de partícula $Dv50$ de $2 \mu\text{m}$ ~ $15 \mu\text{m}$; opcionalmente, el compuesto de silicio-oxígeno tiene un diámetro promedio de partícula $Dv50$ de $3 \mu\text{m}$ ~ $12 \mu\text{m}$.
- 25 8. El compuesto de silicio-oxígeno según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde el compuesto de silicio-oxígeno tiene un área superficial específica de $1 \text{ m}^2/\text{g}$ a $7 \text{ m}^2/\text{g}$; opcionalmente, el compuesto de silicio-oxígeno tiene un área de superficie específica de $2 \text{ m}^2/\text{g}$ a $6 \text{ m}^2/\text{g}$.
9. El compuesto de silicio-oxígeno según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde el compuesto de silicio-oxígeno tiene una densidad compactada medida bajo una presión de 5 toneladas (equivalente a 49 KN) de $1,2 \text{ g}/\text{cm}^3$ ~ $1,7 \text{ g}/\text{cm}^3$; opcionalmente, el compuesto de silicio-oxígeno tiene una densidad compactada medida bajo una presión de 5 toneladas (equivalente a 49 KN) de $1,3 \text{ g}/\text{cm}^3$ ~ $1,6 \text{ g}/\text{cm}^3$.
- 30 10. El compuesto de silicio-oxígeno según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde una capa de revestimiento se reviste sobre una superficie exterior del compuesto de silicio-oxígeno, y la capa de revestimiento comprende uno o más de un polímero, un material de carbono y un compuesto metálico.
- 35 11. Una batería secundaria (5) que comprende el compuesto de silicio-oxígeno según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.
12. Un módulo de batería (4) que comprende la batería secundaria (5) de la reivindicación 11.
13. Un paquete de batería (1) que comprende el módulo de batería (4) de la reivindicación 12.
- 40 14. Un dispositivo que comprende al menos uno de la batería secundaria (5) de la reivindicación 11, el módulo de batería (4) de la reivindicación 12 o el paquete de batería (1) de la reivindicación 13.

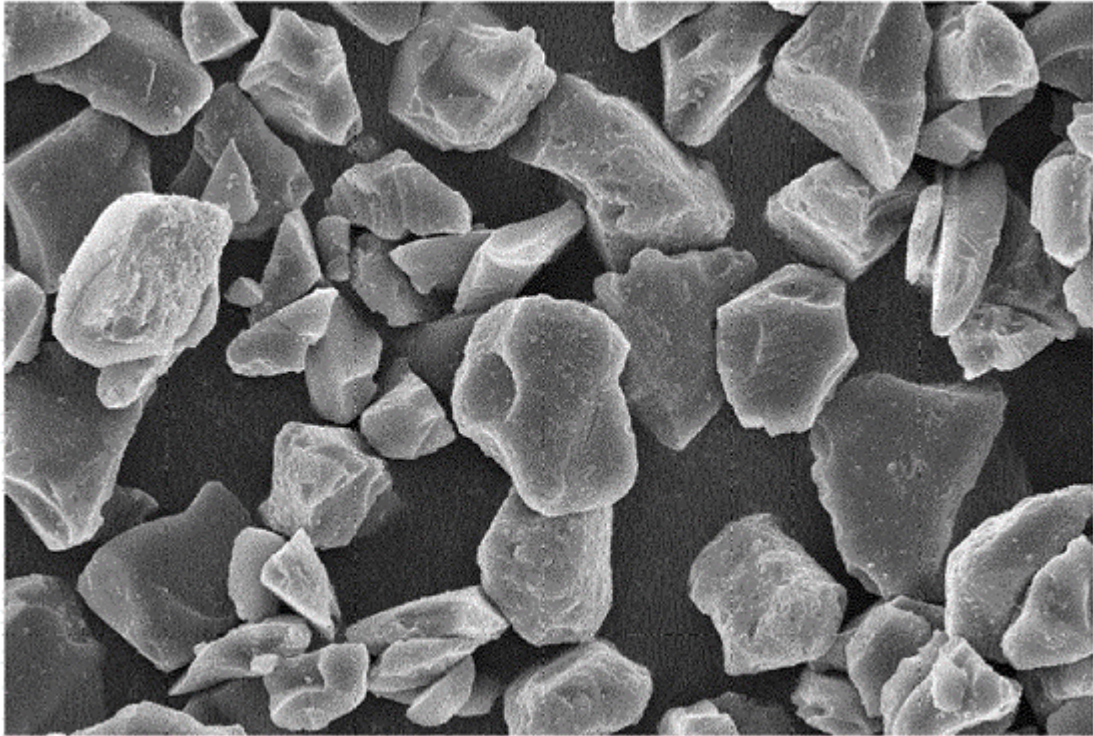


Fig.1

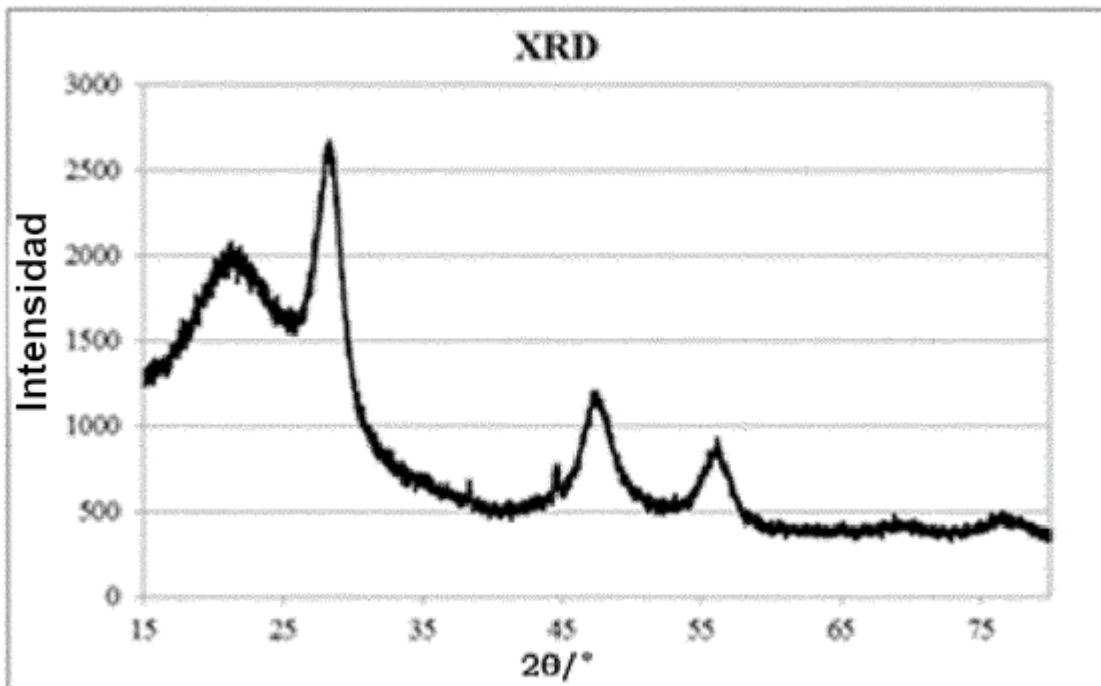


Fig.2

5

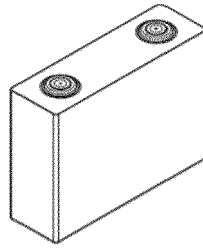


Fig.3

5

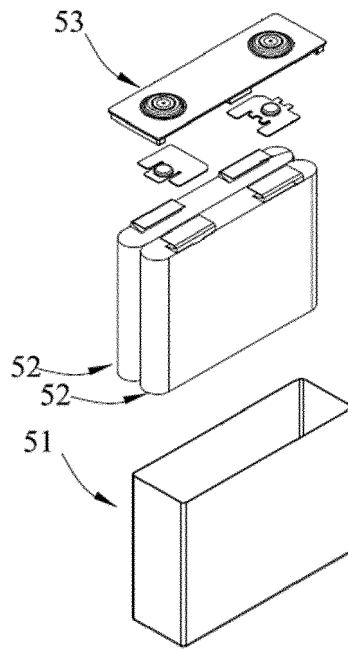


Fig.4

4

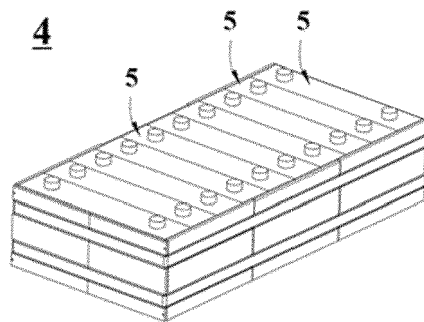


Fig.5

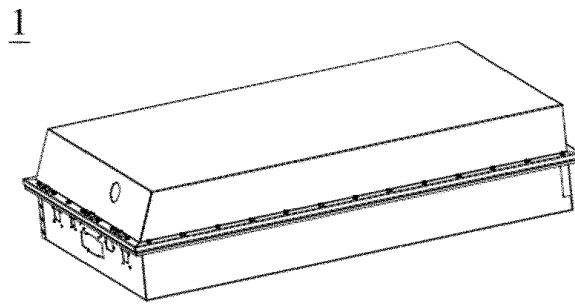


Fig.6

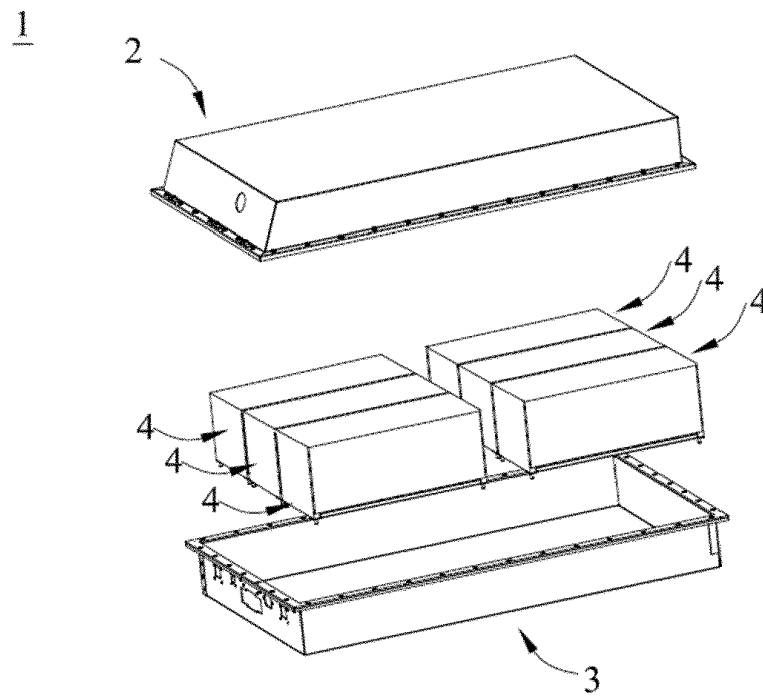


Fig.7

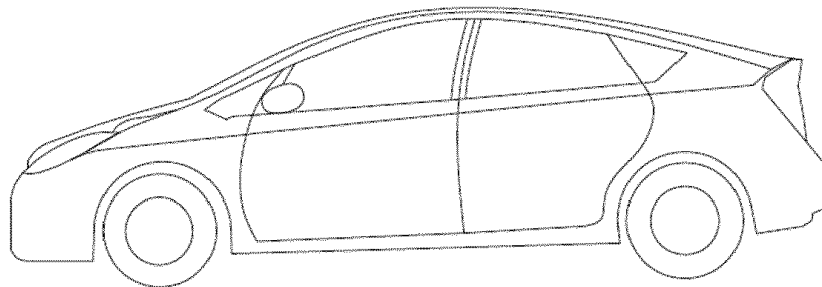


Fig.8