

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 983 382**

51 Int. Cl.:

H01M 10/0525 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.11.2020 PCT/CN2020/128872**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.06.2021 WO21104064**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.11.2020 E 20893864 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2024 EP 3940841**

54 Título: **Batería secundaria y dispositivo que comprende la batería secundaria**

30 Prioridad:

29.11.2019 CN 201911205359

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

23.10.2024

73 Titular/es:

**CONTEMPORARY AMPEREX
TECHNOLOGY(HONG KONG) LIMITED (100.0%)
Level 19, China Building, 29 Queen's Road
Central
Central, Central And Western District, HK**

72 Inventor/es:

WANG, GUANGJUN

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 983 382 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

Batería secundaria y dispositivo que comprende la batería secundaria

5 CAMPO TÉCNICO

Esta solicitud se refiere al campo técnico de los dispositivos de almacenamiento de energía y, en particular, a una batería secundaria y a un dispositivo que contiene la batería secundaria.

10 ANTECEDENTES

Debido a ventajas tales como una alta densidad de energía y una alta tensión operativa, ausencia de contaminación y ausencia de efecto memoria, las baterías secundarias representadas por una batería secundaria de iones de litio se han aplicado cada vez más en diversos campos tales como productos electrónicos y vehículos eléctricos. Con la amplia aplicación de las baterías secundarias, la gente ha planteado mayores requisitos sobre la densidad de energía de las baterías secundarias. En comparación con un material de electrodo negativo de grafito que se usa ampliamente en la actualidad, un material a base de silicio tiene una capacidad teórica extremadamente alta y se considera un material de primera elección para baterías secundarias de próxima generación de altas densidades de energía. El documento CN108808068A divulga una batería secundaria que comprende una placa de electrodo positivo, una placa de electrodo negativo, un separador y un electrolito, comprendiendo la placa de electrodo positivo un colector de corriente positiva y una película positiva, estando la película positiva proporcionada en al menos una superficie del colector de corriente positiva y que comprende un material activo positivo, comprendiendo la placa de electrodo negativo un colector de corriente negativo y una película negativa, estando la película negativa proporcionada en al menos una superficie del colector de corriente negativo y comprendiendo un material activo negativo; en donde el material activo negativo comprende grafito, y un diámetro de partícula promedio del material activo positivo representado por D50 y un grosor de la película negativa representada por Hn satisfacen una relación: $6 \leq 0,06Hn \times (4 - 1/D50) \leq 31$.

Sin embargo, en el proceso de aplicación real del material a base de silicio, debido a muchas desventajas (tales como grandes cambios de volumen) del material que son difíciles de superar, no se puede ejercer la ventaja de capacidad del material. Por lo tanto, una batería secundaria de alta densidad de energía que satisfaga la demanda del mercado no se consigue simplemente aumentando el contenido del material a base de silicio en el electrodo negativo.

35 SUMARIO

Las realizaciones de la presente solicitud proporcionan una batería secundaria que logra un rendimiento del ciclo relativamente alto al mismo tiempo que logra una densidad de energía relativamente alta de manera concurrente, y proporcionan un dispositivo que contiene la batería secundaria.

40 Para lograr el objetivo anterior, un primer aspecto de la presente solicitud proporciona una batería secundaria que incluye una placa de electrodo positivo, una placa de electrodo negativo y un separador. La placa de electrodo positivo incluye un material activo positivo. La placa de electrodo negativo incluye un material activo negativo. El separador incluye un sustrato y una capa de revestimiento.

45 El material activo positivo incluye uno o más de óxido de litio, níquel, cobalto y manganeso, óxido de litio, níquel, cobalto y aluminio, y un material modificado de los mismos.

El material activo negativo incluye un compuesto de silicio-oxígeno y grafito.

50 La batería secundaria satisface:

$$7.5 \leq \frac{3450}{ED} - \left(D50 - DC50 \times 0.75 - \frac{T}{18} \right) \leq 11.5$$

55 , donde la DE ≥ 270 Wh/kg, $11 \mu\text{m} \leq D50 \leq 18,5 \mu\text{m}$, $11 \mu\text{m} \leq DC50 \leq 20 \mu\text{m}$. DE es una densidad de energía en peso de la batería secundaria, medida en unidades de Wh/kg. D50 es un tamaño de partícula promedio en volumen del material activo negativo, medido en unidades de μm . DC50 es un tamaño de partícula promedio en volumen del grafito, medido en unidades de μm , y T es un grosor del sustrato del separador, medido en unidades de μm .

60 Un segundo aspecto de la presente solicitud proporciona un dispositivo que incluye la batería secundaria de acuerdo con el primer aspecto de la presente solicitud.

En comparación con la técnica anterior, la presente solicitud consigue al menos los siguientes efectos beneficiosos:

En la batería secundaria de acuerdo con la presente solicitud, el material activo negativo incluye el compuesto de silicio-oxígeno y el grafito. La densidad de energía en peso de la batería secundaria, el tamaño de partícula promedio en volumen del material activo negativo, el tamaño de partícula promedio en volumen del grafito y el grosor del sustrato en el separador satisfacen relaciones especificadas, para facilitar significativamente el esfuerzo de la capacidad de la batería y lograr tanto una densidad de energía relativamente alta como un rendimiento del ciclo relativamente alto de la batería. El dispositivo de acuerdo con la presente solicitud incluye la batería secundaria y, por lo tanto, tiene al menos las mismas ventajas que la batería secundaria.

La invención se expone en el conjunto de reivindicaciones adjunto.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para describir más claramente las soluciones técnicas en las realizaciones de la presente solicitud, a continuación se describen los dibujos usados en las realizaciones de la presente solicitud. Aparentemente, los dibujos que se describen a continuación son simplemente una parte de las realizaciones de la presente solicitud. Un experto en la técnica puede derivar otros dibujos a partir de los dibujos esbozados sin realizar ningún esfuerzo creativo.

La figura 1 es un diagrama esquemático de una batería secundaria de acuerdo con una realización;

la figura 2 es un diagrama esquemático de una batería secundaria de acuerdo con otra realización; y

la figura 3 es un diagrama esquemático de un dispositivo que usa una batería secundaria como fuente de alimentación de acuerdo con una realización.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES

A continuación, se proporciona una descripción más detallada de las implementaciones de la presente solicitud con referencia a los dibujos y realizaciones adjuntos. La descripción detallada de las siguientes realizaciones y los dibujos adjuntos pretenden describir a modo de ejemplo los principios de la presente solicitud, pero no limitar el alcance de la presente solicitud. Por lo tanto, esta solicitud no se limita a las realizaciones descritas.

En la descripción de la presente solicitud, a menos que se especifique lo contrario, "una pluralidad de" significa dos o más; los términos tales como "superior", "inferior", "izquierda", "derecha", "interior" y "exterior", que indican una dirección o una relación de posición, están destinados meramente a facilitar o abreviar la descripción de la presente solicitud, pero no indican ni implican que el dispositivo o componente al que se hace referencia deba ubicarse en la dirección especificada o construirse u operarse en la dirección especificada. Por lo tanto, tales términos no se entenderán como una limitación a esta solicitud. Además, los términos "primero", "segundo" y "tercero" tienen propósitos meramente descriptivos, pero no pretenden indicar o implicar importancia relativa. "Perpendicular" no es exactamente perpendicular, sino que está dentro de un intervalo de tolerancia de error. "Paralelo" no es exactamente paralelo, sino que está dentro de un intervalo de tolerancia de error.

Los términos direccionales que aparecen en la siguiente descripción indican las direcciones mostradas en los dibujos, pero no pretenden limitar estructuras específicas en esta solicitud. En el contexto de la presente solicitud, a menos que se especifique expresamente lo contrario, los términos "montar", "concatenar" y "conectar" se entienden en un sentido amplio. Por ejemplo, una "conexión" puede ser una conexión fija, una conexión desmontable o una conexión integrada, y puede ser una conexión directa o una conexión indirecta implementada a través de un intermediario. Un experto en la técnica puede comprender los significados específicos de los términos de la presente solicitud de acuerdo con situaciones específicas.

Un primer aspecto de la presente solicitud proporciona una batería secundaria. La batería secundaria incluye una placa de electrodo positivo, una placa de electrodo negativo, un separador y una solución electrolítica.

La placa de electrodo positivo incluye un colector de corriente positiva y una película positiva que se dispone en al menos una superficie del colector de corriente positiva y que contiene un material activo positivo. El material activo positivo incluye uno o más de un óxido de litio, níquel, cobalto y manganeso, un óxido de litio, níquel, cobalto y aluminio, y un material modificado de los mismos.

La placa de electrodo negativo incluye un colector de corriente negativa y una película negativa que se dispone en al menos una superficie del colector de corriente negativa y que contiene un material activo negativo. El material activo negativo incluye un compuesto de silicio-oxígeno y grafito.

El separador incluye un sustrato y una capa de revestimiento.

La batería secundaria satisface:

$$Y = \frac{3460}{ED} - (D50 - D_{c50} \times 0.75 -$$

$$\frac{T}{18})$$

5 , y $7,5 \leq Y \leq 11,5$, $DE \geq 270$ vatios-hora por kilogramo (Wh/kg), $11 \mu\text{m} \leq D50 \leq 18,5 \mu\text{m}$, y $11 \mu\text{m} \leq D_{c50} \leq 20 \mu\text{m}$. DE es una densidad de energía en peso de la batería secundaria, medida en unidades de Wh/kg. D50 es un tamaño de partícula promedio en volumen del material activo negativo, medido en unidades de μm . Dc50 es un tamaño de partícula promedio en volumen del grafito, medido en unidades de μm . T es un grosor del sustrato del separador, medido en unidades de μm .

10 El material a base de silicio tiene una alta capacidad teórica y es un material activo negativo ideal para baterías secundarias de próxima generación de altas densidades de energía. Sin embargo, el material a base de silicio todavía se enfrenta al problema de una gran fuerza de expansión durante la carga y descarga. A través de la investigación, el inventor encuentra que el rendimiento electroquímico del material se puede ejercer al máximo haciendo coincidir
15 adecuadamente el tamaño de partícula del material activo negativo, el tamaño de partícula del compuesto de silicio-oxígeno, un tamaño de partícula del grafito, un grosor del sustrato del separador, y la densidad de energía en peso de la batería.

20 Cuando el material activo negativo incluye tanto el compuesto de silicio-oxígeno como el grafito, un tamaño de partícula mayor del compuesto de silicio-oxígeno conduce a una mayor densidad de energía de la batería, pero logra un rendimiento cinético relativamente bajo y aumenta la polarización durante la carga y descarga y, por lo tanto, conduce a un aumento de reacciones secundarias y deteriora el rendimiento del ciclo. En este caso, se necesita más solución
25 electrolítica para mantener una buena interfaz de reacción, lo que reduce en gran medida la densidad de energía en consecuencia y dificulta el ejercicio efectivo de las características de alta capacidad del material de silicio. Por lo tanto, el diseño de la batería debe considerar simultáneamente factores tales como la adaptación de la tensión mecánica entre una partícula de compuesto de silicio-oxígeno y una partícula de grafito, un equilibrio entre el rendimiento cinético y la cantidad de retención de electrolito, y la coordinación entre el estado de retención de electrolito del separador y el rebote de la placa de electrodo.

30 A través de mucha investigación, el inventor de la presente solicitud encuentra que, cuando la batería secundaria satisface las condiciones de que la Fórmula Y está dentro del intervalo especificado y que los parámetros en la fórmula están dentro del intervalo especificado, el problema de expansión de la placa de electrodo negativo se suprime bien, y la ventaja de alta capacidad del compuesto de silicio-oxígeno se ejerce de manera eficaz. Por lo tanto, la batería
35 secundaria de acuerdo con la presente realización de la presente solicitud puede lograr un rendimiento del ciclo relativamente alto manteniendo al mismo tiempo una densidad de energía relativamente alta.

En la batería secundaria de acuerdo con la presente realización de la presente solicitud, $7,5 \leq Y \leq 11,5$. En algunas realizaciones, $8 \leq Y \leq 10,5$. Por ejemplo, Y puede ser 7,5, 7,6, 8, 8,2, 8,5, 9, 9,5, 10, 10,5, 11,2, 11,5 o similares.

40 Cuando Y satisface $8 \leq Y \leq 10,5$, la expansión de la placa de electrodo negativo que contiene el compuesto de silicio-oxígeno se suprime aún más y, por lo tanto, el ejercicio de la capacidad del compuesto de silicio-oxígeno se facilita aún más, y la vida del ciclo aumenta adicionalmente. Tal batería secundaria logra tanto una mayor densidad de energía como un mayor rendimiento del ciclo. Además, se reduce aún más el gas generado por la batería. En la batería
45 secundaria de acuerdo con la presente realización de la presente solicitud, la densidad de energía en peso de la batería secundaria es $DE \geq 270 \text{ Wh/kg}$. En algunas realizaciones, la densidad de energía en peso DE de la batería secundaria satisface $270 \text{ Wh/kg} \leq DE \leq 320 \text{ Wh/kg}$. Cuando la densidad de energía en peso de la batería secundaria se diseña para que esté dentro de dicho intervalo, los efectos beneficiosos de la Fórmula Y en el diseño de la batería pueden reflejarse más y se puede suprimir la expansión de la batería. De esta manera, la batería secundaria logra tanto una densidad de energía relativamente alta como un rendimiento del ciclo relativamente alto.

50 **Placa de electrodo negativo**

La placa de electrodo negativo incluye un colector de corriente negativa y una película negativa dispuesta en al menos una superficie del colector de corriente negativa. Por ejemplo, el colector de corriente negativa tiene dos superficies
55 opuestas entre sí en la dirección del grosor. La película negativa se forma en al menos una o ambas de las dos superficies del colector de corriente negativa.

En la batería secundaria de acuerdo con la presente realización de la presente solicitud, el colector de corriente negativa puede estar hecho de un material de alta conductividad eléctrica y alta resistencia mecánica. En algunas
60 realizaciones, el colector de corriente negativa es una lámina de cobre.

En la batería secundaria de acuerdo con la presente realización de la presente solicitud, la película negativa incluye un material activo negativo. El material activo negativo incluye un compuesto de silicio-oxígeno y grafito.

En la batería secundaria de acuerdo con la presente realización de la presente solicitud, el grafito es uno o más de grafito artificial y grafito natural.

5 En la batería secundaria de acuerdo con la presente realización de la presente solicitud, en algunas implementaciones, el tamaño de partícula promedio en volumen DC50 del grafito es de 11 micrómetros (μm) a 20 micrómetros (μm), y en algunas implementaciones, de 13 μm a 20 μm . Por ejemplo, el tamaño de partícula promedio en volumen DC50 del grafito puede ser 11 μm , 12 μm , 13 μm , 15 μm , 16 μm , 18 μm , 20 μm o similares. Un tamaño de partícula apropiado del grafito no sólo mejora la conductividad de los iones de litio y los electrones del grafito, sino que también mejora
10 aún más el rendimiento cinético y el efecto de volumen del compuesto de silicio-oxígeno, facilitando así el ejercicio de la capacidad y aumentando la vida del ciclo del compuesto de silicio-oxígeno.

En la batería secundaria de acuerdo con la presente realización de la presente solicitud, en algunas implementaciones, un área superficial específica del grafito puede ser de 1 metro cuadrado por gramo (m^2/g) a 3 metros cuadrados por gramo (m^2/g), y en algunas implementaciones, de 1,1 m^2/g a 2,5 m^2/g . Por ejemplo, el área superficial específica del grafito puede ser 1 m^2/g , 1,1 m^2/g , 1,6 m^2/g , 1,9 m^2/g , 2,0 m^2/g , 2,5 m^2/g , 3 m^2/g , o similares. Un área superficial específica apropiada del grafito puede proporcionar un área de reactividad relativamente grande, mejorar el rendimiento cinético de la placa de electrodo negativo, asegurar pocas reacciones secundarias de la solución electrolítica en la superficie del electrodo negativo, y aumentar la tasa de retención de la capacidad del ciclo de la
15 batería.
20

En la batería secundaria de acuerdo con la presente realización de la presente solicitud, en algunas implementaciones, el tamaño de partícula promedio en volumen $D_{\text{Si}50}$ del compuesto de silicio-oxígeno es de 5 μm a 12 μm , y en algunas implementaciones, puede ser de 6 μm a 10 μm . Por ejemplo, el tamaño de partícula promedio en volumen $D_{\text{Si}50}$ del compuesto de silicio-óxido puede ser 5 μm , 6 μm , 13 μm , 7 μm , 9 μm , 10 μm , 12 μm y similares. Un tamaño de partícula apropiado del compuesto de silicio-oxígeno ayuda a mejorar su propio rendimiento cinético y efecto de volumen, y hace que el material no sea propenso a romperse o fracturarse durante la carga y descarga, facilitando así el ejercicio de una alta capacidad y aumentando la vida del ciclo. Cuando el tamaño de partícula del compuesto de silicio-óxido está dentro del intervalo anterior, se producen pocas reacciones secundarias de la solución electrolítica en la superficie del material, reduciendo así el gas generado por la batería y mejorando el rendimiento del ciclo de la
25 batería.
30

En la batería secundaria de acuerdo con la presente realización de la presente solicitud, en algunas implementaciones, un área superficial específica del compuesto de silicio-oxígeno es de 0,5 m^2/g a 6 m^2/g , y en algunas implementaciones, puede ser de 1 m^2/g a 3 m^2/g . Por ejemplo, el área superficial específica del compuesto de silicio-oxígeno puede ser 0,5 m^2/g , 0,8 m^2/g , 1 m^2/g , 1,2 m^2/g , 2,0 m^2/g , 3 m^2/g , 3,6 m^2/g , 4 m^2/g , 6 m^2/g , y similares. Cuando el área superficial específica del compuesto de silicio-oxígeno es apropiada, existen muchos sitios activos en la superficie de las partículas del compuesto de silicio-oxígeno para mejorar la reactividad y el rendimiento cinético del compuesto de silicio-oxígeno. Además, el área superficial específica adecuada del compuesto de silicio-oxígeno ayuda a reducir las reacciones secundarias en el electrodo negativo, reducir el gas generado y reducir una capacidad irreversible, mejorando así el rendimiento del ciclo de la batería.
35
40

En la batería secundaria de acuerdo con la presente realización de la presente solicitud, en algunas implementaciones, el tamaño de partícula promedio en volumen D50 del material activo negativo (después de mezclar el compuesto de silicio-oxígeno con el grafito) es de 11 μm a 18,5 μm , y en algunas implementaciones, puede ser de 15 μm a 18 μm . Por ejemplo, el tamaño de partícula promedio en volumen del material activo negativo puede ser 11 μm , 12 μm , 14 μm , 15 μm , 17 μm , 18 μm , 18,5 μm o similares. Cuando el tamaño de partícula promedio en volumen del material activo negativo es demasiado pequeño, la cantidad de solución electrolítica requerida por la batería durante los ciclos aumenta, reduciendo así las ventajas de densidad de energía. Cuando el tamaño de partícula promedio en volumen del material activo negativo es demasiado grande, el contenido de silicio relativamente bajo en el material activo negativo puede conducir a una capacidad en gramos relativamente baja del material activo negativo, afectando así al aumento de la densidad de energía de la batería. Además, el material activo negativo de un tamaño de partícula apropiado también puede reducir la cantidad de aglutinante añadido en la película negativa y ayudar a aumentar la densidad de energía de la batería.
45
50
55

En la batería secundaria de acuerdo con la presente realización de la presente solicitud, en algunas implementaciones, puede formarse una capa de revestimiento sobre una parte o la totalidad de una superficie exterior del material activo negativo (compuesto de silicio-oxígeno y/o grafito). La capa de revestimiento puede incluir uno o más de un polímero, un material de carbono, un material metálico y un compuesto metálico. La capa de revestimiento puede suprimir eficazmente el efecto de expansión de volumen del material activo negativo. Además, la capa de revestimiento también puede cumplir una función de protección para aislar la solución electrolítica, suprimir las reacciones secundarias de la solución electrolítica en la superficie del material activo negativo y proteger la superficie del material para que no sea corroído por la solución electrolítica, mejorando así aún más la capacidad y el rendimiento del ciclo de la batería. En algunas realizaciones, la capa de revestimiento existe en al menos el 80 % de la superficie del compuesto de silicio-óxido; y/o la capa de revestimiento existe en al menos el 80 % de la superficie del grafito. En otras palabras, al menos el 80 % del compuesto total de óxido de silicio o al menos el 80 % del grafito total está revestido con una capa de
60
65

revestimiento; o, al menos el 80 % de un agregado del compuesto de silicio-oxígeno y el grafito está revestido con una capa de revestimiento.

5 En la batería secundaria de acuerdo con la presente realización de la presente solicitud, en algunas implementaciones, una relación en masa del compuesto de silicio-óxido con respecto al grafito en el material activo negativo es de 0,1 a 0,7, y en algunas implementaciones, puede ser de 0,2 a 0,4. Por ejemplo, la relación en masa del compuesto de silicio-
10 óxido con respecto al grafito puede ser 0,1, 0,2, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7 o similar. Cuando la relación en masa del compuesto de silicio-oxígeno con respecto al grafito en el material activo negativo está dentro del intervalo especificado, la densidad de energía de la batería aumenta considerablemente mientras que al mismo tiempo se logra un rendimiento del ciclo relativamente alto.

15 En la batería secundaria de acuerdo con la presente realización de la presente solicitud, la película negativa incluye opcionalmente además un agente conductor, un aglutinante y un espesante, cuyos tipos no están específicamente limitados pero pueden seleccionarse por un experto en la técnica de acuerdo con las necesidades reales.

20 Por ejemplo, el agente conductor aplicable a la capa de película negativa 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. El aglutinante puede ser uno o más de ácido poliacrílico (PAA), ácido poliacrílico
sódico (PAAS), alcohol polivinílico (PVA), caucho de estireno butadieno (SBR), alginato de sodio (SA), ácido polimetacrílico (PMAA) y carboximetil quitosano (CMCS). El espesante puede ser carboximetilcelulosa sódica (CMC-Na).

25 En la batería secundaria de acuerdo con la presente realización de la presente solicitud, el material activo negativo puede incluir además otros materiales activos aplicables al electrodo negativo de la batería secundaria. Por ejemplo, otros materiales activos pueden ser uno o más de carbono duro y carbono blando.

30 La placa de electrodo negativo puede prepararse de acuerdo con un método convencional en este campo. Por ejemplo, un método para preparar la placa de electrodo negativo incluye: dispersar el material activo negativo y, opcionalmente, carbono conductor, el aglutinante y el espesante en un disolvente tal como agua desionizada para formar una
suspensión negativa homogénea, revestir un colector de corriente negativa con la suspensión negativa, y realizar etapas tales como secado y calandrado en frío para obtener una placa de electrodo negativo.

Placa del electrodo positivo

35 La placa de electrodo positivo incluye un colector de corriente positiva y una película positiva dispuesta en al menos una superficie del colector de corriente positiva. Por ejemplo, el colector de corriente positiva tiene dos superficies opuestas entre sí en la dirección del grosor. La película positiva se forma en al menos una o ambas de las dos superficies del colector de corriente positiva.

40 En la batería secundaria de acuerdo con la presente realización de la presente solicitud, el colector de corriente positiva puede estar hecho de un material de alta conductividad eléctrica y alta resistencia mecánica. Por ejemplo, el colector de corriente positiva es una lámina de aluminio.

45 En la batería secundaria de acuerdo con la presente realización de la presente solicitud, la película positiva contiene un material activo positivo. El material activo positivo incluye uno o más de óxido de litio, níquel, cobalto y manganeso, óxido de litio, níquel, cobalto y aluminio, y un material modificado de los mismos. La modificación incluye una o más de modificaciones de revestimiento y modificaciones dopantes.

50 En algunas realizaciones de la presente solicitud, el material activo positivo incluye uno o más de $\text{Li}_a\text{Ni}_b\text{Co}_c\text{M}_d\text{M}'_e\text{O}_r\text{A}_g$ y $\text{Li}_a\text{Ni}_b\text{Co}_c\text{M}_d\text{M}'_e\text{O}_r\text{A}_g$ con una capa de revestimiento que reviste al menos una parte de la superficie de $\text{Li}_a\text{Ni}_b\text{Co}_c\text{M}_d\text{M}'_e\text{O}_r\text{A}_g$, donde $0,8 \leq a \leq 1,2$, $0,5 \leq b < 1$, $0 < c < 1,0$, $0 < d < 1$, $0 \leq e \leq 0,1$, $1 \leq f \leq 2$, y $0 \leq g \leq 1$, M es uno o más de Mn y Al, M' es uno o más de Zr, Al, Zn, Cu, Cr, Mg, Fe, V, Ti y B, y A es uno o más de N, F, S y Cl.

55 La capacidad en gramos de tales materiales activos positivos es relativamente alta, para aumentar la densidad de energía de la batería. Especialmente, el material activo positivo cuya superficie está parcial o totalmente revestida con una capa de revestimiento no sólo tiene una capacidad en gramos relativamente alta, sino que también reduce las reacciones secundarias en la superficie y reduce el gas generado por la batería. Cuando la superficie del material activo positivo está revestida con una capa de revestimiento, la capa de revestimiento puede cubrir al menos el 80 % de la superficie del material.

60 En la batería secundaria de acuerdo con la presente realización de la presente solicitud, en algunas implementaciones, al menos una parte de las partículas en el material activo positivo son partículas monocristalinas. El material activo positivo formado a partir de las partículas monocristalinas mejora la densidad compactada general y la ductilidad de la película positiva, y también reduce el área de contacto entre el material activo positivo y la solución electrolítica, reduce las reacciones secundarias en la interfaz, y reduce el gas generado, mejorando así aún más el rendimiento del ciclo de la batería.

5 En la batería secundaria de acuerdo con la presente realización de la presente solicitud, en algunas implementaciones, el tamaño de partícula promedio en volumen D_{a50} del material activo positivo es de 8 μm a 12 μm , y en algunas implementaciones, puede ser de 9 μm a 11 μm . Por ejemplo, el tamaño de partícula promedio en volumen D_{a50} de material activo positivo puede ser 8 μm , 8,5 μm , 9 μm , 9,5 μm , 10 μm , 11 μm , 12 μm o similares. Un tamaño de partícula apropiado del material activo positivo acorta la ruta de migración de iones de litio y electrones en las partículas, mejora el rendimiento cinético del electrodo positivo y mejora el rendimiento del ciclo y el rendimiento cinético de la batería. Además, cuando el tamaño de partícula del material activo positivo es apropiado, se producen pocas reacciones secundarias de la solución electrolítica en la superficie del material, reduciendo así el gas generado por la batería. Además, el material activo positivo de un tamaño de partícula apropiado también puede reducir la cantidad de aglutinante añadido en la película positiva y ayudar a aumentar la densidad de energía de la batería.

15 En la batería secundaria de acuerdo con la presente realización de la presente solicitud, la película positiva puede incluir además un aglutinante y/o un agente conductor. Los tipos de aglutinante y agente conductor no están específicamente limitados sino que pueden seleccionarse por un experto en la técnica de acuerdo con las necesidades reales. Por ejemplo, el aglutinante para su uso en la película positiva puede ser uno o más de difluoruro de polivinilideno (PVDF), politetrafluoroetileno (PTFE), ácido poliacrílico (PAA), alcohol polivinílico (PVA), carboximetilcelulosa sódica (CMC-Na), alginato de sodio (SA), ácido polimetacrílico (PMAA) y carboximetilquitosano (CMCS). 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.

20 La placa de electrodo positivo puede prepararse de acuerdo con un método convencional en este campo. Por ejemplo, un método para preparar la placa de electrodo positivo incluye: dispersar el material activo positivo y, opcionalmente, el agente conductor y el aglutinante en un disolvente (tal como N-metil-pirrolidona, NMP para abreviar) para formar una suspensión positiva homogénea, revestir un colector de corriente positiva con la suspensión positiva, y realizar etapas tales como secado y calandrado en frío para obtener una placa de electrodo positivo.

Separador

30 En la batería secundaria de acuerdo con la presente realización de la presente solicitud, el separador cumple una función de aislamiento entre la placa de electrodo positivo y la placa de electrodo negativo.

35 El separador incluye un sustrato y una capa de revestimiento. El sustrato puede ser una película conocida en la técnica que tenga alta estabilidad química y estabilidad mecánica. El sustrato puede ser una película monocapa o una película compuesta multicapa. Cuando el sustrato es una película compuesta multicapa, los materiales en diferentes capas pueden ser idénticos o diferentes.

40 Por ejemplo, el sustrato puede incluir uno o más de fibra de vidrio, fibra de carbono y un polímero. En algunas realizaciones, el sustrato incluye un polímero. Es decir, el sustrato puede ser un sustrato polimérico. Esto se debe a que el sustrato polimérico no sólo tiene una resistencia y estabilidad relativamente altas, sino también una dureza adecuada para poder almacenar suficiente solución electrolítica. Además, un espacio de tampón liberado por el sustrato polimérico ayuda a cumplir los requisitos de expansión de una celda de batería, reducir la fuerza de expansión de la celda de batería y mejorar aún más el rendimiento del ciclo de la batería.

45 Además, el sustrato polimérico puede incluir uno o más de poliolefina, poliimida, poliuretano y poliisocianato. En algunas realizaciones, el sustrato polimérico puede ser poliolefina. Por ejemplo, el material del sustrato puede ser uno o más de polipropileno (PP) y polietileno (PE).

50 En algunas realizaciones de la presente solicitud, el sustrato es un sustrato de polipropileno, un sustrato de polietileno o un sustrato compuesto bicapa o multicapa que contiene una capa de polipropileno y una capa de polietileno. Por ejemplo, el sustrato compuesto bicapa o multicapa que contiene una capa de polipropileno y una capa de polietileno puede ser un sustrato compuesto laminado tricapa de PP/PE/PP.

55 En la batería secundaria de acuerdo con la presente realización de la presente solicitud, en algunas implementaciones de la presente solicitud, el grosor T del sustrato de separador es de 5 μm a 11 μm , y en algunas implementaciones, puede ser de 6 μm a 9 μm . Por ejemplo, el grosor T del sustrato de separador puede ser 5 μm , 5,5 μm , 6 μm , 9 μm , 9,5 μm , 10 μm , 11 μm o similares. Un grosor apropiado del sustrato no sólo satisface los requisitos de almacenamiento de electrolitos y los requisitos de espacio de expansión de la batería, sino que también reduce el tamaño de la batería y aumenta la densidad de energía de la batería.

60 En la batería secundaria de acuerdo con la presente realización de la presente solicitud, la capa de revestimiento puede incluir, por ejemplo, una o más de una capa de revestimiento de partículas inorgánicas y una capa de revestimiento polimérica.

La capa de revestimiento de partículas inorgánicas puede incluir, por ejemplo, uno o más de óxido de aluminio, óxido de circonio, óxido de calcio, óxido de cinc, óxido de magnesio, dióxido de silicio, dióxido de titanio, carbonato de calcio, fosfato de litio y nitruro de litio.

5 La capa de revestimiento polimérica puede incluir, por ejemplo, uno o más de un compuesto de fluoruro de polivinilideno, un compuesto de poliimida, un copolímero de fluoruro de vinilideno-hexafluoropropileno, un compuesto de poliacrilonitrilo, un copolímero de acrilonitrilo-butadieno, un copolímero de acrilonitrilo-estireno-butadieno, metacrilato de polimetilo, acrilato de polimetilo, acrilato de polietilo, un copolímero acrílico-estireno, un polidimetilsiloxano, poliacrilato de sodio y carboximetilcelulosa de sodio.

10 La capa de revestimiento de partículas inorgánicas puede incluir uno o más de los polímeros anteriores además de partículas inorgánicas.

15 La capa de revestimiento orgánico formada sobre la superficie del sustrato puede mejorar la resistencia del separador y cumplir más suficientemente con el requisito de almacenamiento de electrolitos y el requisito de amortiguar la fuerza de expansión de la celda de la batería. Además, la capa de revestimiento puede hacer que el separador sea más resistente al calor y la penetración, fortalecer la unión en una interfaz entre el separador y el electrodo, mejorar la resistencia a la oxidación del separador y mejorar el rendimiento de almacenamiento de la celda de la batería.

20 En la batería secundaria de acuerdo con la presente realización de la presente solicitud, la capa de revestimiento de partículas inorgánicas y/o la capa de revestimiento polimérica se disponen sobre al menos una superficie del sustrato. Por ejemplo, el sustrato tiene dos superficies opuestas entre sí en la dirección del grosor. La capa de revestimiento de partículas inorgánicas y/o la capa de revestimiento polimérica se disponen sobre una o ambas de las dos superficies del sustrato.

25 En la batería secundaria de acuerdo con la presente realización de la presente solicitud, en algunas implementaciones, un grosor total T_s del separador (es decir, un grosor de agregado del sustrato y la capa de revestimiento) satisface $10 \mu\text{m} \leq T_s \leq 16 \mu\text{m}$, y en algunas implementaciones, $11 \mu\text{m} \leq T_s \leq 14 \mu\text{m}$. Por ejemplo, el grosor de agregado del sustrato y la capa de revestimiento puede ser $10 \mu\text{m}$, $10,5 \mu\text{m}$, $11 \mu\text{m}$, $12 \mu\text{m}$, $14 \mu\text{m}$, $15 \mu\text{m}$, $16 \mu\text{m}$ o similares. Un grosor total T_s apropiado del separador ayuda a conseguir una densidad de energía relativamente alta de la batería mientras ejerce eficazmente los efectos anteriores del sustrato y la capa de revestimiento.

35 En la batería secundaria de acuerdo con la presente realización de la presente solicitud, en algunas implementaciones, la porosidad del separador es del 35 % al 45 %, y en algunas realizaciones, puede ser del 38 % al 42 %. Por ejemplo, la porosidad del separador es del 35 %, 36 %, 38 %, 39 %, 41 %, 42 %, 44 %, 45 % o similar. Cuando la porosidad del separador está en un intervalo apropiado, se puede almacenar suficiente solución electrolítica. Además, un espacio intermedio liberado por el separador ayuda a cumplir los requisitos de expansión de la celda de la batería, reduce aún más la fuerza de expansión de la celda de la batería, y mejora aún más el rendimiento del ciclo de la batería.

40 **Solución electrolítica**

En la batería secundaria de acuerdo con una realización de la presente solicitud, la solución electrolítica incluye una sal de electrolito y un disolvente.

45 En algunas realizaciones, la sal de electrolito puede ser una o más de 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 (difluoro(oxalato) borato de litio), LiBOB (bis(oxalato) borato de litio), LiPO_2F_2 (difluorofosfato de litio), LiDFOP (difluoro(bisoxalato) fosfato de litio) y LiTFOP (tetrafluoro(oxalato) fosfato de litio). En algunas realizaciones, la sal electrolítica incluye una o más de LiPF_6 (hexafluorofosfato de litio) y LiFSI (bis(fluorosulfonil)imida de litio).

55 En algunas realizaciones, el disolvente puede ser uno o más de carbonato de etileno (EC), carbonato de propileno (PC), carbonato de etilmetilo (EMC), carbonato de dietilo (DEC), carbonato de dimetilo (DMC), carbonato de dipropilo (DPC), carbonato de metilpropilo (MPC), carbonato de etilenpropilo (EPC), carbonato de butileno (BC), carbonato de fluoroetileno (FEC), formiato de metilo (MF), acetato de metilo (MA), acetato de etilo (EA), acetato de propilo (PA), propionato de metilo (MP), propionato de etilo (EP), propionato de propilo (PP), butirato de metilo (MB), butirato de etilo (EB), 1,4-butirolactona (GBL), sulfolano (SF), metilsulfonilmetano (MSM), etilmetilsulfona (EMS) y (etilsulfonil)etano (ESE). En algunas realizaciones, el disolvente incluye uno o más de carbonato de etileno (EC), carbonato de etilmetilo (EMC), carbonato de dietilo (DEC), carbonato de dimetilo (DMC) y propionato de etilo (EP).
60 Dicha solución electrolítica tiene una conductividad iónica relativamente alta y una viscosidad relativamente baja, y puede mejorar el rendimiento cinético de la batería.

65 En la batería secundaria de acuerdo con la presente realización de la presente solicitud, la solución electrolítica incluye opcionalmente además un aditivo. El tipo de aditivo no está específicamente limitado y puede seleccionarse de acuerdo con las necesidades reales. Por ejemplo, el aditivo puede incluir un aditivo filmógeno negativo, un aditivo filmógeno positivo y aditivos que pueden mejorar cierto rendimiento de la batería, por ejemplo, un aditivo que mejora

el rendimiento de sobrecarga de la batería, un aditivo que mejora el rendimiento a alta temperatura de la batería, y un aditivo que mejora el rendimiento a baja temperatura de la batería, y similares.

En algunas realizaciones, el aditivo puede ser uno o más de carbonato de vinileno (VC), carbonato de vinileno (VEC), carbonato de fluoroetileno (FEC), succinonitrilo (SN), adiponitrilo (ADN), sulfato de etileno (DTD), 1,3-propeno sulfona (PST), 1,3-propano sulfona (PS), fosfato de tris(trimetilsilano) (TMSP) y borato de tris(trimetilsilano) (TMSB). En algunas realizaciones, el aditivo incluye uno o más de carbonato de fluoroetileno (FEC), sulfato de etileno (DTD), 1,3-propano sulfona (PS), fosfato de tris(trimetilsilano) (TMSP) y borato de tris(trimetilsilano) (TMSB). Tal solución electrolítica de este tipo puede mejorar el rendimiento del ciclo y el rendimiento cinético de la batería.

Estructura de la batería secundaria

La batería secundaria puede prepararse usando un método conocido en la técnica. Por ejemplo, el método para preparar la batería secundaria es: enrollar (o apilar) secuencialmente la placa de electrodo positivo, el separador y la placa de electrodo negativo para obtener una celda de batería, donde el separador se ubica entre la placa de electrodo positivo y la placa de electrodo negativo para cumplir una función de separación; y, a continuación, colocar la celda de batería en un paquete exterior, inyectar una solución electrolítica y realizar el sellado para obtener una batería secundaria.

En la batería secundaria de acuerdo con una realización de la presente solicitud, el paquete exterior puede ser una carcasa dura (tal como una carcasa de aluminio) o un paquete blando (tal como un paquete tipo bolsa, el material del paquete tipo bolsa puede ser de plástico, por ejemplo, puede ser uno o más de polipropileno (PP), tereftalato de polibutileno (PBT) y succinato de polibutileno (PBS).

La forma de la batería secundaria no está limitada a las realizaciones de la presente solicitud y puede ser cilíndrica, prismática o de cualquier otra forma. La figura 1 y la figura 2 muestran una batería secundaria prismática de tipo bolsa como ejemplo.

En algunas realizaciones, la batería secundaria se puede ensamblar en un módulo de batería. El módulo de batería puede contener una pluralidad de baterías secundarias, y la cantidad específica de baterías secundarias en un módulo de batería puede ajustarse de acuerdo con los requisitos de aplicación y la capacidad del módulo de batería.

En algunas realizaciones, el módulo de batería puede ensamblarse en un paquete de baterías. La cantidad de módulos de batería contenidos en un paquete de baterías puede ajustarse de acuerdo con los requisitos de aplicación y la capacidad del paquete de baterías.

La cantidad de módulos de batería en el paquete de baterías puede ajustarse de acuerdo con los requisitos de aplicación y la capacidad del paquete de baterías.

Un segundo aspecto de la presente solicitud proporciona un dispositivo. El dispositivo incluye la batería secundaria de acuerdo con el primer aspecto de la presente solicitud. La batería secundaria puede usarse como fuente de alimentación del dispositivo. En algunas realizaciones, el dispositivo puede ser, pero sin limitación, un dispositivo móvil (tal como un teléfono móvil o un ordenador portátil), un vehículo eléctrico (tal como un vehículo eléctrico de batería, un vehículo eléctrico híbrido, un vehículo eléctrico híbrido enchufable, una bicicleta eléctrica, un scooter eléctrico, un carrito de golf eléctrico o un camión eléctrico), un tren eléctrico, un barco, un sistema satelital o un sistema de almacenamiento de energía. Puede seleccionarse una batería secundaria (celda), un módulo de batería (módulo) o un paquete de baterías (paquete) para el dispositivo de acuerdo con los requisitos de aplicación.

Por ejemplo, la figura 3 muestra un dispositivo que incluye una batería secundaria preparada de acuerdo con una realización de la presente solicitud. El dispositivo puede ser un vehículo eléctrico de batería, un vehículo eléctrico híbrido, un vehículo eléctrico híbrido enchufable o similares, y está alimentado por la batería secundaria preparada de acuerdo con una realización de la presente solicitud.

Métodos de prueba

Los diámetros del medio volumétrico de grafito, un compuesto de silicio-oxígeno, un material activo negativo y un material activo positivo tienen los significados conocidos en la técnica. El tamaño de partícula promedio en volumen, también conocido como diámetro medio, representa un diámetro en un volumen acumulado del 50 % en la distribución del tamaño de partícula. El tamaño de partícula promedio en volumen puede medirse usando un instrumento y un método conocido en la técnica. Por ejemplo, el tamaño de partícula promedio en volumen puede medirse convenientemente usando un analizador de tamaño de partícula láser tal como un analizador de tamaño de partícula láser Mastersizer 2000E de Malvern Instruments Ltd., basado en el método de difracción láser de distribución del tamaño de partícula del estándar GB/T 19077-2016.

Las áreas superficiales específicas del grafito y de un compuesto de silicio-oxígeno tienen los significados conocidos en la técnica y pueden medirse usando un instrumento y un método conocidos en la técnica. Por ejemplo, un estándar

de referencia puede ser GB/T 19587-2017 *Determination of Specific Surface Area of Solids By Gas Adsorption Using BET Method*. El área superficial específica se mide usando un análisis de área superficial específica y un método de prueba mediante adsorción de nitrógeno, y el valor del área superficial específica se calcula usando un método de Brunauer Emmett Teller (BET). El análisis del área superficial específica y la prueba mediante adsorción de nitrógeno pueden realizarse usando un analizador de porosidad y superficie específico Tri Star II 3020 de Micromeritics Company, con sede en EE. UU.

El grosor del sustrato del separador y el grosor total del separador tienen los significados conocidos en la técnica, y pueden medirse usando un instrumento y un método conocido en la técnica, tal como un micrómetro o un calibre de tornillo micrométrico.

Un método de ejemplo para medir la densidad de energía en peso de una batería incluye las siguientes etapas.

1. Pesar la batería usando una báscula electrónica para obtener un peso W (unidad: kg).
2. Cargar la batería a una temperatura de 25 °C y a una corriente constante de $1/3 C$ hasta que la tensión alcance la tensión nominal más alta de la batería, a continuación cargar la batería a una tensión constante hasta que la corriente descienda a 0,05 C; dejar la batería en reposo durante 15 minutos, a continuación descargar la batería a una corriente constante de $1/3 C$ hasta que la tensión alcance la tensión nominal más baja de la batería, y dejar la batería en reposo durante 5 minutos; medir la energía de descarga de la batería; repetir el proceso de medición anterior 3 veces, promediando los valores medidos de la energía de descarga para obtener una energía de descarga promedio E (unidad: Wh) de la batería.
3. Densidad de energía en peso de la batería = E/W .

Ejemplos

Los siguientes ejemplos son descripciones más detalladas del contenido divulgado en el presente documento. Los ejemplos pretenden simplemente ser descripciones ilustrativas porque resulta evidente que un experto en la técnica puede realizar diversas modificaciones y cambios en dichos ejemplos dentro del alcance del contenido divulgado en el presente documento. A menos que se especifique lo contrario, todas las fracciones, porcentajes y relaciones mencionados en los siguientes ejemplos son valores en peso. Todos los reactivos usados en los ejemplos están disponibles comercialmente o se pueden sintetizar de acuerdo con métodos convencionales y pueden ponerse en uso directamente sin necesidad de procesamiento adicional. Todos los instrumentos usados en los ejemplos están disponibles comercialmente.

Ejemplo 1

Este ejemplo proporciona una batería secundaria, que se prepara de acuerdo con el siguiente método.

Preparación de una placa de electrodo positivo

El método para preparar una placa de electrodo positivo incluye: mezclar óxido de litio, níquel, cobalto y manganeso $\text{LiNi}_{0,8}\text{Co}_{0,1}\text{Mn}_{0,1}\text{O}_2$ (NCM811), Super P como agente conductor y difluoruro de polivinilideno (fluoruro de vinilideno, PVDF para abreviar) como aglutinante en una relación en masa de 96: 2: 2, agitando bien la mezcla en una cantidad apropiada de N-metilpirrolidona (N-metilpirrolidona, NMP para abreviar) para formar una suspensión positiva homogénea; y revestir dos superficies de una lámina de aluminio del colector de corriente positiva con la suspensión positiva, y realizar el secado y el calandrado en frío para obtener una placa de electrodo positivo.

Preparación de una placa de electrodo negativo

Un método para preparar una placa de electrodo negativo incluye: mezclar un compuesto de silicio-óxido (SiO) con grafito artificial en una relación en masa (que se muestra en la Tabla 1) y, a continuación, mezclar la mezcla con Super P como agente conductor, caucho de estireno butadieno (caucho de estireno butadieno polimerizado, SBR para abreviar) como aglutinante, y carboximetilcelulosa sódica (carboximetilcelulosa sódica, CMC-Na para abreviar) como espesante en una relación en masa de 96,2: 0,8: 1,8: 1,2 en una cantidad adecuada de agua desionizada, agitando bien la mezcla para formar una suspensión negativa homogénea; y revestir dos superficies de una lámina de cobre del colector de corriente negativa con la suspensión negativa, y realizar el secado y calandrado en frío para obtener una placa de electrodo negativo.

Preparación de un separador

Como sustrato se usa polietileno (polietileno, PE para abreviar). El grosor T del sustrato es de 9 μm . Una superficie del sustrato está revestida con una capa de revestimiento inorgánico y la otra superficie está recubierta con una capa de revestimiento polimérica. El grosor total del separador es de 13 μm .

Preparación de una solución electrolítica

Un método para preparar una solución electrolítica incluye: mezclar carbonato de etileno (carbonato de etileno, EC para abreviar), carbonato de etilmetilo (carbonato de etilmetilo, EMC para abreviar) y carbonato de dietilo (carbonato de dietilo, DEC para abreviar) a una relación en volumen de 1:1:1, añadiendo carbonato de fluoroetileno (carbonato de fluoroetileno, FEC para abreviar) y a continuación disolviendo uniformemente LiPF_6 en la solución anterior para obtener una solución electrolítica, donde la concentración de LiPF_6 es de 1 mol/l, y un porcentaje en masa de FEC en la solución electrolítica es del 6 %.

Preparación de una batería secundaria

Un método para preparar una batería secundaria incluye: apilar secuencialmente la placa de electrodo positivo, el separador y la placa de electrodo negativo, y enrollarlos para obtener una celda de batería; y, a continuación, colocar la celda de batería en un paquete exterior e inyectar una solución electrolítica para obtener una batería secundaria. Dimensiones del paquete exterior de la batería secundaria: largo x ancho x grosor = 308 mm x 98 mm x 10,7 mm.

Ejemplos 2-25 y Ejemplos comparativos 1-4

Estos ejemplos difieren del Ejemplo 1 en que los parámetros relevantes en la preparación de la placa de electrodo positivo, la placa de electrodo negativo y el separador se ajustan para obtener la batería secundaria correspondiente, como se detalla en la Tabla 1.

Parte de prueba

Prueba de rendimiento del ciclo: Un método de prueba incluye: cargar la batería a una temperatura de 25 °C en un ambiente de presión normal y a una corriente constante de 1 C hasta que la tensión alcance 4,2 V y, a continuación, cargar la batería a una tensión constante hasta que la corriente sea inferior o igual a 0,05 miliamperios (mA); registrar la capacidad de carga en este momento como capacidad de carga del 1^{er} ciclo; a continuación, descargar la batería a una corriente constante de 1 C hasta que la tensión alcance 2,8 V, y dejar la batería en reposo durante 5 minutos; cargar la batería a una corriente constante de 0,1 C hasta que la tensión alcance 1,5 V, y dejar la batería en reposo durante 5 minutos, completando así un ciclo; y registrar la capacidad de descarga en este momento como capacidad inicial de la batería; y realizar pruebas de carga y descarga de la batería durante 300 ciclos de acuerdo con el método anterior, y registrar la capacidad de descarga de cada ciclo:

Tabla 1

	Placa de electrodo negativo			Separador		Batería secundaria			
	Relación en peso de SiO con respecto a grafito artificial	D _c 50 (μm)	D _s 50 (μm)	D50 (μm)	Grosor total T _s (μm)	Grosor del sustrato T (μm)	DE (Wh/kg)	Y	Tasa de retención de capacidad 1C/1C del ciclo 300
Ejemplo 1	0,111	18,0	7,0	18,4	14,0	9,0	288,89	7,58	95,0
Ejemplo 2	0,176	18,0	7,0	17,9	14,0	9,0	292,16	7,94	95,8
Ejemplo 3	0,250	18,0	7,0	17,5	14,0	9,0	295,83	8,20	96,0
Ejemplo 4	0,333	18,0	7,0	17,0	14,0	9,0	300,00	8,53	97,0
Ejemplo 5	0,338	18,0	7,0	16,8	14,0	9,0	300,24	8,72	96,8
Ejemplo 6	0,341	18,0	7,0	16,2	14,0	9,0	300,36	9,32	96,5
Ejemplo 7	0,343	18,0	7,0	15,6	14,0	9,0	300,48	9,91	96,3
Ejemplo 8	0,345	18,0	7,0	15,2	14,0	9,0	300,56	10,31	96,3
Ejemplo 9	0,346	18,0	7,0	14,8	14,0	9,0	300,64	10,71	95,7
Ejemplo 10	0,349	18,0	7,0	14,0	14,0	9,0	300,80	11,50	95,2
Ejemplo 11	0,667	18,0	7,0	13,9	14,0	9,0	316,67	11,03	91,0
Ejemplo 12	0,333	17,0	7,0	15,1	14,0	9,0	300,00	9,67	95,7
Ejemplo 13	0,333	15,0	7,0	13,3	14,0	9,0	300,00	9,95	95,6
Ejemplo 14	0,333	13,0	7,0	11,6	14,0	9,0	300,00	10,23	95,4
Ejemplo 15	0,333	11,0	7,0	9,8	14,0	9,0	300,00	10,51	95,0

	Placa de electrodo negativo			Separador		Batería secundaria			
	Relación en peso de SiO con respecto a grafito artificial	D _c 50 (µm)	D _{Si} 50 (µm)	D50 (µm)	Grosor total T _s (µm)	Grosor del sustrato T (µm)	DE (Wh/kg)	Y	Tasa de retención de capacidad 1C/1C del ciclo 300
Ejemplo 16	0,333	18,0	5,5	15,6	14,0	9,0	300,00	9,98	95,2
Ejemplo 17	0,333	18,0	6,0	15,6	14,0	9,0	300,00	9,93	95,1
Ejemplo 18	0,333	18,0	6,5	15,7	14,0	9,0	300,00	9,88	95,0
Ejemplo 19	0,333	18,0	7,8	15,8	14,0	9,0	300,00	9,75	94,8
Ejemplo 20	0,333	18,0	8,6	15,9	14,0	9,0	300,00	9,67	94,0
Ejemplo 21	0,333	18,0	7,0	17,0	12,0	7,0	300,60	8,40	95,7
Ejemplo 22	0,333	18,0	7,0	17,0	12,5	7,5	300,45	8,43	95,8
Ejemplo 23	0,333	18,0	7,0	17,0	13,3	8,3	300,21	8,49	96,1
Ejemplo 24	0,333	18,0	7,0	17,0	15,0	10,0	299,70	8,60	96,5
Ejemplo 25	0,333	18,0	7,0	17,0	16,0	11,0	299,40	8,67	96,0
Ejemplo comparativo 1	0,333	20,0	7,0	19,8	14	9,0	300,00	7,23	90,0
Ejemplo comparativo 2	0,538	11,0	6,0	8,0	14	9,0	310,26	11,90	89,0

5 Como se puede aprender de la comparación entre los Ejemplos 1-25 y los Ejemplos comparativos 1-2, cuando la batería secundaria satisface la condición de que el tamaño de partícula del material activo negativo y el valor Y están ambos dentro de los intervalos especificados, la batería secundaria puede mantener una densidad de energía relativamente alta y al mismo tiempo lograr un rendimiento del ciclo relativamente alto.

10 Como se puede aprender de los resultados de prueba de los Ejemplos 4 y 12-20, cuando los tamaños de partícula promedio en volumen del grafito y el compuesto de silicio-oxígeno en el material activo negativo de la batería secundaria están dentro de intervalos apropiados, el rendimiento del ciclo de la batería secundaria puede potenciarse aún más.

15 Como se puede aprender de los resultados de las pruebas de los Ejemplos 4 y 21-25, cuando el grosor del sustrato del separador en la batería secundaria está dentro de un intervalo apropiado, la densidad de energía y el rendimiento del ciclo de la batería secundaria pueden potenciarse aún más.

20 Aunque esta solicitud se ha descrito con referencia a realizaciones de ejemplo, se pueden realizar diversas mejoras en las realizaciones sin alejarse del alcance de la presente solicitud, y las partes de la misma se pueden reemplazar con equivalentes. En particular, en la medida en que no exista ningún conflicto estructural, varias características técnicas mencionadas en diversas realizaciones se pueden combinar de cualquier manera. Esta solicitud no está limitada por las realizaciones específicas divulgadas en el presente documento, sino que incluye todas las soluciones técnicas que caen dentro del alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Una batería secundaria, que comprende una placa de electrodo positivo, una placa de electrodo negativo y un separador, la placa de electrodo positivo comprende un material activo positivo, la placa de electrodo negativo comprende un material activo negativo, y el separador comprende un sustrato y una capa de revestimiento, en donde

el material activo positivo comprende uno o más de óxido de litio, níquel, cobalto y manganeso, óxido de litio, níquel, cobalto y aluminio, y un material modificado de los mismos, en donde la modificación incluye una o más de una modificación del revestimiento y una modificación dopante;
 el material activo negativo comprende un compuesto de silicio-oxígeno y grafito; y
 la batería secundaria satisface:

$$7.5 \leq \frac{3460}{ED} - \left(D_{50} - D_{C50} \times 0.75 - \frac{T}{18} \right) \leq 11.5,$$

donde

DE \geq 270 Wh/kg, $11 \mu\text{m} \leq D_{50} \leq 18,5 \mu\text{m}$, $11 \mu\text{m} \leq D_{C50} \leq 20 \mu\text{m}$; y
 DE es una densidad de energía en peso de la batería secundaria, medida en unidades de Wh/kg;
 D50 es un tamaño de partícula promedio en volumen del material activo negativo, medido en unidades de μm ,
 D_C50 es un tamaño de partícula promedio en volumen del grafito, medido en unidades de μm , y
 T es un grosor del sustrato del separador, medido en unidades de μm .

2. La batería secundaria de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la batería secundaria satisface:

$$8 \leq \frac{3460}{ED} - \left(D_{50} - D_{C50} \times 0.75 - \frac{T}{18} \right) \leq 10.5.$$

3. La batería secundaria de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde la batería secundaria además satisface una o más de las siguientes condiciones (1) a (5):

(1)

$$270 \text{ Wh/Kg} \leq ED \leq 320 \text{ Wh/Kg};$$

(2)

$$15 \mu\text{m} \leq D_{50} \leq 18 \mu\text{m};$$

(3)

$$13 \mu\text{m} \leq D_{C50} \leq 20 \mu\text{m};$$

(4) el tamaño de partícula promedio en volumen D_{Si}50 del compuesto de silicio-oxígeno satisface $5 \mu\text{m} \leq D_{Si50} \leq 12 \mu\text{m}$; y
 (5) una relación en masa del compuesto de silicio-oxígeno con respecto al grafito es de 0,1 a 0,7.

4. La batería secundaria de acuerdo con la reivindicación 3, en donde el tamaño de partícula promedio en volumen D_{Si}50 del compuesto de silicio-oxígeno satisface $6 \mu\text{m} \leq D_{Si50} \leq 10 \mu\text{m}$.

5. La batería secundaria de acuerdo con la reivindicación 3, en donde la relación en masa del compuesto de silicio-oxígeno con respecto al grafito es de 0,2 a 0,4.

6. La batería secundaria de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde $5 \mu\text{m} \leq T \leq 11 \mu\text{m}$.

7. La batería secundaria de acuerdo con la reivindicación 6, en donde $6 \mu\text{m} \leq T \leq 9 \mu\text{m}$.

8. La batería secundaria de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde un grosor total T_S del separador satisface: $10 \mu\text{m} \leq T_S \leq 16 \mu\text{m}$.

9. La batería secundaria de acuerdo con la reivindicación 8, en donde $11 \mu\text{m} \leq T_S \leq 14 \mu\text{m}$.

10. La batería secundaria de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde el grafito es uno o más de grafito artificial y grafito natural.

11. La batería secundaria de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en donde el material activo positivo comprende uno o más de Li_aNi_bCo_cM_dM'_eO_rA_g o Li_aNi_bCo_cM_dM'_eO_rA_g con una capa de revestimiento que reviste al menos una parte de la superficie de Li_aNi_bCo_cM_dM'_eO_rA_g, en donde $0,8 \leq a \leq 1,2$, $0,5 \leq b < 1$, $0 < c < 1$, $0 < d < 1$, 0

ES 2 983 382 T3

$\leq e \leq 0,1$, $1 \leq f \leq 2$ y $0 \leq g \leq 1$, M es uno o más de Mn y Al, M' es uno o más de Zr, Al, Zn, Cu, Cr, Mg, Fe, V, Ti y B, y A es uno o más de N, F, S y Cl.

- 5 12. La batería secundaria de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en donde al menos una parte de las partículas en el material activo positivo son partículas monocristalinas.
13. La batería secundaria de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en donde un tamaño de partícula promedio en volumen D_{a50} del material activo positivo satisface: $8 \mu\text{m} \leq D_{a50} \leq 12 \mu\text{m}$.
- 10 14. La batería secundaria de acuerdo con la reivindicación 13, en donde $9 \mu\text{m} \leq D_{a50} \leq 11 \mu\text{m}$.
15. Un dispositivo que comprende la batería secundaria de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14.

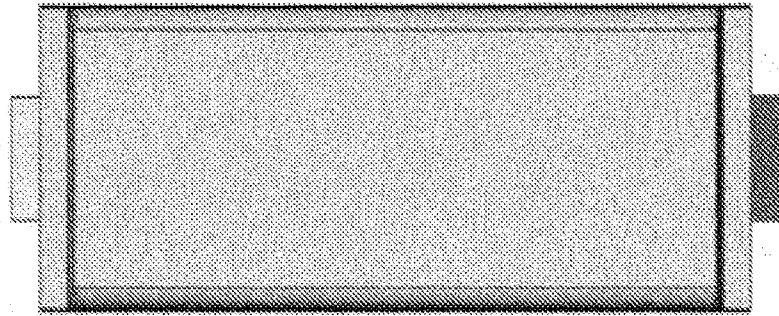


FIG. 1

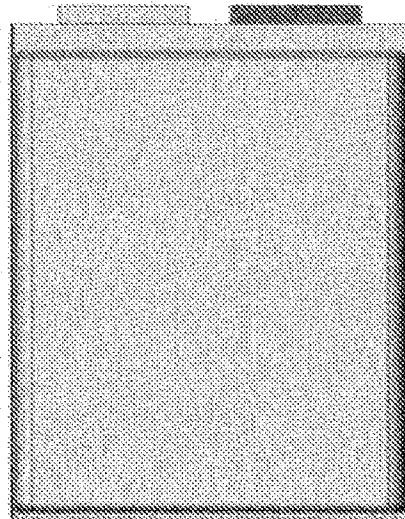


FIG. 2

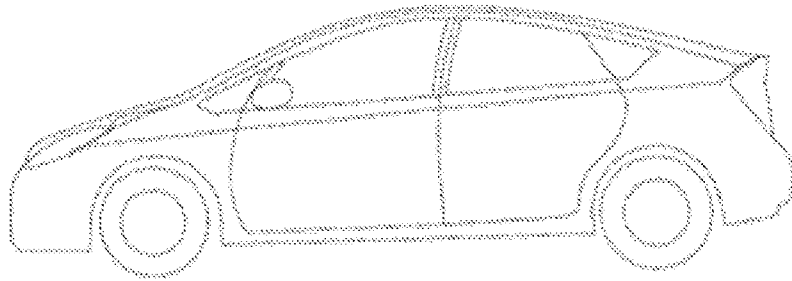


FIG. 3