

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 935 738**

51 Int. Cl.:

H01M 4/485 (2010.01)

H01M 4/1391 (2010.01)

H01M 4/36 (2006.01)

H01M 4/62 (2006.01)

H01M 10/0525 (2010.01)

H01M 4/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.07.2020** **PCT/CN2020/101840**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.02.2021** **WO21017813**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.07.2020** **E 20848421 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.12.2022** **EP 3926715**

54 Título: **Compuesto de silicio-oxígeno, método de preparación del mismo y batería secundaria, módulo de baterías, paquete de baterías y aparato relacionado**

30 Prioridad:

29.07.2019 CN 201910688250

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.03.2023

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 935 738 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, método de preparación del mismo y batería secundaria, módulo de baterías, paquete de baterías y aparato relacionado

Campo de la técnica

- 5 Esta solicitud pertenece al campo técnico de los aparatos de almacenamiento de energía y se relaciona específicamente con un compuesto de silicio-oxígeno, un método de preparación del mismo y una batería secundaria, un módulo de baterías, un paquete de baterías y un aparato relacionados.

Antecedentes de la técnica

- 10 Con una atención cada vez mayor a los aspectos de protección ambiental, 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 tipo potencia tienen mayores requisitos de densidad energética y de ciclo de vida. En comparación con los materiales de carbono tradicionales, los materiales a base de silicio como materiales activos de electrodo negativo tienen una capacidad por gramo teórica muy alta, que es varias veces mayor que la de los materiales activos de electrodo negativo a base de grafito. Por lo tanto, la industria espera
- 15 usar los materiales a base de silicio para aumentar la densidad energética de las baterías secundarias.

- El Documento de Patente de Japón de Número JP 2013008696A describe un compuesto de silicio-oxígeno que contiene 50 ppm-100.000 ppm de manganeso y está representado por SiO_x ($0,5 < x < 1,6$) y un método de preparación que comprende: mezclar polvo de silicio que contiene manganeso y polvo de sílice, reducir la presión y realizar una reacción de calentamiento para generar un gas, enfriar bajo presión reducida y depositar el gas para obtener el
- 20 compuesto de silicio-oxígeno.

El Documento de Patente de los EE.UU. de Número US2018151873A1 describe un compuesto de silicio-oxígeno que contiene 10 ppm-500 ppm de cobre y está representado por SiO_x ($0,5 \leq x \leq 1,6$).

- 25 Sin embargo, los materiales a base de silicio tienen un ciclo de vida pobre, lo que resulta en un rendimiento de ciclo relativamente bajo de las baterías secundarias en aplicaciones prácticas. En base a esto, se necesita proporcionar un material a base de silicio con un ciclo de vida alto.

Sumario

- El primer aspecto de la presente solicitud proporciona un compuesto de silicio-oxígeno con una fórmula SiO_x , en la que $0 < x < 2$, en donde el compuesto de silicio-oxígeno incluye tanto el elemento manganeso como el elemento cobre, un contenido del elemento manganeso es de 20 ppm a 500 ppm y la relación en masa del elemento manganeso al
- 30 elemento cobre es de 1 a 18.

- Sorprendentemente, se encuentra que el compuesto de silicio-oxígeno proporcionado en la presente solicitud incluye tanto el elemento manganeso como el elemento cobre, un contenido del elemento manganeso es de 20 ppm a 500 ppm, y una relación en masa del elemento manganeso al elemento cobre es de 1 a 18, lo que mejora significativamente la capacidad y el ciclo de vida del compuesto de silicio-oxígeno, de modo que la eficiencia coulombica inicial y el
- 35 rendimiento del ciclo de una batería secundaria que usa el compuesto de silicio-oxígeno se mejoran considerablemente.

- En cualquiera de las realizaciones anteriores, el contenido del elemento manganeso es de 70 ppm a 400 ppm, opcionalmente de 70 ppm a 295 ppm. El contenido del elemento manganeso en el compuesto de silicio-oxígeno dentro de dicho intervalo puede mejorar aún más la eficiencia coulombica inicial y el ciclo de vida del compuesto de silicio-oxígeno, y garantizar su capacidad por gramo relativamente alta, lo que puede mejorar aún más la eficiencia coulombica inicial, el rendimiento del ciclo y la densidad energética de la batería secundaria usando el compuesto de
- 40 silicio-oxígeno.

- En cualquiera de las realizaciones anteriores, un contenido del elemento cobre es de 10 ppm a 100 ppm, opcionalmente de 15 ppm a 75 ppm. El contenido del elemento cobre en el compuesto de silicio-oxígeno dentro de dicho intervalo puede mejorar aún más la eficiencia coulombica inicial y el ciclo de vida del compuesto de silicio-oxígeno y, por lo tanto, puede mejorar aún más la eficiencia coulombica inicial y el rendimiento del ciclo de la batería secundaria.
- 45

- En cualquiera de las realizaciones anteriores, la relación en masa del elemento manganeso al elemento cobre puede ser de 3,9 a 16; opcionalmente, la relación en masa del elemento manganeso al elemento cobre puede ser de 3,9 a 12,1. La relación en masa del elemento manganeso al elemento cobre dentro del intervalo anterior puede mejorar aún más la capacidad y el ciclo de vida del compuesto de silicio-oxígeno, de modo que se mejoran aún más el rendimiento de la capacidad y el rendimiento del ciclo de la batería secundaria.
- 50

En cualquiera de las realizaciones anteriores, en el análisis de difracción de rayos X, el compuesto de silicio-oxígeno puede tener un pico de difracción en una posición donde un ángulo de difracción 2θ es de 19° a 27° , y el pico de difracción tiene una anchura a media altura de desde 4° a 12° ; opcionalmente, el pico de difracción tiene una anchura

a media altura de desde 5° a 10° . El compuesto de silicio-oxígeno tiene un pico de difracción en el ángulo de difracción 2θ de desde 19° a 27° , y una anchura a media altura del pico de difracción está dentro del intervalo dado, lo que puede mejorar aún más el ciclo de vida de la batería secundaria.

5 En cualquiera de las realizaciones anteriores, en el análisis del espectro Raman, el compuesto de silicio-oxígeno puede tener picos de dispersión en posiciones donde los desplazamientos Raman son de 1.300 cm^{-1} a 1.400 cm^{-1} y de 1.550 cm^{-1} a 1.650 cm^{-1} , respectivamente. El compuesto de silicio-oxígeno es beneficioso para mejorar la capacidad de la batería secundaria y mejorar la tasa de retención de la capacidad del ciclo de la batería secundaria, lo que puede mejorar el rendimiento del ciclo de la batería secundaria.

10 En cualquiera de las realizaciones anteriores, el compuesto de silicio-oxígeno tiene un tamaño promedio de partícula D_{v50} de desde $4\text{ }\mu\text{m}$ a $15\text{ }\mu\text{m}$; opcionalmente, el D_{v50} del compuesto de silicio-oxígeno es de $5\text{ }\mu\text{m}$ a $10\text{ }\mu\text{m}$. El D_{v50} del compuesto de silicio-oxígeno con un intervalo apropiado permite que la batería secundaria tenga un rendimiento de ciclo y un rendimiento dinámico relativamente altos y también es beneficioso para aumentar la densidad energética de la batería.

15 En cualquiera de las realizaciones anteriores, el compuesto de silicio-oxígeno tiene un área de superficie específica de desde $0,5\text{ m}^2/\text{g}$ a $6\text{ m}^2/\text{g}$; opcionalmente, el compuesto de silicio-oxígeno tiene un área de superficie específica de desde $1\text{ m}^2/\text{g}$ a $3\text{ m}^2/\text{g}$. El área de superficie específica del compuesto de silicio-oxígeno dentro de un intervalo apropiado puede mejorar aún más el rendimiento del ciclo y el rendimiento dinámico de la batería secundaria.

20 En cualquiera de las realizaciones anteriores, el compuesto de silicio-oxígeno tiene una densidad de compactación de desde $1,2\text{ g/cm}^3$ a $1,7\text{ g/cm}^3$ medida bajo una presión de 5 toneladas (equivalente a 49 kN); opcionalmente, el compuesto de silicio-oxígeno tiene una densidad de compactación de desde $1,2\text{ g/cm}^3$ a $1,5\text{ g/cm}^3$ medida bajo una presión de 5 toneladas (equivalente a 49 kN). La densidad de compactación del compuesto de silicio-oxígeno dentro del intervalo anterior permite que la batería secundaria obtenga una densidad energética relativamente alta.

25 En cualquiera de las realizaciones anteriores, el compuesto de silicio-oxígeno tiene una capa de revestimiento sobre 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. El compuesto de silicio-oxígeno con una capa de revestimiento sobre la superficie puede mejorar aún más el rendimiento del ciclo de la batería secundaria.

El segundo aspecto de la presente solicitud proporciona un método para preparar un compuesto de silicio-oxígeno, que incluye las siguientes etapas:

30 proporcionar materias primas que incluyen una fuente de cobre, opcionalmente una fuente de manganeso y al menos uno de polvo de monóxido de silicio y una mezcla de polvo de silicio elemental y polvo de dióxido de silicio; y calentar las materias primas en una atmósfera inerte bajo presión normal o presión reducida para generar un gas;

enfriar el gas en la atmósfera inerte bajo presión normal o presión reducida para depositarlo y así obtener el compuesto de silicio-oxígeno a partir del gas;

35 en donde el compuesto de silicio-oxígeno tiene una fórmula SiO_x , $0 < x < 2$, el compuesto de silicio-oxígeno contiene tanto el elemento manganeso como el elemento cobre, un contenido del elemento manganeso es de 20 ppm a 500 ppm y la relación en masa del elemento manganeso al elemento cobre es de 1 a 18.

40 El compuesto de silicio-oxígeno obtenido por el método provisto en esta solicitud contiene tanto el elemento manganeso como el elemento cobre, un contenido del elemento manganeso es de 20 ppm a 500 ppm, y una relación en masa del elemento manganeso al elemento cobre es de 1 a 18, lo que mejora significativamente la capacidad y el ciclo de vida del compuesto de silicio-oxígeno, de modo que la eficiencia coulombica inicial y el rendimiento del ciclo de una batería secundaria que usa el compuesto de silicio-oxígeno mejoran considerablemente.

45 En cualquiera de las realizaciones anteriores, la temperatura de deposición es de 850°C o inferior; opcionalmente, la temperatura de deposición es de 300°C a 750°C . La temperatura adecuada de deposición es beneficiosa para mejorar la estructura cristalina del compuesto de silicio-oxígeno, de modo que el compuesto de silicio-oxígeno obtenido tenga un pico de difracción en un ángulo de difracción 2θ de desde 19° a 27° , y el pico de difracción tenga una anchura a media altura de desde 4° a 12° , o de 5° a 10° , lo que puede mejorar el correspondiente rendimiento de la batería.

50 En cualquiera de las realizaciones anteriores, después de la deposición del gas, el método incluye además una etapa de molienda del material de deposición obtenido. Mediante la molienda, el óxido de silicio puede obtener la distribución del tamaño de partícula y el área de superficie específica requeridas, mejorando así el correspondiente rendimiento de la batería.

En cualquiera de las realizaciones anteriores, después de la molienda el material de la deposición obtenido, el método incluye además una etapa de revestir la superficie de las partículas. Se forma una capa de revestimiento sobre la superficie exterior del compuesto de silicio-oxígeno obtenido a través de la etapa de revestimiento, lo que puede mejorar aún más el rendimiento del ciclo de la batería secundaria.

El tercer aspecto de la presente solicitud proporciona una batería secundaria que incluye el compuesto de silicio-oxígeno según el primer aspecto de la presente solicitud o el compuesto de silicio-oxígeno obtenido según el método del segundo aspecto de la presente solicitud.

- 5 La batería secundaria de la presente solicitud adopta el compuesto de silicio-oxígeno de la presente solicitud y, por lo tanto, puede tener una eficiencia coulombica inicial y un rendimiento del ciclo relativamente altos.

El cuarto aspecto de la presente solicitud proporciona un módulo de baterías, que incluye la batería secundaria según el tercer aspecto de la presente solicitud.

El quinto aspecto de la presente solicitud proporciona un paquete de baterías, que incluye el módulo de baterías según el cuarto aspecto de la presente solicitud.

- 10 El sexto aspecto de la presente solicitud proporciona un aparato, que incluye al menos uno de la batería secundaria según el tercer aspecto de la presente solicitud, del módulo de baterías según el cuarto aspecto de la presente solicitud, o del paquete de baterías según el quinto aspecto de la presente solicitud.

El módulo de baterías, el paquete de baterías y el aparato de la presente solicitud incluyen la batería secundaria descrita en la presente solicitud y, por lo tanto, tienen al menos los mismos o similares efectos técnicos que la batería secundaria.

15 Descripción de los dibujos

Para explicar de una forma más clara las soluciones técnicas de las realizaciones de la presente solicitud, a continuación se presentarán brevemente los dibujos que se deben usar en las realizaciones de la presente solicitud. Una persona con conocimientos ordinarios en la técnica puede obtener otros dibujos basados en los dibujos sin realizar un trabajo creativo.

- 20 La Figura 1 es un patrón de difracción de rayos X (XRD, por sus siglas en inglés) de un compuesto de silicio-oxígeno según una realización de la presente solicitud.

La Figura 2 es un espectrograma Raman de un compuesto de silicio-oxígeno según otra realización de la presente solicitud.

La Figura 3 es un diagrama esquemático de una realización de una batería secundaria.

- 25 La Figura 4 es una vista en despiece de la Figura 3.

La Figura 5 es un diagrama esquemático de una realización de un módulo de baterías.

La Figura 6 es un diagrama esquemático de una realización de un paquete de baterías.

La Figura 7 es una vista en despiece de la Figura 6.

- 30 La Figura 8 es un diagrama esquemático de una realización de un aparato que usa la batería secundaria como una fuente de alimentación.

Descripción detallada

Para hacer más claros los objetivos, las soluciones técnicas y los efectos técnicos beneficiosos de la presente solicitud, la presente solicitud se describirá en detalle a continuación junto con realizaciones específicas. Se debe entender que las realizaciones descritas en esta especificación son solo para explicar la solicitud, sin pretender limitar la solicitud.

- 35 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 especifique 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 como su propio límite inferior o límite superior o combinarse con otro límite inferior o límite superior para formar un intervalo que no se especifica explícitamente.

- 40 En la descripción de la presente invención, se debe tener en cuenta que, a menos que se especifique lo contrario, un intervalo numérico "no menos de" y "no más de" incluye todos los números dentro de ese intervalo, incluyendo los puntos de los extremos y la cita de "más" en la frase "uno o más" significa dos o más.

El resumen de lo anterior de la presente solicitud no pretende describir cada realización divulgada o cada implementación en esta solicitud. La siguiente descripción ilustra realizaciones ejemplares más específicamente. 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.

Compuesto de silicio-oxígeno

El primer aspecto de la presente solicitud proporciona un compuesto de silicio-oxígeno. El compuesto de silicio-oxígeno tiene una fórmula SiO_x , en la que $0 < x < 2$, en donde el compuesto de silicio-oxígeno contiene tanto el elemento manganeso como el elemento cobre, en donde un contenido del elemento manganeso es de 20 ppm a 500 ppm y la relación en masa del elemento manganeso al elemento cobre es de 1 a 18.

En la presente invención, ppm (partes por millón) se refiere a una masa del elemento manganeso o del elemento cobre en el compuesto de silicio-oxígeno en partes por millón de una masa del compuesto de silicio-oxígeno.

El compuesto de silicio-oxígeno de la presente solicitud contiene tanto el elemento manganeso como el elemento cobre, un contenido del elemento manganeso es de 20 ppm a 500 ppm y una relación en masa del elemento manganeso al elemento cobre es de 1 a 18. Aunque el principio aún no se puede explicar bien, se puede inferir a partir de la investigación que el contenido específico de los elementos manganeso y cobre mejora la conductividad de los iones activos y de los electrones durante la intercalación/desintercalación de los iones activos en el compuesto de silicio-oxígeno, y también puede reducir la polarización de un electrodo negativo y puede suprimir el aumento de la impedancia del electrodo negativo durante un ciclo, lo que es beneficioso para mejorar la capacidad del compuesto de silicio-oxígeno y la tasa de retención de la capacidad durante el ciclo, mejorando así en gran medida la eficiencia coulombica inicial y el rendimiento del ciclo de una batería secundaria.

Por lo tanto, el compuesto de silicio-oxígeno de la presente solicitud permite que la batería secundaria tenga un rendimiento de ciclo, una eficiencia coulombica inicial y una densidad energética relativamente altas.

Opcionalmente, en el compuesto de silicio-oxígeno SiO_x , $0,6 \leq x \leq 1,5$. Además opcionalmente, $0,9 \leq x \leq 1,2$.

El compuesto de silicio-oxígeno satisface que x sea 2 o menos, por ejemplo 1,5 o menos, o 1,2 o menos, lo que permite que el compuesto de silicio-oxígeno tenga un rendimiento de capacidad relativamente alto y una eficiencia coulombica relativamente alta. El compuesto de silicio-oxígeno satisface que x sea mayor que 0, por ejemplo, 0,6 o más, o 0,9 o más, lo que puede reducir mejor el efecto de la expansión del volumen del compuesto de silicio-oxígeno y garantizar que el compuesto de silicio-oxígeno tenga una alta capacidad y un ciclo de vida prolongado.

En el compuesto de silicio-oxígeno de la presente solicitud, el contenido del elemento manganeso puede ser ≤ 500 ppm, ≤ 480 ppm, ≤ 450 ppm, ≤ 420 ppm, ≤ 400 ppm, ≤ 370 ppm, ≤ 350 ppm, ≤ 330 ppm, ≤ 300 ppm, ≤ 280 ppm, ≤ 250 ppm, ≤ 230 ppm o ≤ 200 ppm. En el compuesto de silicio-oxígeno de la presente solicitud, el contenido del elemento manganeso puede ser ≥ 20 ppm, ≥ 50 ppm, ≥ 70 ppm, ≥ 100 ppm, ≥ 120 ppm, ≥ 150 ppm o ≥ 180 ppm. Opcionalmente, el contenido del elemento manganeso es de 70 ppm a 400 ppm, por ejemplo, de 70 ppm a 295 ppm, de 70 ppm a 200 ppm, etc.

El contenido del elemento manganeso es de 500 ppm o menos, por ejemplo, 400 ppm o menos, lo que es beneficioso para garantizar que el compuesto de silicio-oxígeno tenga una alta capacidad por gramo y una eficiencia coulombica inicial. El contenido del elemento manganeso es de 20 ppm o más, por ejemplo, 70 ppm o más, lo que es beneficioso para mejorar el rendimiento del transporte de los iones y de los electrones en el compuesto de silicio-oxígeno, de modo que el compuesto de silicio-oxígeno tenga una alta eficiencia coulombica inicial y un ciclo de vida prolongado.

En el compuesto de silicio-oxígeno de la presente solicitud, opcionalmente, el contenido del elemento cobre es de 10 ppm a 100 ppm. Por ejemplo, el contenido del elemento cobre puede ser ≤ 100 ppm, ≤ 95 ppm, ≤ 90 ppm, ≤ 85 ppm, ≤ 80 ppm, ≤ 75 ppm, ≤ 65 ppm, ≤ 60 ppm, ≤ 55 ppm, o ≤ 50 ppm. Por ejemplo, el contenido del elemento cobre puede ser ≥ 10 ppm, ≥ 12 ppm, ≥ 15 ppm, ≥ 20 ppm, ≥ 25 ppm, ≥ 30 ppm, ≥ 35 ppm, ≥ 40 ppm o ≥ 45 ppm. Además, opcionalmente, el contenido del elemento cobre es de 15 ppm a 75 ppm.

El contenido del elemento cobre es opcionalmente 100 ppm o menos, y además opcionalmente 75 ppm o menos, lo que ayuda a asegurar que el compuesto de silicio-oxígeno tenga una alta capacidad por gramo. El contenido del elemento cobre es opcionalmente 10 ppm o más, y aún más opcionalmente 15 ppm o más, lo que es beneficioso para permitir que un material activo de electrodo negativo tenga un ciclo de vida prolongado.

En el compuesto de silicio-oxígeno de la presente solicitud, opcionalmente, la relación en masa del elemento manganeso al elemento cobre puede ser de 2 a 18, de 3,9 a 16, de 3,9 a 14,7, de 3,9 a 12,1, de 3,9 a 10,0, o de 4 a 10.

La relación en masa del elemento manganeso al elemento cobre dentro del intervalo anterior puede mejorar aún más la capacidad y el ciclo de vida del compuesto de silicio-oxígeno, de modo que se mejoran aún más el rendimiento de la capacidad y el rendimiento del ciclo de la batería secundaria. Aunque el principio no se puede explicar bien, se puede inferir según la investigación que, la relación en masa del elemento manganeso al elemento cobre en el compuesto de silicio-oxígeno dentro del intervalo anterior puede ejercer mejor el efecto sinérgico del elemento manganeso y del elemento cobre, lo que mejora aún más el rendimiento de la capacidad y el ciclo de vida del compuesto de silicio-oxígeno.

En algunas realizaciones, opcionalmente, con referencia a un patrón de difracción de rayos X del compuesto de silicio-oxígeno según la presente solicitud que se muestra en la Figura 1, tiene un pico de difracción en una posición donde

el ángulo de difracción 2θ es de 19° a 27° y el pico de difracción tiene una anchura a media altura de desde 4° a 12° . En la presente invención, la anchura a media altura (FWHM, por sus siglas en inglés) se refiere a una anchura del pico a la mitad de la altura del pico.

5 El compuesto de silicio-oxígeno tiene un pico de difracción en el ángulo de difracción 2θ de desde 19° a 27° , y el pico de difracción tiene una anchura a media altura de desde 4° a 12° , lo que permite que el compuesto de silicio-oxígeno tenga una capacidad por gramo relativamente alta y una expansión de ciclo relativamente baja, y no sea fácil de romper y pulverizar durante el ciclo de carga y descarga de la batería secundaria. Por lo tanto, el ciclo de vida de la batería se puede mejorar aún más.

10 Opcionalmente, en el análisis de difracción de rayos X del compuesto de silicio-oxígeno, el pico de difracción en el ángulo de difracción 2θ de desde 19° a 27° tiene una anchura a media altura de desde 5° a 10° . El compuesto de silicio-oxígeno puede tener una mayor estabilidad estructural.

15 En algunas realizaciones, opcionalmente, el compuesto de silicio-oxígeno tiene una capa de revestimiento sobre una superficie exterior, y la capa de revestimiento puede comprender uno o más de 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.

Opcionalmente, el polímero puede ser uno o más seleccionados entre polianilina, poliacetileno, poliestireno, poliacrilonitrilo, poli(cloruro de vinilo) y polietileno.

20 Opcionalmente, el material de carbono puede comprender uno o más de grafito, microesferas de mesocarbono (MCMB, por sus siglas en inglés), carbono procedente de pirólisis de hidrocarburos, carbono duro y carbono blando, en donde 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 , ZrO_2 y TiO_2 .

25 La capa de revestimiento puede aliviar aún más el efecto de la expansión del volumen del compuesto de silicio-oxígeno y mejorar el ciclo de vida del material. Además, la capa de revestimiento también protege al compuesto de silicio-oxígeno, inhibe la reacción secundaria de un electrolito sobre la superficie del material, y protege la superficie del material de ser corroído por el electrolito, para garantizar que el compuesto de silicio-oxígeno tenga una capacidad relativamente alta y, por lo tanto, se mejora aún más el ciclo de vida de la batería.

30 En algunas realizaciones, opcionalmente, con referencia a un espectrograma Raman del compuesto de silicio-oxígeno según la presente solicitud mostrada en la Figura 2, en el análisis del espectro Raman, el compuesto de silicio-oxígeno de la presente solicitud tiene picos de dispersión en las posiciones donde los desplazamientos Raman son de 1.300 cm^{-1} a 1.400 cm^{-1} y de 1.550 cm^{-1} a 1.650 cm^{-1} , respectivamente. Esto es propicio para mantener una buena red conductiva en una placa de electrodo negativo, mejorando la capacidad de la batería secundaria y mejorando la tasa de retención de la capacidad de la batería secundaria durante el ciclo, y puede aliviar de forma efectiva la expansión del volumen del compuesto de silicio-oxígeno y mejorar el rendimiento del ciclo de la batería secundaria.

35 En algunas realizaciones, opcionalmente, el compuesto de silicio-oxígeno tiene un tamaño promedio de partícula D_{v50} que satisface $4\text{ }\mu\text{m} \leq D_{v50} \leq 15\text{ }\mu\text{m}$. Por ejemplo, $5\text{ }\mu\text{m} \leq D_{v50} \leq 10\text{ }\mu\text{m}$.

40 El D_{v50} del compuesto de silicio-oxígeno es opcionalmente $4\text{ }\mu\text{m}$ o más, por ejemplo, $5\text{ }\mu\text{m}$ o más, lo que puede reducir el consumo de iones activos formadores de película sobre el electrodo negativo, y reducir la reacción secundaria del electrolito sobre el electrodo negativo, reduciendo así capacidad irreversible de la batería secundaria y mejorando el rendimiento del ciclo de la batería secundaria. Además, el D_{v50} del compuesto de silicio-oxígeno es opcionalmente $4\text{ }\mu\text{m}$ o más, por ejemplo, $5\text{ }\mu\text{m}$ o más, lo que también contribuye a reducir la adición de un ligante en la placa del electrodo negativo, lo que aumenta aún más la densidad energética de la batería secundaria.

45 El D_{v50} del compuesto de silicio-oxígeno puede ser $15\text{ }\mu\text{m}$ o menos, por ejemplo, $10\text{ }\mu\text{m}$ o menos, lo que permite trayectorias de migración relativamente cortas de los iones activos y de los electrones en las partículas materiales, y aumenta la tasa de migración de los iones activos y de los electrones, mejorando así el rendimiento dinámico de la batería secundaria; y dicho D_{v50} también es beneficioso para evitar que el compuesto de silicio-oxígeno se rompa o agriete durante la carga y descarga, mejorando así el rendimiento del ciclo de la batería secundaria.

En algunas realizaciones, opcionalmente, el compuesto de silicio-oxígeno tiene un área de superficie específica de desde $0,5\text{ m}^2/\text{g}$ a $6\text{ m}^2/\text{g}$, por ejemplo, de $1\text{ m}^2/\text{g}$ a $3\text{ m}^2/\text{g}$.

50 Cuando el área de superficie específica del compuesto de silicio-oxígeno es opcionalmente $0,5\text{ m}^2/\text{g}$ o más, por ejemplo, $1\text{ m}^2/\text{g}$ o más, las superficies de las partículas del material tienen más sitios activos, lo que puede mejorar el rendimiento electroquímico del compuesto de silicio-oxígeno y cumplir con los requisitos de la batería secundaria para el rendimiento dinámico. El área de superficie específica del compuesto de silicio-oxígeno es opcionalmente $6\text{ m}^2/\text{g}$ o menos, por ejemplo, $3\text{ m}^2/\text{g}$ o menos, lo que es beneficioso para reducir la reacción secundaria del electrolito sobre el electrodo negativo, y también puede reducir el consumo de iones activos formadores de película sobre el electrodo negativo, lo que reduce la capacidad irreversible de la batería secundaria y mejora el rendimiento del ciclo de la batería

secundaria.

En algunas realizaciones, opcionalmente, el compuesto de silicio-oxígeno tiene una densidad de compactación de desde 1,2 g/cm³ a 1,7 g/cm³, por ejemplo, de 1,2 g/cm³ a 1,5 g/cm³, medida bajo una presión de 5 toneladas (equivalente a 49 kN). La densidad de compactación del compuesto de silicio-oxígeno dentro del intervalo anterior permite que la batería obtenga una densidad energética relativamente alta.

En la presente solicitud, los contenidos del elemento manganeso y del elemento cobre en el compuesto de silicio-oxígeno de la presente solicitud se pueden medir mediante instrumentos y métodos conocidos en la técnica. Por ejemplo, el compuesto de silicio-oxígeno se digiere con referencia al método EPA-3052-1996 ("Microwave Assisted Acid Digestion of Silicates"), y luego los contenidos del elemento manganeso y del elemento cobre se miden según el método EPA 6010D-2014 ("Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry") usando el espectrómetro de emisión de plasma acoplado inductivamente (ICP-OES, por sus siglas en inglés) ICAP-7000 de Thermo Fisher Scientific, EE.UU. El método de prueba específico es el siguiente: la digestión por microondas se realiza sobre 0,5 g de muestra de compuesto de silicio-oxígeno usando 10 mL de ácido nítrico y 10 mL de ácido fluorhídrico, la muestra digerida se añade a un matraz volumétrico de 50 mL hasta un volumen constante y luego los contenidos del elemento manganeso y del elemento cobre se miden usando el ICP-OES ICAP-7000.

En esta solicitud, el espectro de difracción de rayos X del compuesto de silicio-oxígeno de esta solicitud se puede medir mediante instrumentos y métodos conocidos en la técnica. Por ejemplo, el espectro de difracción de rayos X se mide usando un difractómetro de rayos X para polvo según el método de la norma JIS K0131-1996 ("General rules for X-ray diffraction analysis"). Para otro ejemplo, se usa un difractómetro de rayos X (Bruker D8 Discover) de Bruker AxS, Alemania, con rayos de CuK α como fuente de radiación, una longitud de onda del rayo $\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$, un intervalo del ángulo de exploración 2θ de 10° a 90° y una velocidad de exploración de 4°/min.

En esta solicitud, el espectrograma Raman del compuesto de silicio-oxígeno de esta solicitud se puede medir mediante instrumentos y métodos conocidos en la técnica. Por ejemplo, se seleccionan al azar 3 puntos del polvo del compuesto de silicio-oxígeno de esta solicitud para realizar pruebas usando un espectrómetro Raman para obtener tres grupos de valores medidos, que luego se promedian. El espectrómetro Raman puede ser un espectrómetro micro-Raman de láser LabRAM HR Evolution, que usa un láser de estado sólido con una longitud de onda de 523 nm como fuente de luz, un diámetro de haz de 1,2 μm y una potencia de 1 mW; el modo de medición adopta macro-Raman; y se usa un detector CCD (por sus siglas en inglés).

En esta solicitud, el tamaño promedio de partícula D_{v50} del compuesto de silicio-oxígeno tiene un significado conocido en la técnica y se puede medir mediante instrumentos y métodos conocidos en la técnica. Por ejemplo, el D_{v50} se puede medir convenientemente con referencia al método GB/T 19077-2016 ("Particle Size Distribution Laser Diffraction Methods") mediante el uso de un analizador de tamaño de partículas por láser, tal como el analizador de tamaño de partículas por láser Mastersizer 2000E de Malvern Instruments Co., Ltd., Reino Unido. El D_{v50} representa un tamaño de partícula cuando el porcentaje de la distribución ponderada en volumen del compuesto de silicio-oxígeno alcanza el 50 %.

En esta solicitud, el área de superficie específica del compuesto de silicio-oxígeno tiene un significado conocido en la técnica y se puede medir mediante instrumentos y métodos conocidos en la técnica. Por ejemplo, el área de superficie específica se puede medir mediante un método de prueba de análisis de área de superficie específica por adsorción de nitrógeno con referencia a los estándares del método GB/T 19587-2017 ("Determination of the specific surface area of solids by gas adsorption using the BET method"), y calculada por un método BET (Brunauer Emmett Teller), en donde la prueba del análisis del área de superficie específica por adsorción de nitrógeno se puede llevar a cabo mediante un analizador específico de superficie y porosidad (TriStarII 3020) de Micromeritics, EE.UU.

En esta solicitud, la densidad de compactación del compuesto de silicio-oxígeno se puede medir mediante instrumentos y métodos conocidos en la técnica, por ejemplo, con referencia a las normas del método GB/T24533-2009, mediante un medidor de presión electrónico, tal como el medidor de presión electrónico UTM7305. Se pesa aproximadamente 1 g de muestra con precisión y se añade a un molde con un área inferior de 1,327 cm², se aplica a la muestra una presión de 5 toneladas (equivalente a 49 kN) mediante el uso de un dispositivo de presión, se mantiene durante 30 segundos y luego se libera la presión, posteriormente se mide la altura de la muestra y se puede obtener la densidad de compactación del material a través de una fórmula $\rho = m/(1.327 \times h)$. En la fórmula, ρ representa la densidad de compactación del material, 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 (equivalente a 49 kN) y mantenida a esta presión durante 30 segundos antes de liberar la presión.

La presente solicitud proporciona además un método para preparar el compuesto de silicio-oxígeno, que incluye las siguientes etapas:

S10, proporcionar materias primas y calentar las materias primas en una atmósfera inerte bajo presión normal o presión reducida para generar un gas;

S20, enfriar el gas en una atmósfera inerte bajo presión normal o presión reducida para depositar y obtener a partir del gas el compuesto de silicio-oxígeno según el primer aspecto de la presente solicitud.

Opcionalmente, las materias primas incluyen una fuente de cobre, opcionalmente una fuente de manganeso, y al menos uno de polvo de monóxido de silicio y una mezcla de polvo de silicio elemental y polvo de dióxido de silicio.

El elemento manganeso se puede derivar de polvo de silicio metálico y/o polvo de monóxido de silicio y también se puede derivar de una fuente de manganeso.

5 Los contenidos del elemento manganeso y del elemento cobre en el compuesto de silicio-oxígeno de la presente solicitud se pueden controlar mediante uno o más de los siguientes medios: seleccionando el polvo de monóxido de silicio o el polvo de silicio y el polvo de dióxido de silicio con diferente contenido de manganeso, y ajustando la cantidad añadida de una fuente de manganeso y/o de una fuente de cobre, de modo que el contenido del elemento manganeso sea de 20 ppm a 500 ppm y la relación en masa del elemento manganeso al elemento cobre sea de 1 a 18.

10 Opcionalmente, la fuente de manganeso se puede seleccionar de manganeso metálico, una aleación de manganeso o un compuesto de manganeso. El compuesto de manganeso puede ser uno o más seleccionados entre óxido de manganeso, carbonato de manganeso, hidróxido de manganeso, acetato de manganeso, oxalato de manganeso, nitrato de manganeso y sulfato de manganeso.

15 Opcionalmente, la fuente de cobre se puede seleccionar entre cobre metálico, una aleación de cobre o un compuesto de cobre. El compuesto de cobre puede ser uno o más seleccionados de óxido de cobre, carbonato de cobre, hidróxido de cobre, acetato de cobre, oxalato de cobre, nitrato de cobre y sulfato de cobre.

20 En el método anterior, en la etapa S10, la atmósfera inerte puede ser una atmósfera de nitrógeno, una atmósfera de argón, una atmósfera de nitrógeno, etc. La presión de la atmósfera inerte es presión normal o presión reducida. Opcionalmente, la presión absoluta de la atmósfera inerte es de 10 Pa a 1 kPa, por ejemplo, de 20 Pa a 50 Pa. La temperatura de calentamiento es opcionalmente de 1.100°C a 1.600°C.

Dentro del intervalo de temperaturas de calentamiento anterior, cuanto mayor sea la temperatura, más beneficiosa será la gasificación de la fuente de cobre y de la fuente de manganeso. Cuando las materias primas contienen cierta fuente de manganeso y de fuente de cobre, el aumento de la temperatura puede aumentar el contenido del elemento manganeso y del elemento cobre en el compuesto de silicio-oxígeno finalmente obtenido.

25 Dentro del intervalo de presiones anterior de la atmósfera inerte, cuanto más baja sea la presión, más beneficiosa será la gasificación de la fuente de cobre y de la fuente de manganeso. Cuando las materias primas contienen cierta fuente de manganeso y fuente de cobre, la reducción de la presión, es decir, el aumento del vacío, puede aumentar el contenido del elemento manganeso y del elemento cobre en el compuesto de silicio-oxígeno finalmente obtenido.

30 En el método anterior, en la etapa S20, la atmósfera inerte puede ser una atmósfera de nitrógeno, una atmósfera de argón, una atmósfera de nitrógeno, etc. La presión de la atmósfera inerte es presión normal o presión reducida. Opcionalmente, la presión absoluta de la atmósfera inerte es de 10 Pa a 1 kPa, por ejemplo, de 20 Pa a 50 Pa.

35 En el método anterior, en la etapa S20, la temperatura de deposición se puede ajustar de manera que el compuesto de silicio-oxígeno de la presente solicitud tenga un pico de difracción en una posición donde el ángulo de difracción 2θ sea de 19° a 27° y el pico de difracción tenga una anchura a media altura de desde 4° a 12°, o de 5° a 10°. Opcionalmente, la temperatura de deposición es 850°C o menos, por ejemplo, de 300°C a 750°C.

Además, después de la etapa S20, se puede incluir además la etapa S30, en la que se muele el material de la deposición obtenido, obteniendo así el compuesto de silicio-oxígeno con la distribución del tamaño de partícula y el área de superficie específicas anteriores.

40 En la etapa S30, el material de la deposición se puede moler por cualquier método y dispositivo conocido en la técnica, tal como un molino.

Además, después de la etapa S30, se puede incluir además opcionalmente la etapa S40, en la que se revisten las superficies de las partículas obtenidas en la etapa S30.

45 En la etapa S40, las superficies de las partículas se revisten usando un método de deposición química de vapor para formar una capa de revestimiento. Por ejemplo, se introduce un gas compuesto de hidrocarburos en un reactor cargado con las partículas y se realiza un tratamiento térmico en una atmósfera inerte para carbonizar el compuesto de hidrocarburos, formando así la capa de revestimiento que cubre las superficies de las partículas.

50 Alternativamente, las superficies de las partículas se pueden revestir usando un método de revestimiento en fase líquida para formar una capa de revestimiento. Por ejemplo, se disuelve un polímero en cierto disolvente y se agita completamente con las partículas del compuesto de silicio-oxígeno para lograr una mezcla uniforme, luego el disolvente se elimina por evaporación y el polímero recubre uniformemente las superficies de las partículas del compuesto de silicio-oxígeno.

Batería secundaria

El segundo aspecto de la presente solicitud proporciona una batería secundaria que incluye el compuesto de silicio-

oxígeno según el primer aspecto de la presente solicitud.

Específicamente, la batería secundaria comprende una placa de electrodo positivo, una placa de electrodo negativo, un separador y un electrolito. La placa de electrodo negativo comprende un colector de corriente de electrodo negativo y una película de electrodo negativo dispuesta sobre al menos una superficie del colector de corriente del electrodo negativo y que comprende un material activo de electrodo negativo.

El material activo de electrodo negativo comprende el compuesto de silicio-oxígeno según el primer aspecto de la presente solicitud.

En la batería secundaria de la presente solicitud, el colector de corriente del electrodo negativo puede estar hecho de un material con buena conductividad eléctrica y resistencia mecánica, tal como una lámina de cobre.

En la batería secundaria de la presente solicitud, el material activo de electrodo negativo puede comprender además opcionalmente uno o más de grafito, carbono duro y carbono blando. Opcionalmente, el material activo de electrodo negativo comprende además grafito. El grafito puede ser uno o más seleccionado de grafito artificial y grafito natural.

En la batería secundaria de la presente solicitud, la película de electrodo negativo puede comprender además opcionalmente un agente conductor, un ligante y un espesante, sus tipos no están específicamente limitados y un experto en la técnica puede seleccionarlos según los requisitos reales.

Opcionalmente, el agente conductor usado para la película de electrodo negativo puede ser uno o más seleccionados entre grafito, carbono superconductor, negro de acetileno, negro de carbón, negro de Ketjen, puntos de carbono, nanotubos de carbono, grafeno y nanofibras de carbono; el ligante puede ser uno o más seleccionados entre ácido poli(acrílico) (PAA, por sus siglas en inglés), poli(acrilato 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-Na), alginato de sodio (SA, por sus siglas en inglés), ácido poli(metacrílico) (PMAA, por sus siglas en inglés) y carboximetilquitosano (CMCS, por sus siglas en inglés); el espesante se puede seleccionar de carboximetilcelulosa sódica (CMC-Na, por sus siglas en inglés).

La placa de electrodo negativo se puede preparar según el método convencional en la técnica. Por ejemplo, el compuesto de silicio-oxígeno y otro material activo de electrodo negativo opcional, el agente conductor, el ligante y el espesante se dispersan en un disolvente que puede ser agua desionizada para formar una suspensión uniforme de electrodo negativo; la suspensión de electrodo negativo se reviste sobre un colector de corriente de electrodo negativo y, después de secarse, prensarse en frío y otras etapas, se obtiene la placa de electrodo negativo.

En la batería secundaria de la presente solicitud, la placa de electrodo positivo puede comprender 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 de electrodo positivo.

En la batería secundaria de la presente solicitud, el colector de corriente de electrodo positivo puede estar hecho de un material con buena conductividad eléctrica y resistencia mecánica, tal como una lámina de aluminio.

En la batería secundaria de la presente solicitud, el tipo específico del material activo de electrodo positivo no está específicamente limitado, se pueden usar materiales capaces de desintercalar/intercalar reversiblemente iones activos y un experto en la técnica puede seleccionar el material según las necesidades reales. Opcionalmente, el material activo de electrodo positivo se puede seleccionar entre un óxido de metal de transición y litio y de un material modificado del mismo y el material modificado puede ser óxido de metal de transición y litio sujeto a modificación por revestimiento y/o modificación por dopaje. Opcionalmente, el óxido de metal de transición y litio puede ser uno o más seleccionados entre 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.

En la batería secundaria de la presente solicitud, la película de electrodo positivo puede comprender además un ligante y/o un agente conductor. Los tipos de ligante y de agente conductor no están específicamente limitados y un experto en la técnica puede seleccionarlos según los requisitos reales. Opcionalmente, el ligante usado para la película de electrodo positivo puede ser 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 ser 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.

La placa de electrodo positivo se puede preparar según métodos convencionales en la técnica. Por ejemplo, el material activo de electrodo positivo y el agente conductor y el ligante opcionales se dispersan en un disolvente (tal como N-metilpirrolidona (NMP)) para formar una suspensión uniforme de electrodo positivo; la suspensión de electrodo positivo se reviste sobre un colector de corriente de electrodo positivo y, después de secarse, prensarse en frío y otras etapas, se obtiene la placa de electrodo positivo.

En la batería secundaria de la presente solicitud, el tipo de electrolito no está específicamente limitado y el electrolito se puede seleccionar según los requisitos. El electrolito se puede seleccionar entre al menos uno de electrolitos sólidos

y electrolitos líquidos (es decir, disolución electrolítica). Cuando el electrolito es una disolución electrolítica, la disolución electrolítica comprende una sal electrolítica y un disolvente.

Opcionalmente, la sal electrolítica puede ser una o más seleccionadas entre LiPF_6 (hexafluorofosfato de litio), LiBF_4 (tetrafluoroborato de litio), LiClO_4 (perclorato de litio), LiAsF_6 (hexafluoroarsenato de litio), LiFSI (bisfluorosulfonimida de litio), LiTFSI (bistrifluorometanosulfonimida de litio), LiTFS (trifluorometanosulfonato de litio), LiDFOB (borato de difluorooxalato de litio), LiBOB (borato de bisoxalato de litio), LiPO_2F_2 (difluorofosfato de litio), LiDFOP (fosfato de difluorobisoxalato de litio) y LiTFOP (fosfato de tetrafluorooxalato de litio).

Opcionalmente, el disolvente puede ser uno o más seleccionados entre carbonato de etileno (CE), carbonato de propileno (CP), carbonato de metilo y etilo (CME), carbonato de dietilo (CDE), carbonato de dimetilo (CDM), carbonato de dipropilo (CDP), carbonato de metilo y propilo (CMP), carbonato de propilo y etilo (CPE), carbonato de butileno (CB), carbonato de fluoroetileno (CFE), formiato de metilo (FM), acetato de metilo (AM), acetato de etilo (AE), acetato de propilo (AP), propionato de metilo (PM), propionato de etilo (PE), propionato de propilo (PP), butirato de metilo (BM), butirato de etilo (BE), 1,4-butirolactona (GBL), sulfolano (SF), dimetilsulfona (MSM), metiletilsulfona (MES) y dietilsulfona (ESE).

La disolución electrolítica puede comprender además opcionalmente aditivos. El tipo de aditivos no está específicamente 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 ciertos rendimientos 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 aditivos que mejoran el rendimiento a baja temperatura de la batería.

En la batería secundaria de la presente solicitud, el separador sirve para aislar la placa de electrodo positivo y la placa de electrodo negativo. El tipo de separador no está especialmente limitado y el separador puede ser cualquier separador poroso conocido con buena estabilidad química y mecánica, tal como uno o más de fibra de vidrio, tejido no tejido, polietileno, polipropileno y poli(fluoruro de vinilideno). El separador puede ser una película de una sola capa o una película de material compuesto de múltiples capas. Cuando el separador es una película de un material compuesto de múltiples capas, los materiales de las respectivas capas pueden ser iguales o diferentes.

La batería secundaria se puede preparar mediante un método conocido en la técnica. Como ejemplo, la placa de electrodo positivo, el separador y la placa de electrodo negativo se enrollan (o apilan) en orden con el separador entre la placa de electrodo positivo y la placa de electrodo negativo para su separación para obtener un núcleo de batería, y el núcleo de la batería se coloca en un envase exterior, al que se le inyecta el electrolito y se sella para obtener la batería secundaria.

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

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

En algunas realizaciones, con referencia a la Figura 4, el envase exterior puede comprender una carcasa 51 y una placa de cubierta 53. La carcasa 51 puede comprender una placa inferior y placas laterales conectadas a la placa inferior y la placa inferior y las placas laterales encierran una cavidad receptora. La carcasa 51 tiene una abertura que se comunica con la cavidad receptora y la placa de cubierta 53 puede cubrir la abertura para cerrar la cavidad receptora.

La placa de electrodo positivo, la placa de electrodo negativo y el separador se pueden enrollar o laminar para formar un conjunto de electrodos 52. El conjunto de electrodos 52 está empaquetado en la cavidad receptora. El electrolito, que puede ser una disolución electrolítica, 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, número que se puede ajustar según los requisitos.

En algunas realizaciones, el envase exterior de la batería secundaria puede ser una carcasa dura, tal como una carcasa de plástico duro, una carcasa de aluminio, o una carcasa de acero. El envase exterior de la batería secundaria también puede ser una bolsa blanda, tal como una bolsa blanda tipo bolsa flexible. El material de la bolsa blanda puede ser plástico, por ejemplo, puede comprender 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), etc.

En algunas realizaciones, las baterías secundarias se pueden ensamblar en un módulo de baterías. El número de baterías secundarias contenidas en el módulo de baterías puede ser múltiple y el número específico se puede ajustar según la aplicación y la capacidad del módulo de baterías.

La Figura 5 muestra un módulo de baterías 4 como ejemplo. Con referencia a la Figura 5, en el módulo de baterías 4, se pueden disponer una pluralidad de baterías secundarias 5 de forma secuencial a lo largo de la dirección longitudinal del módulo de baterías 4. Aparentemente, también se pueden disponer de cualquier otra forma. Además, la pluralidad

de baterías secundarias 5 se puede fijar mediante sujetadores.

Opcionalmente, el módulo de baterías 4 puede comprender además una carcasa con un espacio de recepción y la pluralidad de baterías secundarias 5 se reciben en el espacio de recepción.

5 En algunas realizaciones, el módulo de baterías mencionado anteriormente también se puede ensamblar en un paquete de baterías, y el número de módulos de baterías incluidos en el paquete de baterías se puede ajustar según la aplicación y la capacidad del paquete de baterías.

10 Las Figuras 6 y 7 muestran un paquete de baterías 1 como ejemplo. Con referencia a las Figuras 6 y 7, el paquete de baterías 1 puede comprender una carcasa de baterías y una pluralidad de módulos de baterías 4 dispuestos en la carcasa de baterías. La carcasa de baterías comprende un cuerpo de carcasa superior 2 y un cuerpo de carcasa inferior 3. El cuerpo de carcasa superior 2 puede cubrir el cuerpo de carcasa inferior 3 para formar un espacio cerrado para recibir los módulos de baterías 4. En la carcasa de baterías se pueden disponer de cualquier manera una pluralidad de módulos de baterías 4.

Aparato

15 La presente solicitud proporciona además un aparato que comprende al menos uno de batería secundaria, módulo de baterías o paquete de baterías descrito en la presente solicitud. La batería secundaria, el módulo de baterías o el paquete de baterías se pueden usar como una fuente de energía del aparato y también se pueden usar como una unidad de almacenamiento de energía del aparato. El aparato puede ser, pero no se limita a, un dispositivo móvil (por ejemplo, un teléfono móvil, un ordenador portátil, etc.), un vehículo eléctrico (por ejemplo, un vehículo eléctrico puro, un vehículo eléctrico híbrido, un vehículo eléctrico híbrido enchufable, una bicicleta eléctrica, un patinete eléctrico, un

20 vehículo de golf eléctrico, un camión eléctrico), un tren eléctrico, un barco, un satélite, un sistema de almacenamiento de energía, etc.

El aparato puede comprender la batería secundaria, el módulo de baterías o el paquete de baterías según sus requisitos de uso.

25 La Figura 8 muestra un aparato como ejemplo. El aparato es un vehículo eléctrico puro, un vehículo eléctrico híbrido o un vehículo eléctrico híbrido enchufable. Para cumplir con los requisitos del aparato para una alta potencia y una alta densidad energética de las baterías secundarias, se puede usar el paquete de baterías o el módulo de baterías.

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

Ejemplos

30 Los siguientes ejemplos describen más específicamente el contenido descrito en la presente solicitud, y estos ejemplos solo se usan para una descripción explicativa, porque varias modificaciones y cambios dentro del alcance de la presente descripción son obvios para los expertos en la técnica. A menos que se indique lo contrario, todas las partes, porcentajes y relaciones que se describen en los siguientes ejemplos se basan en el peso, todos los reactivos usados en los ejemplos están disponibles comercialmente o se sintetizan según métodos convencionales y se pueden usar

35 directamente sin tratamiento adicional y todos los instrumentos usados en los ejemplos están disponibles comercialmente.

Ejemplo 1

Preparación de un compuesto de silicio-oxígeno

40 1) Se mezclaron 43,33 g de silicio metálico 1 (contenido de elemento silicio fue $\geq 99,7\%$, contenido de elemento manganeso fue 100 ppm, contenido de aluminio fue ≤ 1.000 ppm, contenido de elemento hierro fue ≤ 1.000 ppm y contenido de elemento calcio fue ≤ 100 ppm), 6,67 g de silicio metálico 2 (contenido de elemento silicio fue $\geq 98,5\%$, contenido de elemento manganeso fue 1.000 ppm, contenido de elemento aluminio fue ≤ 5.000 ppm, contenido de elemento hierro fue ≤ 5.000 ppm y contenido de elemento calcio fue ≤ 3.000 ppm), 50 g de polvo de dióxido de silicio y 0,012 g de polvo de cobre metálico para obtener una mezcla de materias primas, en donde el contenido del elemento manganeso en la mezcla era 110 ppm y el contenido del elemento cobre en la mezcla era 120 ppm. Entre las materias primas, el elemento manganeso se derivó del silicio metálico 1 y del silicio metálico 2, no de una fuente de manganeso; el elemento cobre se derivó del cobre metálico como fuente de cobre.

45

2) En una atmósfera de nitrógeno con una presión absoluta de 30 Pa, se calentaron las materias primas a una temperatura de 1.300°C para generar SiO_x gas, que contenía 20 ppm de elemento manganeso y 20 ppm de elemento cobre.

50

3) En atmósfera de nitrógeno con una presión absoluta de 30 Pa, se enfrió el gas a una temperatura de 850°C para obtener una deposición del gas y el material de la deposición se molió para obtener el compuesto de silicio-oxígeno.

Preparación de una placa de electrodo

- 5 El compuesto de silicio-oxígeno preparado anteriormente, un agente conductor Super-P (negro de carbón conductor), un agente conductor CNT (nanotubos de carbono) y un ligante PAA (ácido poliacrílico) se mezclaron completamente a una relación en masa de 85:4,5:0,5:10 en una cantidad adecuada de agua desionizada para formar una suspensión uniforme de electrodo negativo; la suspensión de electrodo negativo se revistió sobre la superficie de una hoja de cobre como un colector de corriente de electrodo negativo y la placa de electrodo negativo se obtuvo después por secado y prensado en frío.

Contraelectrodo

Se usó una lámina de litio metálico.

10 Separador

Se usó una película de polietileno (PE).

Preparación de una disolución electrolítica.

- 15 Se mezclaron carbonato de etileno (CE), carbonato de metilo y etilo (CME) y carbonato de dietilo (CDE) en una relación en volumen de 1:1:1, luego se disolvió LiPF_6 uniformemente en la mezcla del disolvente para obtener una disolución electrolítica, y luego se añadió carbonato de fluoroetileno (CFE), en donde el LiPF_6 tenía una concentración de 1 mol/L y el porcentaje en masa del CFE en la disolución electrolítica era del 6 %.

Preparación de una pila de botón

La placa de electrodo, el separador y la lámina de litio metálico antes mencionados se apilaron en orden y se añadió la disolución electrolítica antes mencionada, obteniendo así una pila de botón.

20 Ejemplos 2-21 y Ejemplos Comparativos 1-4

A diferencia del Ejemplo 1, los parámetros relevantes en el método de preparación del compuesto de silicio-oxígeno se ajustaron para obtener los correspondientes compuestos de silicio-oxígeno. Consulte la Tabla 1 para obtener más información.

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

- 25 A 25 °C y bajo una presión normal, se descargó la pila de botón a 0,005 V a una velocidad de corriente constante de 0,1 C, luego se cargó a 0,005 V a una velocidad de corriente constante de 0,04 C, y se mantuvo durante 5 min y se registró la capacidad de descarga en este momento, es decir, se registró la capacidad de intercalación del litio en el primer ciclo; luego se cargó la pila de botón a 1,5 V a una velocidad de corriente constante de 0,1 C y se mantuvo durante 5 min. Este era un proceso cíclico de carga y descarga. Se registró la capacidad de carga en este momento,
- 30 es decir, la capacidad de desintercalación del litio en el primer ciclo. La pila de botón se sometió a 30 ciclos de prueba de carga y descarga según el método anterior y se registró la capacidad de desintercalación del litio para cada ciclo.

Eficiencia coulombica inicial de la pila de botón (%) = Capacidad de desintercalación del litio en el primer ciclo / Capacidad de intercalación del litio en el primer ciclo x 100 %

- 35 Tasa de retención de la capacidad del ciclo de la pila de botón (%) = Capacidad de desintercalación del litio en el ciclo 30 / Capacidad de intercalación del litio en el primer ciclo x 100 %

Los resultados de las pruebas de los Ejemplos 1 a 21 y de los Ejemplos Comparativos 1 a 4 se muestran en la Tabla 2.

Tabla 1

N.º	Configuración de materias primas							Materias primas después de la mezcla	
	Silicio metálico 1 (g)	Silicio metálico 2 (g)	Dióxido de silicio (g)	Fuente de manganeso		Fuente de cobre		Contenido de Mn (ppm)	Contenido de Cu (ppm)
				Dióxido de manganeso (g)	Manganeso metálico (g)	Óxido de cobre (g)	Cobre metálico (g)		
Ejemplo 1	43,33	6,67	50,00	/	/	/	0,012	110	120
Ejemplo 2	31,11	18,89	50,00	/	/	/	0,012	220	120
Ejemplo 3	12,77	37,23	50,00	/	/	/	0,011	385	110
Ejemplo 4	/	50,00	50,00	/	0,060	/	0,030	1099	300
Ejemplo 5	/	50,00	50,00	/	0,115	/	0,045	1647	449

ES 2 935 738 T3

Ejemplo 6	/	50,00	50,00	/	0,171	/	0,060	2205	599
Ejemplo 7	/	50,00	50,00	/	0,005	/	0,010	550	100
Ejemplo 8	/	50,00	50,00	/	0,033	/	0,011	830	110
Ejemplo 9	/	50,00	50,00	/	0,060	/	0,012	1099	120
Ejemplo 10	/	50,00	50,00	/	0,088	/	0,013	1379	130
Ejemplo 11	/	50,00	50,00	/	0,115	/	0,013	1648	130
Ejemplo 12	/	50,00	50,00	/	0,170	/	0,015	2196	150
Ejemplo 13	/	50,00	50,00	/	0,226	/	0,017	2753	170
Ejemplo 14	12,77	37,23	50,00	/	/	/	0,011	385	110
Ejemplo 15	12,77	37,23	50,00	/	/	/	0,011	385	110
Ejemplo 16	12,77	37,23	50,00	/	/	/	0,011	385	110
Ejemplo 17	12,77	37,23	50,00	/	/	/	0,011	385	110
Ejemplo 18	12,77	37,23	50,00	/	/	/	0,011	385	110
Ejemplo 19	12,77	37,23	50,00	/	/	/	0,011	385	110
Ejemplo 20	12,77	37,23	50,00	/	/	0,013	/	385	104
Ejemplo 21	/	50,00	50,00	0,095	/	/	0,030	1099	300
Ejemplo Comparativo 1	/	50,00	50,00	/	0,281	/	0,060	3299	598
Ejemplo Comparativo 2	45,17	4,83	50,00	/	/	/	0,010	93	100
Ejemplo Comparativo 3	40,27	9,73	50,00	/	/	/	0,030	138	300
Ejemplo Comparativo 4	/	50,00	50,00	/	0,170	/	0,012	2196	120

En la Tabla 1, "/" indica que no se añadió dicho material.

Tabla 2

N.º	Compuesto de silicio-oxígeno				Eficiencia coulombica inicial (%)	Tasa de retención de la capacidad del ciclo (%)
	Contenido de Mn (ppm)	Contenido de Cu (ppm)	Mn/Cu	D ₅₀ (µm)		
Ejemplo 1	20	20	1,0	6	70,2	87,8
Ejemplo 2	40	20	2,0	6	69,8	89,3
Ejemplo 3	70	18	3,9	6	76,1	96,7
Ejemplo 4	200	49	4,1	6	75,7	96,6
Ejemplo 5	295	75	3,9	6	74,9	96,5
Ejemplo 6	400	100	4,0	6	74,7	96,3
Ejemplo 7	97	15	6,5	6	76,0	95,4
Ejemplo 8	150	19	7,9	6	75,9	95,3
Ejemplo 9	200	20	10,0	6	75,9	96,1
Ejemplo 10	255	21	12,1	6	75,4	96,4
Ejemplo 11	309	21	14,7	6	74,9	94,4
Ejemplo 12	400	25	16,0	6	74,3	94,8
Ejemplo 13	500	28	17,9	6	71,5	89,8

Ejemplo 14	70	18	3,9	4	73,3	90,2
Ejemplo 15	70	18	3,9	5	75,7	93,5
Ejemplo 16	70	18	3,9	8	75,6	93,0
Ejemplo 17	70	18	3,9	10	73,7	92,3
Ejemplo 18	70	18	3,9	12	71,2	91,8
Ejemplo 19	70	18	3,9	15	71,2	90,0
Ejemplo 20	70	18	3,9	6	76,2	95,9
Ejemplo 21	200	49	4,1	6	75,6	96,2
Ejemplo Comparativo 1	600	100	6,0	6	61,8	69,9
Ejemplo Comparativo 2	17	17	1,0	6	64,3	78,2
Ejemplo Comparativo 3	25	50	0,5	6	63,0	79,1
Ejemplo Comparativo 4	400	20	20,0	6	65,2	74,3

Se puede ver a partir de los datos de la Tabla 2 que los todos Ejemplos 1-21 satisfacían que el compuesto de silicio-oxígeno contenía tanto el elemento manganeso como el elemento cobre, el contenido del elemento manganeso era de 20 ppm a 500 ppm, y la relación en masa del elemento manganeso al elemento cobre era de 1 a 18; la eficiencia coulombica inicial de la batería y su tasa de retención de la capacidad después de los ciclos mejoraron significativamente.

En el Ejemplo Comparativo 1, el contenido de manganeso demasiado alto redujo la capacidad por gramo del material, y el manganeso excesivo debilitó la unión del silicio y del oxígeno en el material de monóxido de silicio, lo que provocó que las partículas de monóxido de silicio se rompieran más fácilmente durante la carga y descarga; en el Ejemplo Comparativo 2, el contenido de manganeso demasiado bajo redujo la conductividad de los iones activos y de los electrones de las partículas de monóxido de silicio, lo que resultó en un aumento de la impedancia del electrodo negativo y en la polarización de la batería; resultando de ese modo en una eficiencia coulombica inicial y un rendimiento del ciclo deficientes de las baterías.

La relación en masa del elemento manganeso al elemento cobre en el Ejemplo Comparativo 3 era demasiado baja y la relación en masa del elemento manganeso al elemento cobre en el Ejemplo Comparativo 4 era demasiado alta, por lo que el elemento manganeso y el elemento cobre no pueden lograr un buen efecto sinérgico, lo que da como resultado una eficiencia coulombica inicial y un rendimiento de ciclo deficientes de las pilas de botón.

REIVINDICACIONES

1. Un compuesto de silicio-oxígeno, teniendo el compuesto de silicio-oxígeno una fórmula SiO_x , en la que $0 < x < 2$, caracterizado por que, el compuesto de silicio-oxígeno contiene tanto el elemento manganeso como el elemento cobre, un contenido del elemento manganeso es de 20 ppm a 500 ppm en masa y una relación en masa del elemento manganeso al elemento cobre es de 1 a 18.
2. El compuesto de silicio-oxígeno según la reivindicación 1, en donde el contenido del elemento manganeso es de 70 ppm a 400 ppm en masa, opcionalmente de 70 ppm a 295 ppm.
3. El compuesto de silicio-oxígeno según la reivindicación 1 o 2, en donde un contenido del elemento cobre es de 10 ppm a 100 ppm en masa, opcionalmente de 15 ppm a 75 ppm.
4. El compuesto de silicio-oxígeno según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde la relación en masa del elemento manganeso al elemento cobre es de 3,9 a 16; opcionalmente, la relación en masa del elemento manganeso al elemento cobre es de 3,9 a 12,1.
5. El compuesto de silicio-oxígeno según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde, 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 19° a 27° , y el pico de difracción tiene una anchura a media altura de desde 4° a 12° ; opcionalmente, el pico de difracción tiene una anchura a media altura de desde 5° a 10° .
6. El compuesto de silicio-oxígeno según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde, en el análisis del espectro Raman, el compuesto de silicio-oxígeno tiene picos de dispersión en posiciones donde los desplazamientos Raman son de 1.300 cm^{-1} a 1.400 cm^{-1} y de 1.550 cm^{-1} a 1.650 cm^{-1} , respectivamente.
7. El compuesto de silicio-oxígeno según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde el compuesto de silicio-oxígeno tiene un tamaño promedio de partícula D_{v50} de desde $4\text{ }\mu\text{m}$ a $15\text{ }\mu\text{m}$; opcionalmente, el compuesto de silicio-oxígeno tiene un tamaño promedio de partícula D_{v50} de desde $5\text{ }\mu\text{m}$ a $10\text{ }\mu\text{m}$.
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 de superficie específica de desde $0,5\text{ m}^2/\text{g}$ a $6\text{ m}^2/\text{g}$; opcionalmente, el compuesto de silicio-oxígeno tiene un área de superficie específica de desde $1\text{ m}^2/\text{g}$ a $3\text{ m}^2/\text{g}$, medido según los métodos descritos en la descripción.
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 de compactación de desde $1,2\text{ g/cm}^3$ a $1,7\text{ g/cm}^3$ medida bajo una presión de 5 toneladas (equivalente a 49 kN); opcionalmente, el compuesto de silicio-oxígeno tiene una densidad de compactación de desde $1,2\text{ g/cm}^3$ a $1,5\text{ g/cm}^3$ medida bajo una presión de 5 toneladas (equivalente a 49 kN), medido según los métodos descritos en la descripción.
10. El compuesto de silicio-oxígeno según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde el compuesto de silicio-oxígeno tiene una capa de revestimiento sobre una superficie exterior, y la capa de revestimiento comprende uno o más de un polímero, un material de carbono, un material metálico y un compuesto de metal.
11. Un método para preparar un compuesto de silicio-oxígeno, caracterizado por que, el método comprende las siguientes etapas:
 - proporcionar materias primas que comprenden una fuente de cobre, una fuente de manganeso y al menos uno de polvo de monóxido de silicio y una mezcla de polvo de silicio elemental y polvo de dióxido de silicio; y calentar las materias primas en una atmósfera inerte bajo presión normal o presión reducida para generar un gas; y
 - enfriar el gas en la atmósfera inerte bajo presión normal o presión reducida para depositarlo y así obtener el compuesto de silicio-oxígeno a partir del gas;
 - en donde el compuesto de silicio-oxígeno tiene una fórmula SiO_x , en la que $0 < x < 2$, el compuesto de silicio-oxígeno contiene tanto el elemento manganeso como el elemento cobre, un contenido del elemento manganeso es de 20 ppm a 500 ppm en masa y una relación en masa del elemento manganeso al elemento cobre es de 1 a 18.
12. El método según la reivindicación 11, en donde la temperatura de deposición es 850°C o menos; opcionalmente, la temperatura de deposición es de 300°C a 750°C .
13. El método según la reivindicación 11 o 12, en donde después de depositar el gas, el método comprende además una etapa de molienda del material de la deposición obtenido.
14. El método según la reivindicación 13, en donde después de moler el material de la deposición obtenido, el método comprende además una etapa de revestimiento de las superficies de las partículas.
15. Una batería secundaria, caracterizada por que, la batería secundaria comprende el compuesto de silicio-oxígeno

según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 o el compuesto de silicio-oxígeno obtenido por el método según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14.

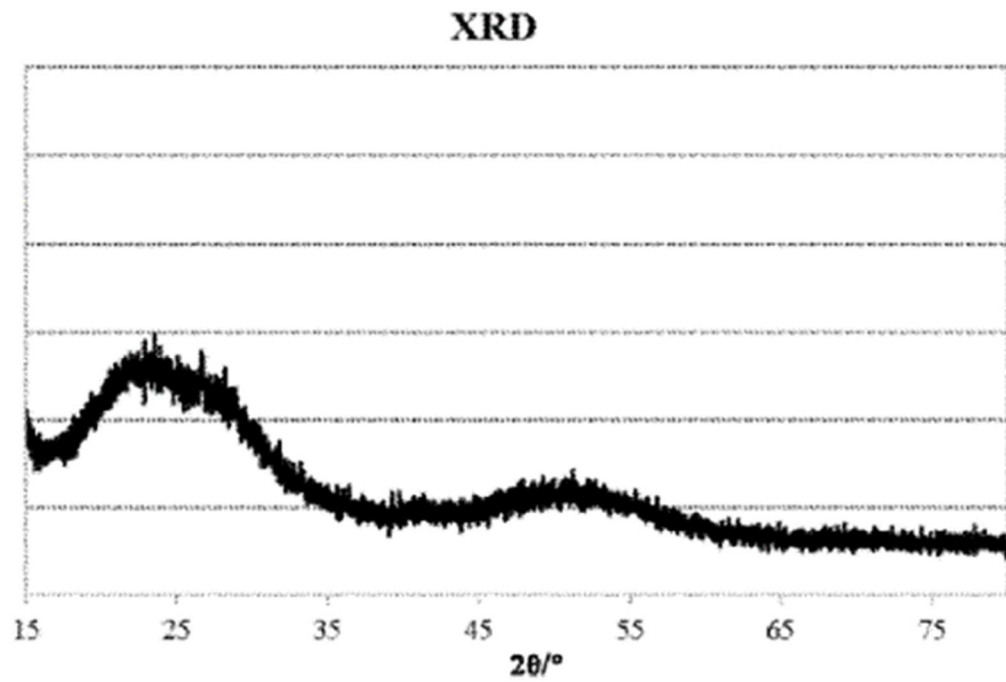


Fig. 1

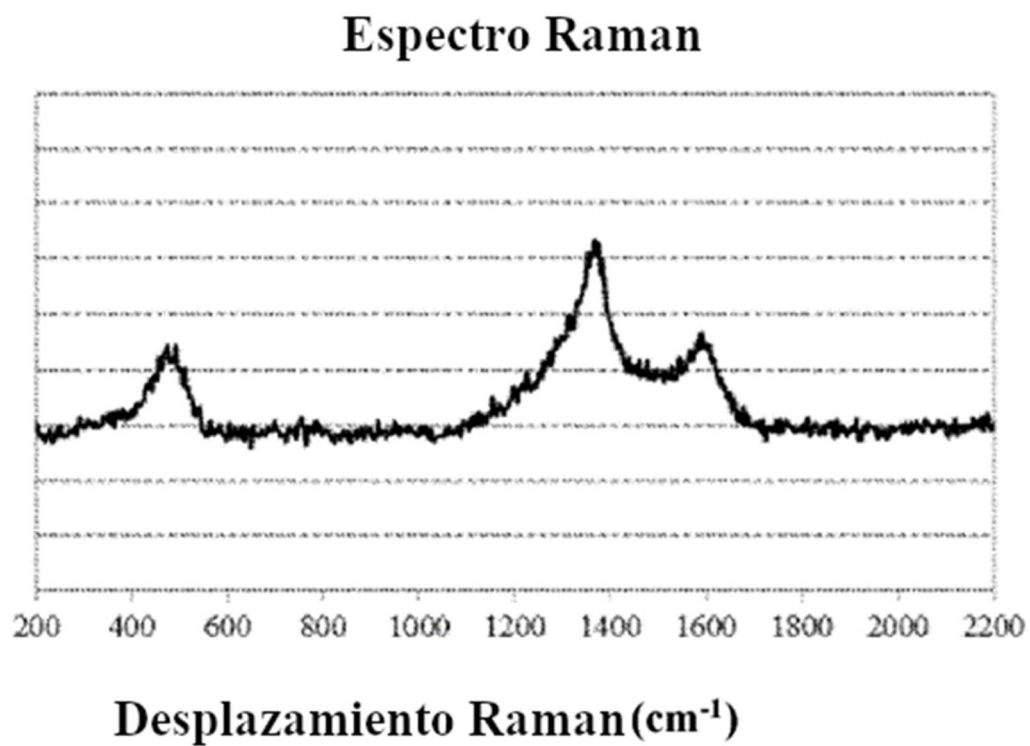


Fig. 2

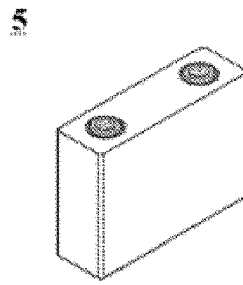


Fig. 3

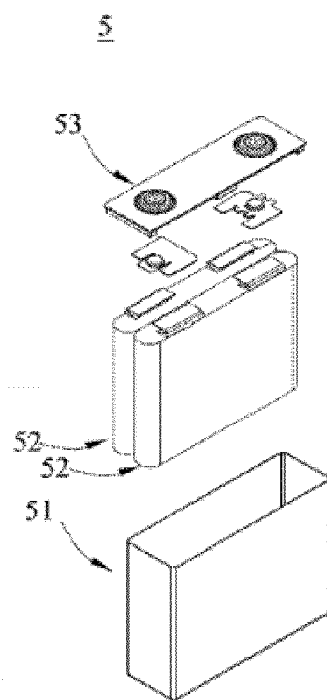


Fig. 4

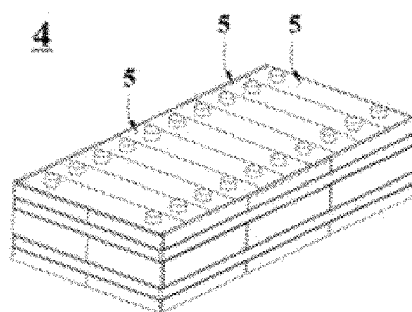


Fig. 5

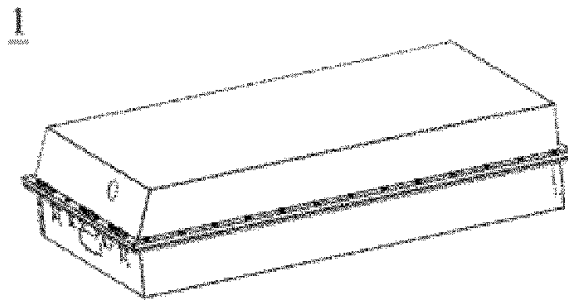


Fig. 6

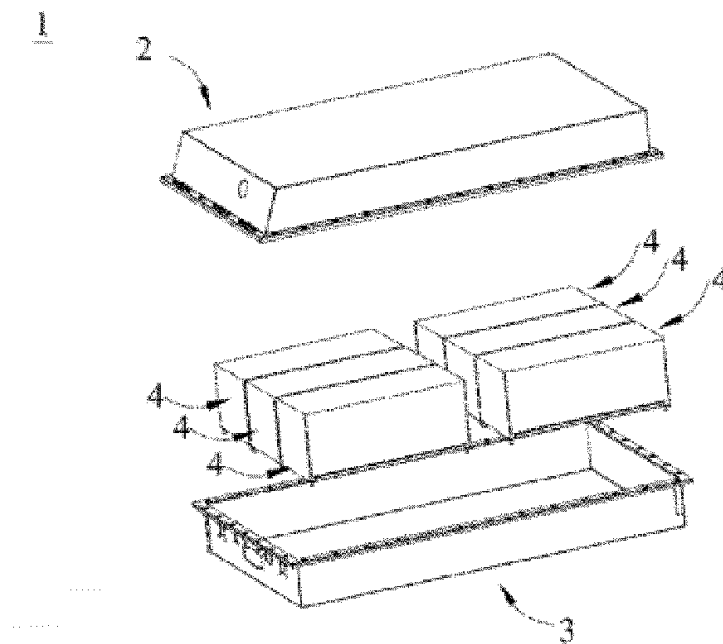


Fig. 7

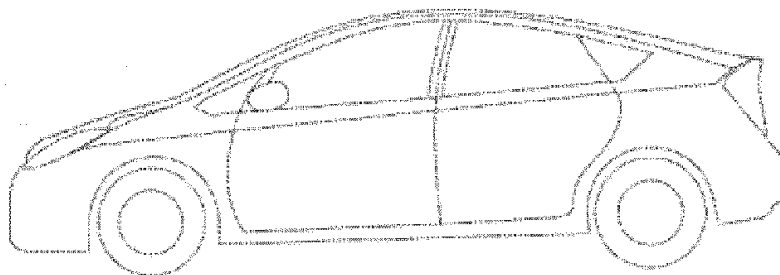


Fig. 8