

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 944 560**

51 Int. Cl.:

**H01M 10/0525** (2010.01)

**H01M 4/13** (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.03.2020 PCT/CN2020/081688**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.09.2021 WO21189423**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.03.2020 E 20927018 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.04.2023 EP 3965201**

54 Título: **Batería secundaria y dispositivo que la contiene**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**22.06.2023**

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

72 Inventor/es:  
**MA, JIANJUN;**  
**SHEN, RUI;**  
**HE, LIBING;**  
**CHEN, LEI y**  
**ZHU, BAOJIAN**

74 Agente/Representante:  
**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 944 560 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 la contiene

### Campo técnico

5 Esta solicitud pertenece al campo técnico de batería secundaria y se refiere específicamente a una batería secundaria y un aparato que contiene la batería secundaria.

### Antecedentes

10 Las baterías secundarias se usan ampliamente debido a sus características sobresalientes, como un rendimiento de trabajo fiable, sin contaminación y sin efecto memoria. Por ejemplo, con la creciente atención al tema de la protección del medio ambiente y la creciente popularidad de los vehículos de nueva energía, la demanda de baterías secundarias de tipo eléctrico mostrará un crecimiento explosivo. Sin embargo, a medida que el campo de aplicación de la batería secundaria se generaliza cada vez más, se plantea una mayor demanda de rendimiento energético a baja temperatura y densidad energética de la batería secundaria. Cuando el rendimiento de energía a baja temperatura de la batería secundaria es peor, el uso de la batería secundaria en un entorno de baja temperatura se ve afectado. La densidad energética afectará la capacidad de resistencia de la batería, es decir, el tiempo utilizable después de un proceso de carga. Por lo tanto, el hecho de cómo mejorar el rendimiento de energía a baja temperatura de la batería secundaria al tiempo que se mantiene una mayor densidad energética de la misma es un problema técnico urgente que debe resolverse.

### Compendio

Un primer aspecto de esta solicitud proporciona una batería secundaria según la reivindicación 1.

20 Un segundo aspecto de esta solicitud proporciona una batería secundaria según la reivindicación 7.

Un segundo aspecto de esta solicitud proporciona un aparato que comprende la batería secundaria según el primer aspecto de esta solicitud.

25 Se encuentra sorprendentemente que, en la batería secundaria de la presente solicitud, cuando la placa de electrodo positivo comprende un cierto tipo de material activo positivo, el material activo negativo de la placa de electrodo negativo comprende tanto grafito artificial como grafito natural, y la uniformidad de la superficie de la película de electrodo negativo lejos del colector de corriente de electrodo negativo se controla dentro de un cierto rango, la placa de electrodo negativo puede tener una mayor densidad energética y un mejor rendimiento de transmisión de iones activos, de modo que la batería secundaria puede tener un mejor rendimiento de energía a baja temperatura al tiempo que tiene una mayor densidad energética. Más preferiblemente, la batería secundaria puede tener además una menor expansión cíclica a alta temperatura y una mayor tasa de retención de capacidad cíclica a alta temperatura al mismo tiempo. El aparato en esta solicitud incluye la batería secundaria proporcionada en esta solicitud y por lo tanto tiene las mismas ventajas que la batería secundaria al menos.

### Descripción de los dibujos

35 Para explicar más claramente las soluciones técnicas de las realizaciones de la presente solicitud, a continuación se presentarán brevemente los dibujos que deben usarse en las realizaciones de la presente solicitud. Obviamente, los dibujos que se describen a continuación son solo algunas realizaciones de la presente solicitud. Un experto habitual en la técnica puede obtener otros dibujos basados en los dibujos sin trabajo creativo.

La figura 1 es un diagrama esquemático de una realización de una batería secundaria.

La figura 2 es una vista en despiece de la figura 1.

40 La figura 3 es un diagrama esquemático de una realización de un módulo de batería.

La figura 4 es un diagrama esquemático de una realización de un paquete de baterías.

La figura 5 es una vista en despiece de la figura 4.

La figura 6 es un diagrama esquemático de una realización de un aparato que utiliza la batería secundaria como fuente de alimentación.

### 45 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 más detalladamente a continuación junto con las realizaciones. Debe entenderse que las realizaciones descritas en esta memoria descriptiva son solo para explicar la solicitud, sin pretender limitar la solicitud.

Por motivos de brevedad, solo ciertos rangos numéricos se divulgan explícitamente en el presente documento. Sin embargo, cualquier límite inferior puede combinarse con cualquier límite superior para formar un rango que no se describa explícitamente; y cualquier límite inferior puede combinarse con otros límites inferiores para formar un rango no especificado, y cualquier límite superior puede combinarse con cualquier otro límite superior para formar un rango no especificado. Además, aunque no se especifique explícitamente, cada punto o valor individual entre los puntos de extremo del rango se incluye en el rango. Por lo tanto, cada punto o valor individual puede combinarse 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 rango que no se especifique explícitamente.

En la descripción del presente documento, cabe señalar que, a menos que se especifique lo contrario, un rango numérico descrito con el término “encima” o “debajo” incluye el propio límite inferior o superior, y “más” en “uno o más” significa dos o más más.

El compendio anterior de la presente solicitud no pretende describir cada realización divulgada o cada implementación en esta solicitud. La siguiente descripción ilustra realizaciones a modo de ejemplo 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 debe interpretarse como exhaustiva.

#### Batería secundaria

Un primer aspecto de esta solicitud proporciona una batería secundaria. La batería secundaria comprende una placa de electrodo positivo, una placa de electrodo negativo y un electrolito. Durante el proceso de carga y descarga de la batería, los iones activos se intercalan y desintercalan entre la placa de electrodo positivo y la placa de electrodo negativo. El electrolito sirve como iones conductores entre la placa de electrodo positivo y la placa de electrodo negativo.

#### [Placa de electrodo positivo]

Una 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. Como ejemplo, el colector de corriente de electrodo positivo tiene dos superficies opuestas en la dirección de su grosor, y la película de electrodo positivo está laminada en cualquiera o ambas de las dos superficies del colector de corriente de electrodo positivo.

El colector de corriente de electrodo positivo puede adoptar materiales con buena conductividad y resistencia mecánica, sirviendo como conductor de electricidad y colector de corriente. En algunas realizaciones, el colector de corriente de electrodo negativo puede adoptar una lámina de aluminio.

La película de electrodo positivo comprende un material activo positivo. El material activo positivo puede adoptar materiales activos positivos conocidos para baterías secundarias en la técnica. En algunas realizaciones, el material activo positivo puede comprender uno o más óxidos de metal de transición de litio en capas, fosfatos que contienen litio con estructura de olivino y compuestos modificados de los mismos.

El “modificado” en los “compuestos modificados” significa que el material se modifica mediante dopaje y/o recubrimiento superficial.

En algunas realizaciones, el material activo positivo comprende uno o más óxidos de metal de transición de litio en capas y compuestos modificados de los mismos. Como ejemplo, el material activo positivo puede comprender, pero no se limita a, uno o más de óxido de litio y cobalto, óxido de litio y níquel, óxido de litio y manganeso, óxido de litio, níquel y cobalto, óxido de litio, manganeso y cobalto, óxido de litio, níquel y manganeso, óxido de litio, níquel, cobalto y manganeso, óxido de litio, níquel, cobalto y aluminio, y sus compuestos modificados. Preferiblemente, el material activo positivo comprende uno o más de óxido de litio, níquel, cobalto y manganeso, óxidos de litio, níquel, cobalto y aluminio, y sus compuestos modificados.

En algunas realizaciones, el material activo positivo comprende uno o más de  $\text{Li}_a\text{Ni}_b\text{CO}_c\text{M}_d\text{M}'_e\text{O}_f\text{A}_g$  y  $\text{Li}_a\text{Ni}_b\text{Co}_c\text{M}_d\text{M}'_e\text{O}_f\text{A}_g$  modificado con una capa de recubrimiento en al menos parte de su superficie.  $0,8 \leq a \leq 1,2$ ,  $0,5 \leq b < 1$ ,  $0 < c < 1$ ,  $0 < d < 1$ ,  $0 \leq e \leq 0,1$ ,  $1 \leq f \leq 2$ ,  $0 \leq g \leq 1$ ; M se selecciona de uno o más de Mn y Al; M' se selecciona de uno o más de Zr, Al, Zn, Cu, Cr, Mg, Fe, V, Ti y B, preferiblemente se selecciona de uno o más de Zr, Al, Zn y B; A se selecciona de uno o más de N, F, S y Cl.

En algunas realizaciones, M se selecciona de Mn, y M' se selecciona de uno o más de Zr, Al, Zn, Cu, Cr, Mg, Fe, V, Ti y B, preferiblemente se selecciona de uno o más de Zr, Al, Zn y B. Alternativamente, M se selecciona de Al, y M' se selecciona de uno o más de Zr, Zn, Cu, Cr, Mg, Fe, V, Ti y B, preferiblemente se selecciona de uno o más de Zr, Zn y B.

El material activo positivo comprende un material activo positivo ternario con alto contenido de níquel y, por lo tanto, puede tener una mayor capacidad en gramos, lo que aumenta la densidad energética de la batería.

En algunas realizaciones, la capa de recubrimiento se puede encontrar en el 80 % al 100 % de la superficie de partículas de  $\text{Li}_a\text{Ni}_b\text{CocM}_d\text{M}'_e\text{O}_r\text{A}_g$ . Además, la capa de recubrimiento se puede encontrar en el 90 % al 100 % de la superficie de partículas de  $\text{Li}_a\text{Ni}_b\text{CocM}_d\text{M}'_e\text{O}_r\text{A}_g$ .

5 En otras realizaciones, el material activo positivo comprende uno o más fosfatos que contienen litio con estructura de olivino y compuestos modificados de los mismos. Como ejemplo, los fosfatos que contienen litio con estructura de olivino pueden comprender, pero no se limitan a, uno o más de fosfato de litio y hierro, un compuesto de fosfato de litio y hierro con carbono, fosfato de litio y manganeso, un compuesto de fosfato de litio y manganeso con carbono, y compuestos modificados de los mismos.

10 El material compuesto de fosfato de hierro y litio con carbono puede ser uno o más de un material compuesto recubierto y un material compuesto incrustado. El material compuesto recubierto significa que al menos parte de la superficie de las partículas de fosfato de hierro y litio tiene una capa de recubrimiento de carbono. Por ejemplo, la capa de recubrimiento de carbono se recubre del 80 % al 100 % (como del 90 % al 100 %) de la superficie de las partículas de fosfato de hierro y litio. La capa de recubrimiento de carbono puede comprender uno o más de grafito, carbono duro, carbono blando, negro de humo, coque y similares. El material compuesto incrustado significa que el carbonato de litio y hierro se dispersa en un portador de carbono. El portador de carbono puede comprender uno o más de grafito, carbono duro, carbono blando, negro de humo, coque y similares.

15 El material compuesto de fosfato de litio y manganeso con carbono puede ser uno o más de un material compuesto recubierto y un material compuesto incrustado. El material compuesto recubierto significa que al menos parte de la superficie de las partículas de fosfato de manganeso y litio tiene una capa de recubrimiento de carbono. Por ejemplo, la capa de recubrimiento de carbono se recubre del 80 % al 100 % (tal como del 90 % al 100 %) de la superficie de las partículas de fosfato de litio y manganeso. La capa de recubrimiento de carbono puede comprender uno o más de grafito, carbono duro, carbono blando, negro de humo, coque y similares. El compuesto incrustado significa que el carbonato de litio y manganeso está disperso en un portador de carbono. El portador de carbono puede comprender uno o más de grafito, carbono duro, carbono blando, negro de humo, coque y similares.

20 En algunas realizaciones, la película de electrodo positivo también puede comprender un aglutinante opcional. El tipo de aglutinante no está específicamente limitado y puede ser elegido por los expertos en la técnica según las necesidades reales. Como ejemplo, el aglutinante utilizado para la película de electrodo positivo puede comprender uno o más de fluoruro de polivinilideno (PVDF) y politetrafluoroetileno (PTFE).

25 En algunas realizaciones, la película de electrodo positivo también puede comprender un agente conductor opcional. El tipo de agente conductor no está limitado específicamente y puede ser elegido por los expertos en la técnica según las necesidades reales. Como ejemplo, el agente conductor usado para la película de electrodo positivo puede comprender uno o más de grafito, carbono superconductor, negro de acetileno, negro de carbón, negro de Ketjen, puntos de carbón, nanotubos de carbón, grafeno y nanofibras de carbono.

[Placa de electrodo negativo]

35 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 de electrodo negativo. Como ejemplo, el colector de corriente del electrodo negativo tiene dos superficies opuestas en la dirección de su grosor, y la película de electrodo negativo está laminada en cualquiera o ambas de las dos superficies del colector de corriente de electrodo negativo.

40 El colector de corriente de electrodo negativo puede adoptar materiales con buena conductividad y resistencia mecánica, sirviendo como conductor de electricidad y colector de corriente. En algunas realizaciones, el colector de corriente de electrodo negativo puede adoptar una lámina de cobre.

45 La película de electrodo negativo comprende un material activo negativo que comprende un primer material y un segundo material, el primer material comprende grafito artificial y el segundo material comprende grafito natural. Se encuentra sorprendentemente que cuando la uniformidad L de una superficie de la película de electrodo negativo lejos del colector de corriente de electrodo negativo se controla adicionalmente dentro de un cierto rango, la placa de electrodo negativo puede tener una densidad energética más alta y una mejora eficaz del rendimiento de transmisión de iones activos, por lo que la batería secundaria que lo adopta puede tener un mayor rendimiento de energía a baja temperatura al tiempo tiene una mayor densidad energética. Más preferiblemente, la batería secundaria puede tener además una menor expansión cíclica a alta temperatura y una mayor tasa de retención de capacidad cíclica a alta temperatura al mismo tiempo.

50 La uniformidad L refleja el grado de rugosidad de la superficie de la película de electrodo negativo lejos del colector de corriente de electrodo negativo. La uniformidad L se puede proporcionar dentro del rango requerido regulando uno o más de la selección del primer material, la selección del segundo material, la proporción del primer material con respecto al segundo material, la proporción del grafito natural, la densidad prensada de la película de electrodo negativo, el tipo de agente conductor, y el contenido de agente conductor. La selección del primer material y el segundo material puede comprender respectivamente, pero no limitarse a uno o más de su composición, grado de grafitización, distribución del tamaño de partícula, modificación del recubrimiento superficial y similares.

Los inventores han encontrado a través de estudios adicionales que diseñar la placa de electrodo negativo en combinación con el material activo positivo adoptado en la batería puede permitir que la batería secundaria tenga un mejor rendimiento. Los inventores han encontrado a través de un estudio profundo que, cuando el material activo positivo de la placa de electrodo positivo comprende uno o más óxidos de metal de transición de litio en capas y compuestos modificados de los mismos, una superficie de la película de electrodo negativo lejos del colector de corriente de electrodo negativo satisface:  $40 \leq L \leq 50$ .

Cuando el material activo positivo comprende uno o más óxidos de metal de transición de litio en capas y compuestos modificados de los mismos, el material activo negativo de la placa de electrodo negativo comprende tanto grafito artificial como grafito natural, y la uniformidad L de la película de electrodo negativo satisface  $40 \leq L \leq 50$ , se puede formar una coordinación eficaz entre el material activo positivo y el material activo negativo para utilizar suficientemente el efecto sinérgico de las ventajas de los mismos, lo que permite que la placa de electrodo negativo tenga una porosidad superficial adecuada para la infiltración de solución electrolítica y mejorar tasa de difusión de fase sólida de iones activos en el electrodo negativo al tiempo que la batería tiene una mayor densidad energética, mejorando de este modo adicionalmente el rendimiento de transmisión de iones activos entre el electrodo positivo y el electrodo negativo. Por lo tanto, el rendimiento cinético de la batería mejora significativamente, los iones activos del electrodo positivo pueden ser aceptados rápidamente por el electrodo negativo incluso en un entorno a baja temperatura, mejorando de este modo el rendimiento energético a baja temperatura de la batería secundaria. La batería secundaria es adecuada para cargarse y descargarse a una alta tasa y tiene una probabilidad significativamente menor de precipitación de litio cuando se carga a una alta tasa y a baja temperatura, y la batería secundaria también tiene un mayor rendimiento de seguridad. Además, cuando el material activo positivo comprende uno o más óxidos de metal de transición de litio en capas y compuestos modificados de los mismos, la placa de electrodo positivo puede tener una densidad superficial más alta (por ejemplo, de  $14 \text{ mg/cm}^2$  a  $20 \text{ mg/cm}^2$ ) y mayor densidad prensada (por ejemplo, de  $3,3 \text{ g/cm}^3$  a  $3,5 \text{ g/cm}^3$ ) para que la batería tenga una mayor densidad energética.

En estas realizaciones, más preferiblemente, el material activo positivo es uno o más de óxido de litio, níquel, cobalto y manganeso, óxido de litio, níquel, cobalto y aluminio, y compuestos modificados de los mismos. Como tales, los efectos anteriores pueden lograrse correctamente.

Los inventores también han descubierto que cuando el material activo positivo es uno o más de óxido de litio, níquel, cobalto y manganeso, óxido de litio, níquel, cobalto y aluminio, y compuestos modificados de los mismos, el material activo negativo comprende tanto grafito artificial como grafito natural, y la uniformidad L de la película de electrodo negativo satisface  $40 \leq L \leq 50$ , la placa de electrodo negativo puede tener una mayor fuerza de cohesión y adhesión para reducir adicionalmente la expansión del electrodo negativo durante el proceso de ciclo de la batería; y la placa de electrodo también puede tener una mayor capacidad de retención de solución electrolítica para hacer que la placa de electrodo tenga un rendimiento cinético mayor al tiempo que mantiene una mayor densidad energética volumétrica.

Además, la placa de electrodo negativo tiene un mayor rendimiento de transmisión de iones y electrones, lo que permite que la batería tenga una resistencia más baja. Además, cuando la placa de electrodo negativo comprende tanto grafito artificial como grafito natural, y la uniformidad L de la película de electrodo negativo satisface  $40 \leq L \leq 50$ , por ejemplo, L es 40,5, 41,6, 42,3, 43,5, 44,8, 45,5, 46,0, 46,5, 47,0, 47,5, 48,0, 48,5 o 49,7, se puede reducir la pérdida de material activo causada por un mal contacto entre las partículas y/o la polarización de la batería causada por una distribución no uniforme de la solución electrolítica. Por lo tanto, la batería puede tener además una mayor tasa de retención de capacidad cíclica a alta temperatura.

En estas realizaciones, preferiblemente,  $43 \leq L \leq 48$ . Cuando la uniformidad L de la película de electrodo negativo está dentro de un rango adecuado, el rendimiento de energía a baja temperatura de la batería puede mejorar adicionalmente, la expansión cíclica a alta temperatura de la batería puede mejorarse adicionalmente y la tasa de retención de capacidad cíclica de alta temperatura de la batería puede aumentar adicionalmente.

Los inventores han encontrado a través de un estudio adicional que cuando el material activo positivo comprende uno o más de óxido de litio, níquel, cobalto y manganeso, óxido de litio, níquel, cobalto y aluminio, y compuestos modificados de los mismos, el material activo negativo comprende tanto grafito artificial como grafito natural, y la uniformidad L de la película de electrodo negativo satisface  $40 \leq L \leq 50$ , el rendimiento de la batería se puede mejorar adicionalmente si el material activo negativo satisface una o más de las siguientes condiciones.

En algunas realizaciones preferidas, el grafito natural puede constituir del 10 % al 50 % en masa del material activo negativo, preferiblemente del 15 % al 30 % en masa, más preferiblemente del 15 % al 25 % en masa, por ejemplo, el 15 %, 17 %, 19 %, 20 %, 21 % y 23 % en masa. Cuando el material activo negativo comprende la cantidad adecuada de grafito natural, el material activo negativo puede tener una mayor capacidad en gramos, especialmente, la placa de electrodo negativo puede tener una tasa de difusión de fase sólida de iones mejorada, lo que permite que la batería tenga una mayor densidad energética y rendimiento de energía mejorado. Además, la cantidad adecuada de grafito natural puede mejorar la fuerza de adhesión entre las partículas de material activo negativo y la fuerza de adhesión entre el material activo negativo y el colector de corriente de electrodo negativo para permitir que la placa de electrodo negativo tenga mayor fuerza de cohesión y de adhesión y reduce las reacciones secundarias en la superficie del electrodo negativo, lo que permite que la batería tenga una expansión cíclica a alta temperatura más baja. El rendimiento de ciclo a alta temperatura de la batería también se puede mejorar adicionalmente.

En algunas realizaciones preferidas, el material activo negativo puede tener una densidad de polvo compactado de  $1,7 \text{ g/cm}^3$  a  $1,9 \text{ g/cm}^3$  bajo una fuerza de acción de 30.000 N, preferiblemente de  $1,75 \text{ g/cm}^3$  a  $1,85 \text{ g/cm}^3$ . Cuando la densidad de polvo compactado del material activo negativo está dentro del rango adecuado, la película de electrodo negativo puede tener una densidad prensada más alta para mejorar la densidad energética de la batería.

5 Para que la densidad de polvo compactado del material activo negativo esté dentro del rango anterior, en algunas realizaciones preferidas, el grafito natural tiene una densidad de polvo compactado preferiblemente de  $1,75 \text{ g/cm}^3$  a  $1,9 \text{ g/cm}^3$  bajo una fuerza de acción de 30.000 N, más preferiblemente de  $1,75 \text{ g/cm}^3$  a  $1,85 \text{ g/cm}^3$ ; el grafito artificial tiene una densidad de polvo compactado preferiblemente de  $1,7 \text{ g/cm}^3$  a  $1,9 \text{ g/cm}^3$  bajo una fuerza de acción de 30.000 N, más preferiblemente de  $1,8 \text{ g/cm}^3$  a  $1,9 \text{ g/cm}^3$ .

10 En algunas realizaciones preferidas, el material activo negativo puede tener un grado de grafitización del 92 % al 96 %, preferiblemente del 93 % al 95 %. Cuando el grado de grafitización del material activo negativo está dentro del rango adecuado, puede tener una resistividad de polvo más pequeña para reducir la resistencia de la placa de electrodo negativo y tener un espacio entre capas adecuado para la intercalación y desintercalación de iones, mejorando de este modo adicionalmente el rendimiento de energía a baja temperatura de la batería. Además, la placa de electrodo negativo que adopta el material activo negativo también tiene una mayor fuerza de cohesión y adhesión, lo que reduce adicionalmente la expansión cíclica de la batería.

Los inventores también han descubierto que cuando el material activo positivo comprende uno o más de óxido de litio, níquel, cobalto y manganeso, óxido de litio, níquel, cobalto y aluminio, y compuestos modificados de los mismos, el material activo negativo comprende grafito artificial y grafito natural, y la uniformidad L la película de electrodo negativo está dentro de un cierto rango, el rendimiento de ciclo de alta temperatura de la batería se puede mejorar adicionalmente si el grado de grafitización del material activo negativo está dentro del rango anterior.

20 Para que el grado de grafitización del material activo negativo esté dentro del rango anterior, en algunas realizaciones preferidas, el grado de grafitización del grafito natural puede ser del 95 % al 98,5 %, preferiblemente del 96 % al 98 %, más preferiblemente del 96,5 % al 97,6 %; el grado de grafitización del grafito artificial puede ser del 90 % al 97,5 %, preferiblemente del 90 % al 95 %, más preferiblemente del 91 % al 93,5 %.

En algunas realizaciones preferidas, el material activo negativo puede tener un tamaño de partícula promedio en volumen  $D_{v50}$  de  $10 \mu\text{m}$  a  $18 \mu\text{m}$ , preferiblemente de  $11 \mu\text{m}$  a  $15 \mu\text{m}$ , más preferiblemente de  $12 \mu\text{m}$  a  $14 \mu\text{m}$ . Cuanto menor sea el  $D_{v50}$  del material activo negativo, mayor es la cantidad de partículas en la superficie de la película de electrodo negativo, el rebote de la placa de electrodo después del prensado en frío es mayor, las partículas en la superficie de la película de electrodo negativo se incrustarán entre sí para aumentar la rugosidad de la superficie y, por lo tanto, la uniformidad de la superficie de la película de electrodo negativo puede ser más pequeña para mejorar la infiltración de la solución electrolítica y la tasa de migración de iones en la película de electrodo negativo. Cuando el material activo negativo tiene el  $D_{v50}$  adecuado, puede permitir que la película de electrodo negativo tenga una mayor tasa de migración de iones activos, y también puede mejorar la capacidad en gramo del material activo negativo y reducir los sitios activos en la superficie de la placa de electrodo, mejorando de este modo el rendimiento de energía a baja temperatura, la densidad energética y el rendimiento de ciclo a alta temperatura de la batería al mismo tiempo.

30 Para hacer que el  $D_{v50}$  del material activo negativo se encuentre dentro del rango anterior, en algunas realizaciones,  $D_{v50}$  de grafito natural puede ser de  $10 \mu\text{m}$  a  $16 \mu\text{m}$ , preferiblemente de  $10 \mu\text{m}$  a  $14 \mu\text{m}$ , más preferiblemente de  $11 \mu\text{m}$  a  $13 \mu\text{m}$ ;  $D_{v50}$  de grafito artificial puede ser de  $12 \mu\text{m}$  a  $19 \mu\text{m}$ , preferiblemente de  $12 \mu\text{m}$  a  $16 \mu\text{m}$ , más preferiblemente de  $13 \mu\text{m}$  a  $15 \mu\text{m}$ .

En algunas realizaciones preferidas, la densidad prensada de la película de electrodo negativo es de  $1,6 \text{ g/cm}^3$  a  $1,8 \text{ g/cm}^3$ , preferiblemente de  $1,65 \text{ g/cm}^3$  a  $1,75 \text{ g/cm}^3$ , y de forma especialmente preferente a partir de  $1,68 \text{ g/cm}^3$  a  $1,73 \text{ g/cm}^3$ . Cuando el material activo positivo es uno o más de óxido de litio, níquel, cobalto y manganeso, óxido de litio, níquel, cobalto y aluminio, y compuestos modificados de los mismos, el material activo negativo comprende grafito artificial y grafito natural, la uniformidad L de la película de electrodo negativo está dentro de un cierto rango, y la densidad prensada de la película de electrodo negativo está dentro del rango dado, se puede garantizar que la batería obtenga una mayor densidad energética; la película de electrodo negativo también tiene una mayor infiltración de solución electrolítica y una buena tasa de difusión de fase sólida de iones, lo que mejora adicionalmente el rendimiento energético de la batería. Además, una densidad prensada adecuada también puede mantener la integridad estructural de las partículas de material activo negativo, lo que conlleva una mejora de la fuerza de cohesión y de adhesión de la placa de electrodo negativo y una reducción de la expansión y las reacciones secundarias durante el proceso de ciclo a alta temperatura de la batería, lo que aumenta adicionalmente la vida útil del ciclo a alta temperatura de la batería.

45 En algunas realizaciones preferidas, la densidad superficial de la película de electrodo negativo fue de  $10 \text{ mg/cm}^2$  a  $13 \text{ mg/cm}^2$ , preferiblemente de  $10,5 \text{ mg/cm}^2$  a  $11,5 \text{ mg/cm}^2$ . Cuando el material positivo comprende uno o más de óxido de litio, níquel, cobalto y manganeso, óxido de litio, níquel, cobalto y aluminio y compuestos modificados de los mismos, el material activo negativo comprende grafito artificial y grafito natural, la uniformidad L de la película de electrodo negativo está dentro de un cierto rango, y la densidad superficial de la película de electrodo negativo está dentro del rango dado, la batería puede obtener una mayor densidad energética. Al mismo tiempo, la batería tiene además un mejor rendimiento de transmisión de iones y electrones, mejorando de este modo adicionalmente el

rendimiento cinético de la batería. Además, cuando la batería satisface el diseño anterior, la polarización y las reacciones secundarias se pueden reducir, mejorando de este modo adicionalmente el rendimiento de ciclo a alta temperatura de la batería.

- 5 Los inventores también han encontrado que cuando el material activo positivo de la placa de electrodo positivo comprende uno o más fosfatos que contienen litio con estructura de olivino y compuestos modificados de los mismos, preferiblemente, una uniformidad L de la superficie de la película de electrodo negativo lejos del colector de corriente de electrodo negativo satisface:  $45 \leq L \leq 55$ .

10 Cuando el material activo positivo comprende uno o más fosfatos que contienen litio con estructura de olivino y compuestos modificados de los mismos, el material activo negativo de la placa de electrodo negativo comprende tanto grafito artificial como grafito natural, y la uniformidad L de la película de electrodo negativo satisface  $45 \leq L \leq 55$ , se puede formar una coordinación eficaz entre el material activo positivo y el material activo negativo para utilizar suficientemente el efecto sinérgico de las ventajas de los mismos, lo que mejora adicionalmente la tasa de difusión de fase sólida de iones activos entre el electrodo positivo y el electrodo negativo al tiempo que la batería tiene mayor densidad energética. Por lo tanto, el rendimiento cinético de la batería mejora adicionalmente y los iones activos del electrodo positivo pueden ser aceptados rápidamente por el electrodo negativo incluso en un entorno a baja temperatura, lo que mejora el rendimiento energético a baja temperatura de la batería secundaria. La batería secundaria es apta para cargarse y descargarse a una alta tasa y tiene una probabilidad significativamente reducida de precipitación de litio cuando se carga a una alta tasa y una baja temperatura.

20 En estas realizaciones, más preferiblemente, el material activo positivo comprende uno o más de fosfato de litio y hierro, una composición de fosfato de litio y hierro con carbono y compuestos modificados de los mismos. Como tal, los efectos anteriores pueden lograrse correctamente.

25 Los inventores también han descubierto que cuando el material activo positivo comprende uno o más de fosfato de hierro y litio, una composición de fosfato de hierro y litio con carbono y compuestos modificados de los mismos, el material activo negativo comprende tanto grafito artificial como grafito natural, y la uniformidad L de la película de electrodo negativo satisface  $45 \leq L \leq 55$ , la expansión durante el proceso de ciclo de la batería se puede reducir adicionalmente; además, la placa de electrodos puede tener una mayor capacidad de retención de solución electrolítica entre los materiales activos, lo que es beneficioso para aumentar el rendimiento cinético al tiempo que se mantiene una mayor densidad energética volumétrica.

30 Además, la placa de electrodo negativo tiene un mayor rendimiento de transmisión de iones y electrones, lo que permite que la batería tenga una resistencia más baja. Además, cuando la placa de electrodo negativo comprende tanto grafito artificial como grafito natural, y la uniformidad L de la película de electrodo negativo satisface  $45 \leq L \leq 55$ , la pérdida de material activo causada por un contacto deficiente entre las partículas y/o la polarización de la batería causada por la distribución no uniforme de la solución electrolítica puede reducirse. Por lo tanto, la batería puede tener además una mayor tasa de retención de capacidad cíclica a alta temperatura.

35 En estas realizaciones, más preferiblemente,  $48 \leq L \leq 52$ . Por ejemplo, L es 48,5, 49,0, 49,5, 50,0, 50,5, 51,0 o 51,5. Cuando la uniformidad L de la película de electrodo negativo se encuentra dentro de un rango adecuado, el rendimiento de energía a baja temperatura de la batería puede mejorar adicionalmente, la expansión cíclica a alta temperatura de la batería puede disminuir adicionalmente y la tasa de retención de capacidad cíclica a alta temperatura de la batería puede aumentar adicionalmente.

40 Los inventores han descubierto a través de estudios adicionales que cuando el material activo positivo comprende uno o más fosfatos que contienen litio con estructura de olivino y compuestos modificados de los mismos, el material activo negativo comprende tanto grafito artificial como grafito natural, y la uniformidad L de la película de electrodo negativo satisface  $45 \leq L \leq 55$ , el rendimiento de la batería se puede mejorar adicionalmente si el material activo negativo satisface una o más de las siguientes condiciones.

45 En algunas realizaciones preferidas, el grafito natural puede constituir del 10 % al 50 % en masa del material activo de electrodo negativo, preferiblemente del 15 % al 50 % en masa, más preferiblemente del 35 % al 50 % en masa, por ejemplo, el 30 %, 35 %, 40 %, 42 %, 45 %, 48 % o 50 % en masa. Cuando el material activo negativo comprende la cantidad adecuada de grafito natural, el material activo negativo puede tener una mayor capacidad en gramos, especialmente, la placa de electrodo negativo puede tener una tasa de difusión de fase sólida de iones mejorada, lo que permite que la batería tenga una mayor densidad energética y un rendimiento de energía mejorado. Además, la cantidad adecuada de grafito natural puede mejorar la fuerza de adhesión entre las partículas de material activo negativo y la fuerza de adhesión entre el material activo negativo y el colector de corriente de electrodo negativo para permitir que la placa de electrodo negativo tenga mayor fuerza de cohesión y adhesión y reduce las reacciones secundarias en la superficie del electrodo negativo, lo que permite que la batería tenga una expansión cíclica a alta temperatura más baja. El rendimiento de ciclo a alta temperatura de la batería también se puede mejorar adicionalmente.

55 En algunas realizaciones preferidas, el material activo negativo puede tener una densidad de polvo compactado preferiblemente de  $1,8 \text{ g/cm}^3$  a  $1,9 \text{ g/cm}^3$  bajo una fuerza de acción de 30.000 N, más preferiblemente de  $1,82 \text{ g/cm}^3$

a 1,88 g/cm<sup>3</sup>. Cuando la densidad de polvo compactado del material activo negativo está dentro del rango adecuado, la película de electrodo negativo puede tener una densidad prensada más alta para mejorar la densidad energética de la batería.

5 Para que la densidad de polvo compactado del material activo negativo esté dentro del rango anterior, en algunas realizaciones preferidas, el grafito natural tiene una densidad de polvo compactado preferiblemente de 1,85 g/cm<sup>3</sup> a 1,95 g/cm<sup>3</sup> bajo una fuerza de acción de 30.000 N, más preferiblemente de 1,90 g/cm<sup>3</sup> a 1,95 g/cm<sup>3</sup>; el grafito artificial tiene una densidad de polvo compactado de 1,75 g/cm<sup>3</sup> a 1,85 g/cm<sup>3</sup> bajo una fuerza de acción de 30.000 N, más preferiblemente de 1,77 g/cm<sup>3</sup> a 1,80 g/cm<sup>3</sup>.

10 En algunas realizaciones preferidas, el material activo negativo tiene un grado de grafitización del 92 % al 95 %, preferiblemente del 93 % al 94 %. Cuando el grado de grafitización del material activo negativo está dentro del rango adecuado, puede tener una resistividad de polvo más pequeña para reducir la resistencia de la placa de electrodo negativo y tener un espacio entre capas adecuado para la intercalación y desintercalación de iones, mejorando de este modo adicionalmente el rendimiento de energía a baja temperatura de la batería. Además, la placa de electrodo negativo que adopta el material activo negativo también tiene una mayor fuerza de cohesión y adhesión, lo que reduce  
15 adicionalmente la expansión cíclica de la batería.

Los inventores también han encontrado que cuando el material activo positivo comprende uno o más fosfatos que contienen litio con estructura de olivino y compuestos modificados de los mismos, el material activo negativo comprende grafito artificial y grafito natural, la uniformidad L de la película de electrodo negativo está dentro de un rango de cierto rango, y el grado de grafitización del material activo negativo está dentro del rango anterior, el  
20 rendimiento de ciclo a alta temperatura de la batería se puede mejorar adicionalmente.

Para que el grado de grafitización del material activo negativo esté dentro del rango anterior, en algunas realizaciones preferidas, el grado de grafitización del grafito natural puede ser del 95 % al 98,5 %, preferiblemente del 97,5 % al 98,5 %; el grado de grafitización del grafito artificial puede ser del 89 % al 95 %, preferiblemente del 90 % al 93 %.

25 En algunas realizaciones preferidas, el material activo negativo tiene un tamaño de partícula promedio en volumen D<sub>v50</sub> de 15 μm a 19 μm, preferiblemente de 16 μm a 18 μm. Cuando menor sea el D<sub>v50</sub> del material activo negativo es, mayor será la cantidad de poros en la superficie de la película de electrodo negativo, la uniformidad de la superficie de la película de electrodo negativo es más pequeña para mejorar la infiltración de la solución electrolítica y la tasa de migración de iones en la película de electrodo negativo. Cuando el material activo negativo tiene un D<sub>v50</sub> adecuado, puede permitir que la película de electrodo negativo tenga una mayor tasa de migración de iones, y también pueda  
30 mejorar la capacidad en gramo del material activo negativo y reducir los sitios activos en la superficie de la placa de electrodo, mejorando de este modo el rendimiento de energía a baja temperatura, la densidad energética y el rendimiento de ciclo a alta temperatura de la batería al mismo tiempo.

35 Para hacer que el D<sub>v50</sub> del material activo negativo esté dentro del rango anterior, en algunas realizaciones, D<sub>v50</sub> de grafito natural puede ser de 15 μm a 20 μm, preferiblemente de 15 μm a 19 μm, más preferiblemente de 16 μm a 18 μm; D<sub>v50</sub> de grafito artificial puede ser de 14 μm a 19 μm, preferiblemente de 14 μm a 18 μm, más preferiblemente de 15 μm a 17 μm.

40 En algunas realizaciones preferidas, la película de electrodo negativo tiene una densidad prensada de 1,5 g/cm<sup>3</sup> a 1,7 g/cm<sup>3</sup>, preferiblemente de 1,55 g/cm<sup>3</sup> a 1,65 g/cm<sup>3</sup>. Cuando el material positivo comprende uno o más fosfatos que contienen litio con estructura de olivino y compuestos modificados de los mismos, el material activo negativo comprende tanto grafito artificial como grafito natural, la uniformidad L de la película de electrodo negativo está dentro de un cierto rango, y la densidad prensada de la película de electrodo negativo está dentro del rango dado, la batería puede dotarse de una mayor densidad energética; al mismo tiempo, la película de electrodo negativo puede tener una mayor infiltración de solución electrolítica y una buena tasa de difusión de fase sólida de iones, lo que mejora  
45 adicionalmente el rendimiento de energía a baja temperatura de la batería. Además, una densidad prensada adecuada también puede mantener la integridad estructural de las partículas de material activo negativo, lo que conduce a mejorar la fuerza de cohesión y de adhesión de la placa de electrodo negativo y reducir la expansión y las reacciones secundarias durante el proceso de ciclo a alta temperatura de la batería, lo que aumenta adicionalmente la vida útil del ciclo a alta temperatura de la batería.

50 En algunas realizaciones preferidas, la película de electrodo negativo tiene una densidad superficial de 7 mg/cm<sup>2</sup> a 10 mg/cm<sup>2</sup>, preferiblemente de 7 mg/cm<sup>2</sup> a 8 mg/cm<sup>2</sup>. Cuando el material positivo comprende uno o más fosfatos que contienen litio con estructura de olivino y compuestos modificados de los mismos, el material activo negativo comprende grafito artificial y grafito natural, la uniformidad L de la película de electrodo negativo está dentro de un cierto rango y la densidad superficial de la película de electrodo negativo está dentro del rango dado, la batería puede obtener una mayor densidad energética. Al mismo tiempo, la batería tiene además un mejor rendimiento de  
55 transmisión de iones y electrones, mejorando de este modo adicionalmente el rendimiento cinético de la batería. Además, cuando la batería satisface el diseño anterior, la polarización y las reacciones secundarias se pueden reducir, mejorando de este modo adicionalmente el rendimiento de ciclo a alta temperatura de la batería.

En cualquier placa de electrodo negativo de la presente solicitud, opcionalmente, el material activo negativo puede

incluir además uno o más de carbono duro, carbono blando, materiales a base de silicio y materiales a base de estaño. El material a base de silicio se puede seleccionar de uno o más de silicio elemental, óxido de silicio, material compuesto de carbono y silicio y aleación de silicio. El material a base de estaño se puede seleccionar de uno o más de estaño elemental, compuesto de óxido de estaño y aleación de estaño.

5 En algunas realizaciones, la película de electrodo negativo también puede incluir un aglutinante. Como ejemplo, el aglutinante utilizado para la película de electrodo negativo se puede seleccionar de uno o más de ácido poliacrílico (PAA), poliácido de sodio (PAAS), poliácido amida (PAM), alcohol polivinílico (PVA), caucho de estireno butadieno (SBR), alginato de sodio (SA), ácido polimetilacrílico (PMAA) y carboximetilquitosano (CMCS).

10 En algunas realizaciones, la película de electrodo negativo puede incluir opcionalmente un espesante. Como ejemplo, el espesante puede ser carboximetilcelulosa de sodio (CMC-Na).

En algunas realizaciones, la película de electrodo negativo puede incluir opcionalmente un agente conductor. Como ejemplo, el agente conductor utilizado para la película de electrodo negativo puede seleccionarse entre uno o más de carbono superconductor, negro de acetileno, negro de carbono, negro de Ketjen, puntos de carbono, nanotubos de carbono, grafeno y nanofibras de carbono.

15 En la presente solicitud, la uniformidad L de la película de electrodo negativo tiene el significado conocido en la técnica y puede medirse mediante métodos conocidos en la técnica. Por ejemplo, un método de medición a modo de ejemplo es el siguiente: en primer lugar, se coloca la placa de electrodo negativo debajo de un puerto de medición de un lector de color preciso (por ejemplo, un lector de color preciso multifuncional NR60CP), se hace que el puerto de medición del lector de color preciso esté cerca de la película de electrodo negativo, se ajusta la posición del mismo para lograr la alineación, se mide y registra el resultado de la prueba. Para garantizar la precisión del resultado de la prueba, se pueden  
20 medir 10 grupos de muestras de prueba y se calcula un valor promedio de 10 grupos de muestras de prueba.

En la presente solicitud, la densidad de polvo compactado del material activo negativo tiene el significado conocido en la técnica y puede medirse mediante métodos conocidos en la técnica. Por ejemplo, se utiliza una máquina de prueba de compresión electrónica (por ejemplo, UTM7305) para realizar la medición con referencia a GB/T 24533-2009. Un  
25 método de medición a modo de ejemplo es el siguiente: se coloca la muestra de polvo de prueba con una masa de M en un molde de compactación especial (con un área inferior de S), se ajustan diferentes presiones (en la presente solicitud, la presión es de 30.000 N) y se mantiene durante 30 segundos, se libera la presión y después de 10 segundos, se lee el grosor H del polvo compactado bajo cierta presión del instrumento. La densidad de polvo compactado del material activo negativo bajo una cierta presión se determina como  $M/(H \times S)$ .

30 En la presente solicitud, la densidad superficial de la película de electrodo negativo tiene el significado conocido en la técnica y puede medirse mediante métodos conocidos en la técnica. Por ejemplo, se toma la placa de electrodo negativo que ha sido recubierta por un lado y se prensa en frío (si la placa de electrodo está recubierta en dos lados, la película de electrodo negativo en un lado se puede limpiar primero), se corta en pequeños discos con un área de  $S_1$ , y se obtiene el peso registrado como  $M_1$ . Luego se limpia la película de electrodo negativo de la placa de electrodo  
35 negativo pesada y se pesa el colector de corriente de electrodo negativo y se registra como  $M_0$ . La densidad superficial de la película de electrodo negativo se determina como (peso de la placa de electrodo negativo  $M_1$  - peso del colector de corriente de electrodo negativo  $M_0$ )/ $S_1$ .

En la presente solicitud, la densidad prensada de la película de electrodo negativo tiene el significado conocido en la técnica y puede medirse mediante métodos conocidos en la técnica. Por ejemplo, se coloca la placa de electrodo  
40 negativo que ha sido recubierta en un lado y se prensa en frío (si la placa de electrodo está recubierta en dos lados, la película de electrodo negativo en un lado se puede limpiar primero), se mide el grosor de la película de electrodo negativo y se determina la densidad superficial de la película de electrodo negativo según el método de medición anterior. La densidad prensada de la película de electrodo negativo = la densidad superficial de la película de electrodo negativo / el grosor de la película de electrodo negativo.

45 En la presente solicitud,  $D_v50$  del material activo de electrodo negativo tiene el significado conocido en la técnica, y puede medirse mediante métodos conocidos en la técnica. Por ejemplo,  $D_v50$  se puede medir con un analizador de tamaño de partículas láser (como Malvern Master Size 3000) con referencia a GB/T 19077.1-2016. La definición física de  $D_v50$  es el tamaño de partícula en el que el material alcanza el 50 % del porcentaje de distribución de volumen acumulativo.

50 En la presente solicitud, el grado de grafitización del material activo negativo tiene el significado conocido en la técnica y puede medirse mediante métodos conocidos en la técnica. Por ejemplo, se puede medir con un difractor de rayos X (como Bruker D8 Discover).  $d_{002}$  se puede medir con referencia a JIS K 0131-1996 y JB/T 4220-2011, y luego el grado de grafitización se calcula según la fórmula de  $G = (0,344 - d_{002}) / (0,344 - 0,3354) \times 100 \%$ , en donde  $d_{002}$  es el espacio entre capas en nm en la estructura cristalina del grafito. En el análisis del difractor de rayos X,  $CuK\alpha$   
55 rayo se utiliza como fuente de radiación, la longitud de onda del rayo  $\lambda$  es de 1,5418 Å, el ángulo de exploración  $2\theta$  es de  $20^\circ$  a  $80^\circ$  y la velocidad de exploración es de 4  $^\circ$ /min.

## [Electrolito]

Los electrolitos actúan como iones conductores entre la placa de electrodo positivo y la placa de electrodo negativo. Esta solicitud no tiene ninguna limitación específica en el tipo de electrolito, que se puede seleccionar según los requisitos. Por ejemplo, los electrolitos pueden seleccionarse al menos uno de un electrolito sólido y un electrolito líquido, es decir, una solución electrolítica.

- 5 En algunas realizaciones, la solución electrolítica se usa como electrolito. La solución electrolítica incluye sales de electrolitos y disolventes.

10 En algunas realizaciones, la sal de electrolito se puede seleccionar de uno o más de  $\text{LiPF}_6$  (hexafluorofosfato de litio),  $\text{LiBF}_4$  (tetrafluoroborato de litio),  $\text{LiClO}_4$  (perclorato de litio),  $\text{LiAsF}_6$  (hexafluoroarsenato de litio),  $\text{LiFSI}$  (difluorosulfimida de litio),  $\text{LiTFSI}$  (bistrifluorometanosulfonimida de litio),  $\text{LiTFS}$  (trifluorometanosulfonato de litio),  $\text{LiDFOB}$  (difluorooxalato de litio),  $\text{LiBOB}$  (bisoxalato de litio),  $\text{LiPO}_2\text{F}_2$  (difluorofosfato de litio),  $\text{LiDFOP}$  (fosfato de difluorobisoxalato de litio) y  $\text{LiTFOP}$  (fosfato de tetrafluorooxalato de litio).

15 En algunas realizaciones, el disolvente orgánico puede seleccionarse de uno o más de carbonato de etileno (EC), carbonato de propileno (PC), carbonato de metilo y etilo (EMC), carbonato de dietilo (DEC), carbonato de dimetilo (DMC), carbonato de dipropilo (DPC), carbonato de metilo y propilo (MPC), carbonato de etilo y propilo (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), dimetilsulfona (MSM), metiletilsulfona (EMS) y dietilsulfona (ESE).

20 En algunas realizaciones, la disolución electrolítica puede incluir además opcionalmente aditivos. Por ejemplo, los aditivos pueden incluir aditivos formadores de película de electrodo negativo, aditivos formadores de película de electrodo positivo y aditivos que pueden mejorar algunos rendimientos de la batería, 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.

## [Separador]

25 Las baterías secundarias que utilizan una disolución electrolítica, así como algunas baterías secundarias que utilizan electrolitos sólidos, también incluyen un separador. El separador está dispuesto entre la placa de electrodo positivo y la placa de electrodo negativo, que actúa como aislamiento. Esta solicitud no tiene ninguna limitación especial en el tipo de separador, y se puede seleccionar cualquier separador que se conozca bien de estructura porosa conocido con buena estabilidad química y mecánica. En algunas realizaciones, el material del separador se puede seleccionar de uno o más de fibra de vidrio, material textil no tejido, polietileno, polipropileno y fluoruro de polivinilideno. El separador puede ser una película de una sola capa o una película compuesta de múltiples capas. Cuando el separador es una película compuesta de múltiples capas, los materiales de cada capa pueden ser iguales o diferentes.

30 La presente solicitud no tiene ninguna limitación particular en cuanto a la forma de la batería secundaria. La batería secundaria puede ser cilíndrica, cuadrada o de otra forma arbitraria. La figura 1 muestra una batería 5 secundaria con una estructura cuadrada como ejemplo.

35 En algunas realizaciones, la batería secundaria puede incluir un embalaje exterior para embalar la placa de electrodo positivo, la placa de electrodo negativo y el electrolito.

40 En algunas realizaciones, el embalaje exterior de la batería secundaria puede ser una bolsa blanda, como una bolsa blanda de tipo bolsillo. El material de la bolsa blanda puede ser plástico, por ejemplo, puede incluir uno o más de polipropileno (PP), tereftalato de polibutileno (PBT), succinato de polibutileno (PBS) y similares. El embalaje exterior de la batería secundaria también puede ser una funda dura, tal como una funda de plástico duro, una funda de aluminio, una funda de acero y similares.

45 En algunas realizaciones, con referencia a la figura 2, el embalaje exterior puede incluir una carcasa 51 y una placa 53 de cubierta. La carcasa 51 puede incluir 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 comunicada con la cavidad receptora, y la placa 53 de cubierta puede cubrir la abertura para cerrar la cavidad receptora.

50 La placa de electrodo positivo, la placa de electrodo negativo y el separador pueden formar un conjunto 52 de electrodos mediante su bobinado o apilado. El conjunto 52 de electrodos está embalado en la cavidad receptora. El electrolito puede adoptar una disolución electrolítica, y la disolución electrolítica se infiltra en el conjunto 52 de electrodos. La batería 5 secundaria incluye uno o más conjuntos 52 de electrodos, que pueden ajustarse según los requisitos.

55 En algunas realizaciones, las baterías secundarias se pueden ensamblar para conformar un módulo de batería, el módulo de batería puede incluir una pluralidad de baterías secundarias y el número específico se puede ajustar según la aplicación y la capacidad del módulo de batería.

La figura 3 muestra un módulo 4 de batería como ejemplo. Haciendo referencia a la figura 3, en el módulo 4 de batería, una pluralidad de baterías 5 secundarias pueden disponerse secuencialmente en una dirección longitudinal del módulo

4 de batería. Por supuesto, también pueden disponerse de cualquier otra forma. Además, una pluralidad de baterías 5 secundarias pueden fijarse mediante elementos de sujeción.

Opcionalmente, el módulo 4 de batería puede incluir además un alojamiento que tiene un espacio de recepción, y una pluralidad de baterías 5 secundarias se reciben en el espacio de recepción.

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

Las figuras 4 y 5 muestran un paquete 1 de batería como ejemplo. Haciendo referencia a las figuras 4 y 5, el paquete 1 de batería puede incluir una funda de batería y una pluralidad de módulos 4 de batería dispuestos en la funda de batería.

- 10 La funda de batería incluye un cuerpo 2 de funda superior y un cuerpo 3 de funda inferior. El cuerpo 2 de funda superior puede cubrir el cuerpo 3 de funda inferior para formar un espacio cerrado para recibir los módulos 4 de batería. Una pluralidad de módulos 4 de batería pueden disponerse en la funda de la batería independientemente de la manera.

[Preparación]

- 15 El método de preparación de la batería secundaria puede incluir la etapa de ensamblar la placa de electrodo negativo, la placa de electrodo positivo y el electrolito en una batería secundaria. En algunas realizaciones, la placa de electrodo positivo, el separador y la placa de electrodo negativo se bobinan o apilan para que el separador se disponga entre la placa de electrodo positivo y la placa de electrodo negativo para servir como aislamiento, obteniendo de este modo un conjunto de electrodos, es decir, un núcleo de batería; y el núcleo de la batería se coloca en un embalaje exterior, se inyecta la disolución electrolítica y se sella para obtener la batería secundaria.

- 20 En algunas realizaciones, la preparación de la batería secundaria también puede incluir la etapa de preparar una placa de electrodo positivo. Como ejemplo, la placa de electrodo positivo se puede obtener dispersando un material activo positivo, un agente conductor y un aglutinante en un disolvente (por ejemplo, N-metilpirrolidona, abreviado como NMP) para formar una suspensión uniforme de electrodo positivo; la suspensión de electrodo positivo se recubre sobre el colector de corriente de electrodo positivo seguido de secado y prensado en frío, obteniendo de este modo la placa de electrodo positivo.

- 25 En algunas realizaciones, la preparación de la batería secundaria también puede incluir la etapa de preparar una placa de electrodo negativo. Como ejemplo, la placa de electrodo negativo se puede obtener dispersando un material activo negativo, un aglutinante, un espesante opcional y un agente conductor opcional en un disolvente en el que el disolvente es agua desionizada para formar una suspensión de electrodo negativo uniforme; la suspensión de electrodo negativo se recubre sobre el colector de corriente de electrodo negativo seguido de secado y prensado en frío, obteniendo de este modo la placa de electrodo negativo.

[Aparato]

- 35 El segundo aspecto de la presente solicitud proporciona un aparato, incluyendo el aparato la batería secundaria según el primer aspecto de la presente solicitud. La batería secundaria se puede utilizar como una fuente de alimentación del aparato y 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 y similares), un vehículo eléctrico (por ejemplo, un vehículo eléctrico puro, un vehículo eléctrico híbrido, un vehículo híbrido enchufable vehículo eléctrico, una bicicleta eléctrica, una escúter eléctrica, un vehículo de golf eléctrico, un camión eléctrico y similares), un tren eléctrico, una embarcación, un satélite, un sistema de almacenamiento de energía, y similares.

- 40 El aparato puede seleccionar la batería secundaria, el módulo de batería o el paquete de batería según sus requisitos de uso.

La figura 6 muestra un aparato como ejemplo. El aparato es un vehículo eléctrico puro, un vehículo eléctrico híbrido o un vehículo eléctrico híbrido enchufable. Para cumplir los requisitos del aparato de alta energía y alta densidad energética de la batería secundaria, se puede utilizar un paquete de batería o un módulo de batería.

- 45 Como otro ejemplo, el aparato puede ser un teléfono móvil, una tableta, un ordenador portátil y similar. Por lo general, se requiere que el aparato sea delgado y liviano, y la batería secundaria se puede usar como fuente de alimentación.

### Ejemplos

- 50 Los siguientes ejemplos describen más específicamente el contenido divulgado en la presente solicitud, y estos ejemplos solo se usan para una descripción explicativa, porque varias modificaciones y cambios dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas son obvios para los expertos en la técnica. A menos que se indique lo contrario, todas las partes, porcentajes y proporciones que se describen en los siguientes ejemplos se basan en el peso, todos los reactivos utilizados en los ejemplos están disponibles comercialmente o se sintetizan según métodos convencionales y se pueden utilizar directamente sin tratamiento adicional, y todos los instrumentos utilizados en los ejemplos están disponibles comercialmente.

## Ejemplo 1

## Placa de electrodo positivo

Se dispersaron un material activo positivo  $\text{LiNi}_{0,8}\text{Co}_{0,1}\text{Mn}_{0,1}\text{O}_2$  (abreviado como NCM 811), un agente conductor Super P y un aglutinante PVDF en una proporción de masa de 96,5:1,5:2 en una cantidad apropiada de NMP con agitación para formar una suspensión de electrodo positivo uniforme, y luego ambas superficies de una lámina de aluminio como colector de corriente de electrodo positivo se recubrieron con la suspensión de electrodo positivo, obteniendo de este modo una placa de electrodo positivo después de las etapas de secado, prensado en frío y similares.

## Placa de electrodo negativo

Se mezclaron y agitaron por completo un material activo negativo (75 % en peso de grafito artificial y 25 % en peso de grafito natural), un agente conductor Super P, un aglutinante SBR y un espesante CMC-Na en una proporción de masa de 96,2:0,8:1,8:1,2 en una cantidad adecuada de agua desionizada para formar una suspensión de electrodo negativo uniforme; y ambas superficies de una lámina de cobre como colector de corriente de electrodo negativo se recubrieron con la suspensión de electrodo negativo, obteniendo de este modo una placa de electrodo negativo después de las etapas de secado, prensado en frío y similares.

## 15 Separador

Se usó una película compuesta de PE/PP como separador.

## Preparación de una solución electrolítica

Se mezclaron carbonato de etileno (EC), carbonato de metilo y etilo (EMC) y carbonato de dietilo (DEC) en una proporción de volumen de 1: 1: 1, y luego se disolvió  $\text{LiPF}_6$  uniformemente en la disolución para obtener una disolución electrolítica, en donde  $\text{LiPF}_6$  tenía una concentración de 1 mol/L.

## Preparación de una batería secundaria

La placa de electrodo positivo, el separador y la placa de electrodo negativo se apilaron en orden y se bobinaron para conformar un conjunto de electrodos, que se colocó en un embalaje exterior, y en el que se inyectó la disolución electrolítica preparada anteriormente, seguido de sellado, reposo, formación y envejecimiento, obteniendo de este modo una batería secundaria

## Ejemplos 2-25 y ejemplos comparativos 1-12

El método de preparación fue similar al del ejemplo 1 con la excepción de que se ajustaron los parámetros para el proceso de preparación de la placa de electrodo negativo para obtener la batería secundaria correspondiente, como se muestra en la tabla 1 y la tabla 2; y de que el material activo positivo usado en las baterías de los ejemplos 1-12 (Ej. 2-12) y los ejemplos comparativos 1-6 (EC. 1-6) mostrados en la tabla 1 fue NCM811, y la película de electrodo positivo tiene una densidad prensada de  $3,5 \text{ g/cm}^3$  y una densidad superficial de  $18,5 \text{ mg/cm}^2$ ; y que el material activo positivo usado en las baterías de los ejemplos 13 - 25 (Ej. 13 - 25) y los ejemplos comparativos 7 - 12 (EC. 7 - 12) mostrados en la tabla 2 fue fosfato de hierro y litio (abreviado como LFP), y la película de electrodo positivo que tiene una densidad prensada de  $2,3 \text{ g/cm}^3$  y una densidad superficial de  $16,2 \text{ mg/cm}^2$ .

## 35 Sección de prueba

Para las siguientes pruebas, el voltaje de corte de descarga fue de 2,8 V y el voltaje de corte de carga fue de 4,2 V cuando el material activo positivo era óxido de litio, níquel, cobalto y manganeso; el voltaje de corte de descarga fue de 2,5 V y el voltaje de corte de carga fue de 3,65 V cuando el material activo positivo era fosfato de hierro y litio.

## 1) Prueba de tasa de expansión cíclica de placa de electrodo negativo

Se registró un grosor inicial de la placa de electrodo negativo de cada uno de los ejemplos y ejemplos comparativos como  $H_0$ . Luego, en un ambiente de  $25^\circ \text{C}$ , la prueba de carga y descarga de la batería se llevó a cabo de la siguiente manera: la batería se descargó a una corriente constante de 1,0 C (es decir, el valor actual en el que la capacidad teórica se descargó por completo dentro de 1 hora) al voltaje de corte de descarga; luego, la batería se cargó a un voltaje constante de 1,0 C hasta el voltaje de corte de carga y luego se cargó a un voltaje constante a una corriente de 0,05 C. En este momento, la batería estaba completamente cargada, es decir, al 100 % de SOC (estado de carga). Después de que la batería completamente cargada se mantuvo en reposo durante 5 minutos, la batería se descargó a una corriente constante de 1,0 C hasta el voltaje de corte de descarga. En ese momento, la capacidad de descarga era la capacidad real de la batería a 1,0 C, que se registró como  $C_0$ . A una temperatura de  $45^\circ \text{C}$ , la batería secundaria se sometió a un ciclo de carga y descarga de 100 % de DOD (profundidad de descarga del 100 %, es decir, se cargó por completo y luego se descargó por completo) a una velocidad de  $1 C_0/1 C_0$  y a través de una máquina de carga y descarga de Neware. Cuando el número de ciclo llegó a 600, se detuvo la prueba de ciclo. La batería secundaria se cargó al 100 % de SOC, luego se desmontó la batería secundaria para medir el grosor correspondiente de la placa de electrodo negativo, que se registró como  $H_1$ . Después de que la batería se sometiera a ciclos 600 veces a una tasa

## ES 2 944 560 T3

de  $1 C_0/1 C_0$  y una temperatura de  $45\text{ }^\circ\text{C}$ , la tasa de expansión cíclica de la placa de electrodo negativo se determinó como  $(H_1/H_0-1)\times 100\%$ .

### 2) Prueba del rendimiento de precipitación de litio a baja temperatura de la batería

5 En primer lugar, la capacidad real  $C_0$  de la batería a  $1,0 C$  se midió según el método que se muestra en la prueba 1).  
Luego se colocó la batería en un ambiente de  $-10\text{ }^\circ\text{C}$ , cargada a una corriente constante de  $x C_0$  al voltaje de corte de carga, y luego se cargó a un voltaje constante a una corriente de  $0,05 C_0$  y se mantuvo durante 5 minutos; luego se desmontó el núcleo de la batería para observar la precipitación de litio en la superficie de contacto. Si no hubiera precipitación de litio en la superficie de la placa de electrodo negativo, la tasa de carga se incrementaría para probar nuevamente hasta que hubiera precipitación de litio en la superficie de la placa de electrodo negativo. La tasa de carga  
10 máxima cuando no había precipitación de litio en la superficie de la placa de electrodo negativo se registró y determinó como la tasa de precipitación de litio a baja temperatura.

### 3) Prueba del rendimiento de ciclo a alta temperatura de la batería

15 En primer lugar, la capacidad real  $C_0$  de la batería a  $1,0 C$  se midió según el método que se muestra en la prueba 1).  
Luego, la batería a una temperatura de  $60\text{ }^\circ\text{C}$  se cargó a una corriente constante de  $1,0 C_0$  al voltaje de corte de carga, y luego se cargó a un voltaje constante a una corriente de  $0,05 C_0$ ; luego la batería se descargó a una corriente constante de  $1,0 C_0$  al voltaje de corte de descarga. Lo anterior fue un ciclo de carga y descarga, y la capacidad de descarga en este momento se consideró como la capacidad de descarga del primer ciclo. Luego, se repitió el ciclo de carga y descarga, se registró el valor de la capacidad de descarga durante el proceso del ciclo y se calculó la tasa de retención de capacidad de cada ciclo. Se registró el número de ciclos de la batería hasta que la tasa de retención de  
20 capacidad cíclica se atenuó al  $80\%$  de la capacidad de descarga del primer ciclo.

Tabla 1

	primer material				Segundo material						Película de electrodo negativo	de placa de electrodo negativo	Tasa de expansión cíclica a alta temperatura en %	Tasa de precipitación de litio a baja temperatura de la placa de electrodo negativo	Número de ciclo a alta temperatura de la batería
	tipo	proporción de masa en %	densidad del polvo compactado g/cm <sup>3</sup>	D,50 µm	grado de grafitización en %	tipo	proporción de masa en %	densidad del polvo compactado g/cm <sup>3</sup>	D,50 µm	grado de grafitización en %					
Ej. 1	grafito artificial	75	1,90	18,3	97,1	grafito natural	25	1,87	15,4	98,2	1,7	40,0	45	0,41C <sub>0</sub>	928
Ej. 2	grafito artificial	75	1,88	16,0	94,2	grafito natural	25	1,85	13,0	97,8		42,7	41	0,43C <sub>0</sub>	1078
Ej. 3	grafito artificial	75	1,85	15,2	93,2	grafito natural	25	1,83	12,5	97,2		45,6	34	0,45C <sub>0</sub>	1189
Ej. 4	grafito artificial	75	1,83	14,6	92,7	grafito natural	25	1,82	11,6	97,1		48,3	35	0,38C <sub>0</sub>	1005
Ej. 5	grafito artificial	75	1,80	12,4	90,2	grafito natural	25	1,79	10,5	96,5		50,0	36	0,35C <sub>0</sub>	967
Ej. 6	grafito artificial	90	1,84	13,8	93,2	grafito natural	10	1,81	11,1	97,6		49,7	32	0,32C <sub>0</sub>	1229
Ej. 7	grafito artificial	80	1,84	13,8	93,2	grafito natural	20	1,81	11,1	97,6		47,8	32	0,48C <sub>0</sub>	1225
Ej. 8	grafito artificial	70	1,84	13,8	93,2	grafito natural	30	1,81	11,1	97,6		45,2	38	0,38C <sub>0</sub>	958
Ej. 9	grafito artificial	75	1,84	13,8	93,2	grafito natural	25	1,81	11,1	97,6	1,6	49,2	33	0,41C <sub>0</sub>	1135

Ej. 10	grafito artificial	75	1,84	13,8	93,2	grafito natural	25	1,81	11,1	97,6	1,8	11,0	41,5	39	0,36C <sub>0</sub>	924
Ej. 11	grafito artificial	75	1,84	13,8	93,2	grafito natural	25	1,81	11,1	97,6	1,7	10,0	45,8	33	0,46C <sub>0</sub>	1128
Ej. 12	grafito artificial	75	1,84	13,8	93,2	grafito natural	25	1,81	11,1	97,6	1,7	13,0	46,6	38	0,32C <sub>0</sub>	949
EC. 1	grafito artificial	75	1,84	13,8	93,2	grafito natural	25	1,81	11,1	97,6	1,5	8,0	54,3	49	0,18C <sub>0</sub>	782
EC. 2	grafito artificial	75	1,84	13,8	93,2	grafito natural	25	1,81	11,1	97,6	1,9	14,0	38,6	56	0,10C <sub>0</sub>	563
EC. 3	grafito artificial	75	1,92	13,8	97,5	grafito natural	25	1,81	11,1	97,6	1,7	11,0	38,0	52	0,18C <sub>0</sub>	678
EC. 4	grafito artificial	75	1,75	13,8	88,3	grafito natural	25	1,81	11,1	97,6	1,7	11,0	52,7	47	0,12C <sub>0</sub>	508
EC. 5	grafito artificial	75	1,80	12,0	90,5	grafito natural	25	1,77	10,0	98,1	1,6	13,0	51,8	48	0,22C <sub>0</sub>	725
EC. 6	grafito artificial	75	1,89	16,0	94,1	grafito natural	25	1,87	13,8	98,6	1,8	10,0	38,1	59	0,23C <sub>0</sub>	678

ES 2 944 560 T3

Tabla 2

	primer material					Segundo material					Película de electrodo negativo		placa de electrodo negativo	Tasa de expansión cíclica a alta temperatura de la placa de electrodo negativo en %	Tasa de precipitación de litio a baja temperatura de la placa de electrodo negativo	Número de ciclo a alta temperatura de batería
	tipo	proporción de masa en %	densidad del polvo compactado g/cm <sup>3</sup>	D <sub>50</sub> µm	grado de grafitización e %	tipo	proporción de masa en %	densidad del polvo compactado g/cm <sup>3</sup>	D <sub>50</sub> µm	grado de grafitización en %	densidad prensada g/cm <sup>3</sup>	densidad superficial mg/cm <sup>2</sup>				
Ej. 13	grafito artificial	55	1,83	18,5	90,8	grafito natural	45	1,95	19,2	98,5	1,6	7,5	45,1	54	0,46C <sub>0</sub>	907
Ej. 14	grafito artificial	55	1,80	17,4	90,1	grafito natural	45	1,94	18,6	98,3			47,3	51	0,55C <sub>0</sub>	1085
Ej. 15	grafito artificial	55	1,79	16,8	89,8	grafito natural	45	1,93	17,5	98,2			49,2	48	0,75C <sub>0</sub>	1323
Ej. 16	grafito artificial	55	1,77	15,3	89,6	grafito natural	45	1,92	17,0	98,0			51,4	49	0,70C <sub>0</sub>	1289
Ej. 17	grafito artificial	55	1,75	16,0	89,2	grafito natural	45	1,91	16,1	98,1			55,0	52	0,63C <sub>0</sub>	1104
Ej. 18	grafito artificial	80	1,79	15,8	89,8	grafito natural	20	1,93	17,5	98,2			54,5	45	0,55C <sub>0</sub>	1523
Ej. 19	grafito artificial	70	1,79	15,8	89,8	grafito natural	30	1,93	17,5	98,2			52,9	43	0,58C <sub>0</sub>	1397
Ej. 20	grafito artificial	60	1,79	15,8	89,8	grafito natural	40	1,93	17,5	98,2			51,2	46	0,62C <sub>0</sub>	1347
Ej. 21	grafito artificial	50	1,79	15,8	89,8	grafito natural	50	1,93	17,5	98,2			49,1	45	0,75C <sub>0</sub>	1334
Ej.	grafito	55	1,79	15,8	89,8	grafito	45	1,93	17,5	98,2	1,5	7,5	54,6	47	0,56C <sub>0</sub>	1320



5 A partir de los resultados de la comparación entre los ejemplos 1 a 12 y los ejemplos comparativos 1 a 6, se puede observar que cuando la placa de electrodo positivo comprende uno o más óxidos de metal de transición de litio en capas y compuestos modificados de los mismos, la placa de electrodo negativo comprende tanto grafito artificial como grafito natural, y la uniformidad L de la superficie de película de electrodo negativo lejos del colector de corriente de electrodo negativo satisface  $40 \leq L \leq 50$ , especialmente satisface  $43 \leq L \leq 48$ , la placa de electrodo negativo podría tener una expansión cíclica más baja durante el proceso de carga y descarga y la placa de electrodo negativo también podría haber aumentado de manera eficaz el rendimiento de transmisión de iones de litio, disminuyendo de este modo la expansión cíclica y mejorando el rendimiento de energía a baja temperatura de la batería secundaria al tiempo que tiene una mayor densidad energética. Además, la tasa de retención de capacidad de la batería durante el proceso del ciclo a alta temperatura también aumentó significativamente.

15 A partir de los resultados de la comparación entre los ejemplos 13-25 y los ejemplos comparativos 7-12, se puede observar que cuando la placa de electrodo positivo comprende uno o más fosfatos que contienen litio con estructura de olivino y compuestos modificados de los mismos, la placa de electrodo negativo comprende tanto grafito artificial como grafito natural y la uniformidad L de la superficie de la película de electrodo negativo lejos del colector de corriente de electrodo negativo satisface  $45 \leq L \leq 55$ , especialmente satisface  $48 \leq L \leq 52$ , la placa de electrodo negativo podría tener una menor expansión cíclica durante el proceso de carga y descarga y la placa de electrodo negativo también podría haber aumentado de manera eficaz el rendimiento de transmisión de iones de litio, disminuyendo de este modo la expansión cíclica y mejorando el rendimiento de energía a baja temperatura de la batería secundaria al tiempo que tiene una mayor densidad energética. Más preferiblemente, la tasa de retención de capacidad de la batería durante el proceso de ciclo a alta temperatura también aumentó significativamente.

25 Además, a partir de los resultados de los ejemplos 6-8 y los ejemplos 18-21 se puede observar que cuando la placa de electrodo positivo comprende un cierto tipo de material activo positivo, la placa de electrodo negativo comprende tanto grafito artificial como grafito natural, y la proporción en masa de grafito natural en el material activo negativo estaba dentro de un cierto rango, era más propicio para que la batería tuviera una menor expansión cíclica, un mayor rendimiento de energía a baja temperatura y un mayor rendimiento de ciclo a alta temperatura al mismo tiempo.

30 A partir de los resultados de los ejemplos 9-12 y los ejemplos 22-25, se puede observar que cuando la placa de electrodo positivo comprendía cierto tipo de material activo positivo, la placa del electrodo negativo comprendía tanto grafito artificial como grafito natural, y la densidad prensada la película de electrodo negativo y/o la densidad superficial de la película de electrodo negativo estaban dentro de un cierto rango, era más propicio hacer que la batería tuviera una menor expansión cíclica, un mayor rendimiento de energía a baja temperatura y un mayor rendimiento de ciclo a alta temperatura al mismo tiempo.

## REIVINDICACIONES

1. Una batería (5) secundaria que comprende una placa de electrodo positivo y una placa de electrodo negativo, comprendiendo la placa de electrodo positivo un colector de corriente de electrodo positivo y una película de electrodo positivo dispuesta en al menos una superficie del colector de corriente de electrodo positivo y que comprende un material activo positivo, comprendiendo la placa de electrodo negativo un colector de corriente de electrodo negativo y una película de electrodo negativo dispuesta sobre al menos una superficie del colector de corriente de electrodo negativo y que comprende un material activo negativo,
- 5 en el que
- el material activo positivo comprende uno o más óxidos de metal de transición de litio en capas y compuestos modificados de los mismos, y "compuestos modificados de los mismos" significa que los óxidos de metal de transición de litio en capas se modifican mediante dopaje y/o recubrimiento superficial;
- 10 el material activo negativo comprende un primer material y un segundo material, el primer material comprende grafito artificial, el segundo material comprende grafito natural;
- una uniformidad L de una superficie de la película de electrodo negativo lejos del colector de corriente de electrodo negativo satisface:  $40 \leq L \leq 50$ , preferiblemente  $43 \leq L \leq 48$ , medida según el método de la descripción.
- 15 2. La batería (5) secundaria según la reivindicación 1, en la que el grafito natural constituye del 10 % al 50 % en masa del material activo negativo, preferiblemente del 15 % al 30 % en masa.
3. La batería (5) secundaria según la reivindicación 1 o 2, en la que el material activo negativo tiene una densidad de polvo compactado de  $1,7 \text{ g/cm}^3$  a  $1,9 \text{ g/cm}^3$  bajo una fuerza de acción de 30.000 N, preferiblemente de  $1,75 \text{ g/cm}^3$  a  $1,85 \text{ g/cm}^3$ .
- 20 4. La batería (5) secundaria según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en la que el material activo negativo tiene un grado de grafitización del 92 % al 96 %, preferiblemente del 93 % al 95 %, medido según el método de la descripción.
5. La batería (5) secundaria según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en la que el material activo negativo tiene un tamaño de partícula promedio en volumen D<sub>v50</sub> de 11 μm a 15 μm, preferiblemente de 12 μm a 14 μm.
- 25 6. La batería (5) secundaria según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en la que la película de electrodo negativo tiene una densidad prensada de  $1,6 \text{ g/cm}^3$  a  $1,8 \text{ g/cm}^3$ , preferiblemente de  $1,65 \text{ g/cm}^3$  a  $1,75 \text{ g/cm}^3$ ; y/o,
- la película de electrodo negativo tiene una densidad superficial de  $10 \text{ mg/cm}^2$  a  $13 \text{ mg/cm}^2$ , preferiblemente de  $10,5 \text{ mg/cm}^2$  a  $11,5 \text{ mg/cm}^2$ .
- 30 7. Una batería (5) secundaria que comprende una placa de electrodo positivo y una placa de electrodo negativo, comprendiendo la placa de electrodo positivo un colector de corriente de electrodo positivo y una película de electrodo positivo dispuesta sobre al menos una superficie del colector de corriente de electrodo positivo y que comprende un material activo positivo, comprendiendo la placa de electrodo negativo un colector de corriente de electrodo negativo y una película de electrodo negativo dispuesta sobre al menos una superficie del colector de corriente de electrodo negativo y que comprende un material activo negativo,
- 35 en la que
- el material activo positivo comprende uno o más de fosfatos que contienen litio con estructura de olivino y compuestos modificados de los mismos, y los compuestos modificados significan que los compuestos se modifican mediante dopaje y/o recubrimiento superficial;
- 40 el material activo negativo comprende un primer material y un segundo material, el primer material comprende grafito artificial, el segundo material comprende grafito natural;
- una uniformidad L de una superficie de la película de electrodo negativo lejos del colector de corriente de electrodo negativo satisface:  $45 \leq L \leq 55$ , preferiblemente  $48 \leq L \leq 52$ , medida según el método de la descripción.
8. La batería (5) secundaria según la reivindicación 7, en la que el grafito natural constituye del 10 % al 50 % en masa del material activo negativo, preferiblemente del 35 % al 50 % en masa.
- 45 9. La batería (5) secundaria según la reivindicación 7 u 8, en la que el material activo negativo tiene una densidad de polvo compactado de  $1,8 \text{ g/cm}^3$  a  $1,9 \text{ g/cm}^3$  bajo una fuerza de acción de 30.000 N, preferiblemente de  $1,82 \text{ g/cm}^3$  a  $1,88 \text{ g/cm}^3$ .
10. La batería (5) secundaria según cualquiera de las reivindicaciones 7-9, en la que el material activo negativo tiene un grado de grafitización del 92 % al 95 %, preferiblemente del 93 % al 94 %, medido según el método de la descripción.
- 50

## ES 2 944 560 T3

11. La batería (5) secundaria según cualquiera de las reivindicaciones 7-10, en la que el material activo negativo tiene un tamaño de partícula promedio en volumen D<sub>50</sub> de 15  $\mu\text{m}$  a 19  $\mu\text{m}$ , preferiblemente de 16  $\mu\text{m}$  a 18  $\mu\text{m}$ .
12. La batería (5) secundaria según cualquiera de las reivindicaciones 7-11, en la que la película de electrodo negativo tiene una densidad prensada de 1,5  $\text{g}/\text{cm}^3$  a 1,7  $\text{g}/\text{cm}^3$ , preferiblemente de 1,55  $\text{g}/\text{cm}^3$  a 1,65  $\text{g}/\text{cm}^3$ ; y/o,
- 5 la película de electrodo negativo tiene una densidad superficial de 7  $\text{mg}/\text{cm}^2$  a 10  $\text{mg}/\text{cm}^2$ , preferiblemente de 7  $\text{mg}/\text{cm}^2$  a 8  $\text{mg}/\text{cm}^2$ .
13. Un aparato que comprende la batería (5) secundaria según cualquiera de las reivindicaciones 1-12.

5

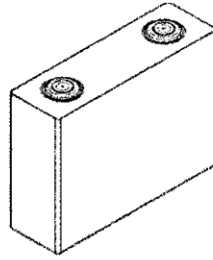


Fig. 1

5

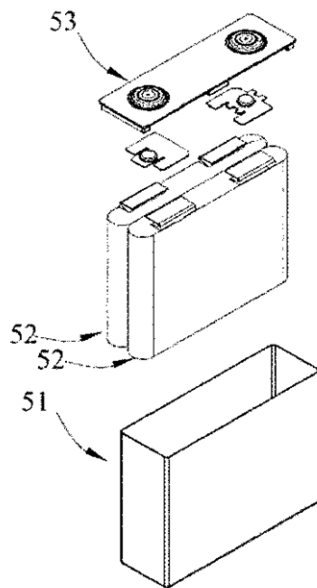


Fig. 2

4

5

5

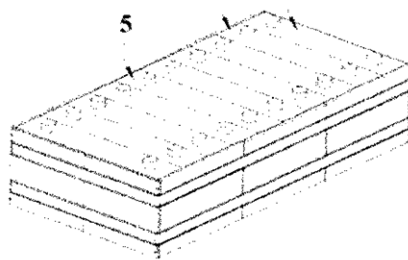


Fig. 3

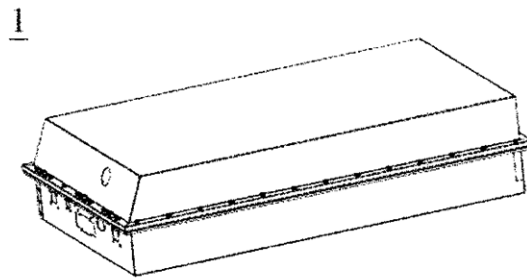


Fig. 4

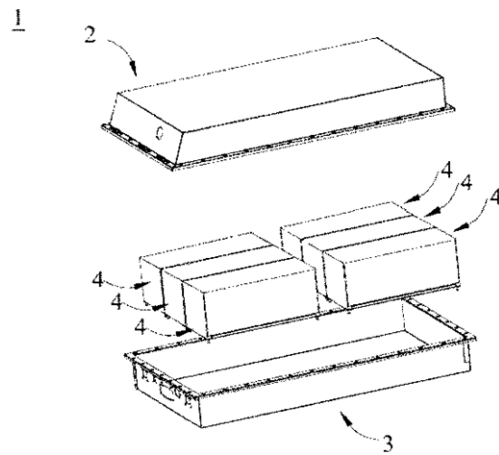


Fig. 5

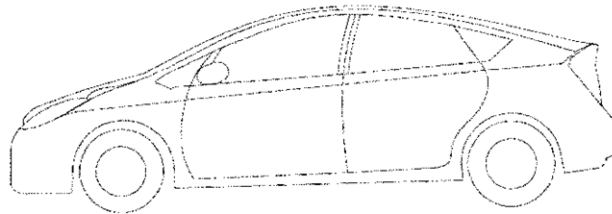


Fig. 6