

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 946 079**

51 Int. Cl.:

H01M 4/131 (2010.01)

H01M 10/0525 (2010.01)

H01M 10/058 (2010.01)

H01M 50/134 (2011.01)

H01M 10/42 (2006.01)

H01M 4/02 (2006.01)

H01M 10/0587 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.10.2020** **PCT/CN2020/124951**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.05.2021** **WO21088718**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.10.2020** **E 20886002 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.05.2023** **EP 3951977**

54 Título: **Batería secundaria y módulo de batería, grupo de baterías y dispositivo que contiene los mismos**

30 Prioridad:

06.11.2019 CN 201911075791

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.07.2023

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:

WANG, GUANGJUN;
ZHANG, CHENCHEN;
LUO, DONGSHENG y
LAN, YUEYING

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 946 079 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 módulo de batería, grupo de baterías y dispositivo que contiene los mismos

Campo técnico

La presente solicitud pertenece al campo de la tecnología electroquímica. Más específicamente, la presente solicitud se refiere a una batería secundaria y un módulo de batería, un grupo de baterías y un aparato que contiene los mismos.

Antecedentes

Como un nuevo tipo de batería recargable de alto voltaje y alta densidad de energía, las baterías secundarias tienen características sobresalientes como peso ligero, alta densidad de energía, ausencia de contaminación, ausencia de efecto memoria y larga vida útil, lo que constituye una tendencia importante en el desarrollo de baterías de nueva energía.

En la actualidad, el uso de materiales a base de silicio con una mayor capacidad de gramos como material activo de electrodo negativo tiene grandes ventajas para aumentar la densidad de energía de las baterías secundarias. Sin embargo, durante la carga y descarga, los materiales a base de silicio como material activo de electrodo negativo tienen un problema de expansión y contracción de gran volumen, lo que probablemente cause daños a la estructura de la placa del electrodo, especialmente cuando la expansión máxima ocurre en estado de carga completa, deteriorando así el rendimiento cíclico de la batería.

El documento US 2016/0072125A1 describe 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 de electrodo positivo y una capa de película de electrodo positivo recubierta en al menos una superficie del colector de corriente de electrodo positivo y que contiene un material activo de electrodo positivo, comprendiendo la placa de electrodo negativo un colector de corriente de electrodo negativo y una capa de película de electrodo negativo recubierta en al menos una superficie del colector de corriente de electrodo negativo y que contiene un material activo de electrodo negativo, que se caracteriza por que: el material activo de electrodo positivo comprende uno o más de óxido de litio, níquel, cobalto y manganeso ($\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$, párrafo 27); el material activo negativo comprende un material a base de silicio, en el que la capa de película de electrodo negativo tiene una densidad de compactación $\text{PD}_{\text{negativo}}$ de $1,5 \text{ g/cm}^3 < \text{PD}_{\text{negativo}} < 1,8 \text{ g/cm}^3$, y un aparato que comprende la batería secundaria, utilizándose la batería secundaria como fuente de alimentación o unidad de almacenamiento de energía del aparato.

El documento CN109659614 describe 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 de electrodo positivo y una capa de película de electrodo positivo recubierta en al menos una superficie del colector de corriente de electrodo positivo y que contiene un material activo de electrodo positivo, comprendiendo la placa de electrodo negativo un colector de corriente de electrodo negativo y una capa de película de electrodo negativo recubierta en al menos una superficie del colector de corriente de electrodo negativo y que contiene un material activo de electrodo negativo, que se caracteriza por que: el material activo de electrodo positivo comprende uno o más de óxido de litio, níquel, cobalto y manganeso; el material activo negativo comprende un material a base de silicio, en el que el material a base de silicio está presente en el material activo de electrodo negativo en un porcentaje en masa del 5 %, y un aparato que comprende la batería secundaria, utilizándose la batería secundaria como fuente de alimentación o unidad de almacenamiento de energía del aparato.

El documento EP 2824735 describe 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 de electrodo positivo y una capa de película de electrodo positivo recubierta en al menos una superficie del colector de corriente de electrodo positivo y que contiene un material activo de electrodo positivo, comprendiendo la placa de electrodo negativo un colector de corriente de electrodo negativo y una capa de película de electrodo negativo recubierta en al menos una superficie del colector de corriente de electrodo negativo y que contiene un material activo de electrodo negativo, que se caracteriza por que: el material activo de electrodo positivo comprende óxido de litio, níquel, cobalto y manganeso; el material activo negativo comprende un material a base de silicio, en el que el material a base de silicio está presente en el material activo de electrodo negativo en un porcentaje en masa de 2, 3, 5 y 10 %, y un aparato que comprende la batería secundaria, utilizándose la batería secundaria como fuente de alimentación o unidad de almacenamiento de energía del aparato.

Resumen

La invención se expone en las reivindicaciones adjuntas.

El módulo de batería, el grupo de baterías y el aparato de la presente solicitud comprenden la batería secundaria proporcionada por la presente solicitud y, por lo tanto, tienen al menos las mismas ventajas que la batería secundaria.

Breve descripción de los dibujos

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. Una persona con conocimientos ordinarios en la técnica puede obtener otros dibujos basados en los dibujos sin trabajo creativo.

La FIG. 1 es un diagrama esquemático de una batería secundaria según una realización de la presente solicitud;

la FIG. 2 es un diagrama esquemático de un módulo de batería según una realización de la presente solicitud;

la FIG. 3 es un diagrama esquemático de un grupo de baterías según una realización de la presente solicitud;

la FIG. 4 es una vista en despiece de la FIG. 3;

la FIG. 5 es un diagrama esquemático de un aparato según una realización de la presente solicitud en el que la batería secundaria se utiliza como fuente de alimentación.

En las figuras anteriores, los números de referencia se definen de la siguiente manera: 1- grupo de baterías; 2- caja de batería superior; 3- caja de batería inferior; 4- módulo de batería; 5- batería secundaria.

Las características, ventajas y efectos técnicos de las realizaciones ilustrativas de la presente solicitud se describirán a continuación con referencia a los dibujos adjuntos.

DEFINICIÓN

En el contexto de esta solicitud, "un", "uno/a", "el/la" como se usa (especialmente en el contenido de las reivindicaciones) debe interpretarse como que cubre tanto el singular como el plural, a menos que se indique lo contrario o sea claramente contradictorio con el contexto.

A lo largo de la presente solicitud, donde se describe que las composiciones tienen, incluyen o comprenden componentes o fracciones específicos, o donde se describen procesos que tienen, incluyen o comprenden etapas de proceso específicas, se contempla que las composiciones o procesos descritos en esta invención pueden además comprender otros componentes o fracciones o etapas, se mencionen o no específicamente en esta solicitud, siempre que tales componentes o etapas no afecten a las características básicas y novedosas de la presente solicitud, pero también se contempla que las composiciones o procesos pueden consistir esencialmente en, o consistir en, los componentes o etapas citados.

Como se usa en esta invención, $|(AF/AE-1)/(CE/CF-1)|$ representa el valor absoluto de $(AF/AE-1)/(CE/CF-1)$.

En la presente descripción, debe señalarse que, a menos que se indique lo contrario, la recitación de intervalos numéricos por "arriba" y "abajo" incluye todos los números dentro de ese intervalo, incluidos los puntos finales. Como se usa en esta invención, la recitación de "más" en la expresión "uno o más" incluye dos o más.

Descripción de las realizaciones

La batería secundaria según la presente solicitud se describirá en detalle a continuación.

De acuerdo con la presente solicitud, la batería secundaria comprende una placa de electrodo positivo, una placa de electrodo negativo, un separador y un electrolito, la placa de electrodo positivo comprende un colector de corriente de electrodo positivo y una capa de película de electrodo positivo, la capa de película de electrodo positivo estaba recubierta en al menos una superficie del colector de corriente de electrodo positivo y contiene un material activo de electrodo positivo, la placa de electrodo negativo comprende un colector de corriente de electrodo negativo y una capa de película de electrodo negativo, la capa de película de electrodo negativo estaba recubierta en al menos una superficie del colector de corriente de electrodo negativo y contiene un material activo de electrodo negativo, el material activo de electrodo positivo comprende uno o más de óxido de litio, níquel, cobalto y manganeso y óxido de litio, níquel, cobalto y aluminio; el material activo negativo comprende un material a base de silicio; donde la batería secundaria satisface la siguiente fórmula I:

$$2 \leq |(AF/AE-1)/(CE/CF-1)| \leq 7 \text{ (Fórmula I)}$$

en la cual

CF representa un volumen de celda unitaria medido cuando el material activo de electrodo positivo se prepara en una batería de botón y la batería de botón se carga al 100 % de SOC a una tasa de 0,05 C;

CE representa un volumen de celda unitaria medido cuando el material activo de electrodo positivo se prepara en una batería de botón y la batería de botón se descarga al 0% de SOC a una tasa de 0,05 C;

AF representa un volumen de las partículas de material activo de electrodo negativo medido cuando el material a base de silicio se prepara en una batería de partícula simple, y la batería de partícula simple se carga al 100 % de SOC a una tasa de 0,5 C; y

5 AE representa un volumen de las partículas de material activo de electrodo negativo medido cuando el material a base de silicio se prepara en una batería de partícula simple, y la batería de partícula simple se descarga al 0 % de SOC a una tasa de 0,5 C.

10 Durante el proceso de carga y descarga de la batería secundaria, generalmente ocurre el siguiente proceso electroquímico. Durante la carga, el potencial aplicado a los dos electrodos de la batería obliga al compuesto activo del electrodo positivo a liberar iones activos y los iones activos liberados se intercalan en las moléculas de material activo negativo dispuestas en una estructura en capas. Durante la descarga, los iones activos se desintercalan del material activo de electrodo negativo y se recombinan con el compuesto activo de electrodo positivo.

15 Como se mencionó anteriormente, una batería secundaria, como una batería secundaria de iones de litio, sufrirá una intercalación-desintercalación significativa de iones activos durante el proceso de carga y descarga anterior. Por lo tanto, habrá cambios evidentes de aumento y disminución en el espesor de la placa del electrodo, que es el llamado "efecto de respiración". Especialmente cuando la placa del electrodo negativo contiene un material a base de silicio con una expansión de volumen relativamente grande, este fenómeno es más evidente.

20 El inventor encontró a través de una gran cantidad de investigación que cuando los materiales activos positivos y negativos seleccionados cumplen con las condiciones específicas mencionadas anteriormente, el volumen de la placa del electrodo positivo puede cambiar de tal manera que puede coincidir con el cambio en el volumen de la placa del electrodo negativo durante el proceso de carga y descarga de la batería, que controlará bien el cambio de volumen general de la celda de la batería y aliviará en gran medida los efectos adversos del "efecto de respiración", mejorando así de manera efectiva el rendimiento cíclico de la batería.

25 Cuando el valor de la fórmula I es demasiado grande, como mayor que 7, el efecto de expansión de la placa del electrodo negativo es significativamente mayor que el efecto de contracción de la placa del electrodo positivo, y la batería se expandirá mucho, lo que hará que el electrolito en el interior de la celda de la batería se comprima y deteriore el rendimiento cíclico de la batería. Al mismo tiempo, provoca fácilmente la fractura de las partículas de material activo en las placas de electrodo positivo y negativo, y provoca un deterioro del rendimiento a nivel del material. La superposición de los dos resultados puede causar fácilmente un aumento significativo de la resistencia interna de CC (DCR) de la batería y una disminución drástica de la capacidad durante el ciclado. Situaciones particularmente graves, como la precipitación de litio, también pueden causar un desbordamiento térmico de la batería, lo que representa un riesgo para la seguridad.

30 Cuando el valor de la fórmula I es demasiado pequeño, p. ej., menos de 2, el efecto de expansión de la placa del electrodo negativo es significativamente más débil que el efecto de contracción del electrodo positivo. En tal situación, el contacto entre la placa de electrodo positivo y negativo puede empeorar, y hay algunas regiones en las que el electrolito se distribuye de forma discontinua, lo que reduce el área de reacción efectiva y es probable que provoque la precipitación de litio. Además, la superficie del material activo de electrodo negativo tiene una alta concentración de iones de litio al comienzo de la carga, y los iones de litio se difunden gradualmente dentro de todas las partículas del material activo de electrodo negativo con la carga de la batería. Si el electrodo positivo se contrae significativamente, restringirá menos al electrodo negativo durante la etapa inicial de carga, en la que la tensión de las partículas de material activo de electrodo negativo se concentra en la superficie. Sin la restricción de una fuerza externa, la tensión hará que la capa superficial se agriete y se rompa y el material activo se pierda, mientras que también se consume una gran cantidad de electrolito para una nueva reacción de formación de película. Por lo tanto, un valor demasiado grande o demasiado pequeño de $|(AF/AE-1)/(CE/CF-1)|$ deteriorará el rendimiento de la batería y afectará negativamente la vida útil de la batería. Opcionalmente, $2 \leq |(AF/AE-1)/(CE/CF-1)| \leq 4$. Cabe señalar que el proceso de preparación de la "pila de botón" en esta solicitud puede referirse a estándares nacionales o especificaciones de la industria. Por ejemplo, el material activo de electrodo positivo y el aglutinante y agente conductor habituales en la industria se pueden usar para preparar placas de electrodos, y luego se pueden usar pequeños discos de metal como placas de litio o placas de sodio y similares como contraelectrodo para preparar una batería de botón.

35 Específicamente, la "pila de botón" se puede preparar mediante las siguientes etapas. El material activo de electrodo positivo seleccionado se mezcla con Super P y PVDF en una cierta relación de masa (que puede ser 92:3:5) y luego se disuelve en el disolvente NMP para formar una suspensión. Luego, la suspensión se recubre con papel de aluminio y se seca para eliminar el disolvente. La placa obtenida se corta y se presiona para hacer una placa de electrodo redonda, que se ensambla con una placa de litio pequeña redonda como contraelectrodo en una pila de botón en la caja sellada con guantes. La sal de electrolito puede ser LiPF₆ a una concentración de 1 mol/l, y el disolvente orgánico puede ser una mezcla de carbonato de etileno y carbonato de metilo y etilo en una relación de volumen de 1:1.

55 Cabe señalar que el proceso de preparación de la "batería de partícula simple" de la presente solicitud se puede preparar mediante las siguientes etapas. Bajo un microscopio, se selecciona una partícula completa de material a base de silicio del material activo de electrodo negativo y se intercala con dos electrodos metálicos de litio para la fijación, que se sumerge en el electrolito en el que la sal del electrolito puede ser LiPF₆ a una concentración de 1 mol/l,

y el disolvente orgánico puede ser una mezcla de carbonato de etileno y carbonato de metilo y etilo en una relación de volumen de 1:1) y sometido a pruebas de carga y descarga.

En la batería secundaria de la presente solicitud, opcionalmente el material activo de electrodo 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 una capa de recubrimiento modificada $\text{Li}_a\text{Ni}_b\text{Co}_c\text{M}_d\text{M}'_e\text{O}_f\text{A}_g$ en al menos una parte de su superficie, donde $0,8 \leq a \leq 1,2$, $0,8 \leq b < 1$, $0 < c < 1$, $0 < d < 1$, $0 \leq e \leq 0,1$, $1 \leq f \leq 2$, $0 \leq g \leq 1$, M es uno o más seleccionados de Mn y Al, M' es uno o más seleccionados de Zr, Al, Zn, Cu, Cr, Mg, Fe, V, Ti y B, y A es uno o más seleccionados de N, F, S y Cl. El uso del material activo de electrodo positivo mencionado anteriormente permite que la batería secundaria tenga una mayor densidad de energía y un mejor rendimiento cíclico.

En la batería secundaria de la presente solicitud, opcionalmente, al menos una parte del material activo de electrodo positivo comprende partículas monocristalinas. El material activo de electrodo positivo que tiene partículas monocristalinas puede mejorar la densidad de compactación general y la ductilidad de la capa de película del electrodo positivo, al tiempo que reduce el área de contacto entre el material activo de electrodo positivo y el electrolito, reduce la aparición de reacciones secundarias en la interfaz y reduce la producción de gas, mejorando así aún más el rendimiento cíclico de las baterías. El uso del material activo positivo mejora el rendimiento cíclico de la batería secundaria.

En la batería secundaria de la presente solicitud, opcionalmente, el CF del material activo de electrodo positivo satisface: $0,096 \text{ nm}^3 \leq \text{CF} \leq 0,098 \text{ nm}^3$, más opcionalmente $\text{CF} = 0,097 \text{ nm}^3$.

En la batería secundaria de la presente solicitud, opcionalmente, el CE del material activo de electrodo positivo satisface: $0,100 \text{ nm}^3 \leq \text{CE} \leq 0,102 \text{ nm}^3$.

En la batería secundaria de la presente solicitud, opcionalmente, el material activo de electrodo positivo satisface: $1,0 \leq \text{CE}/\text{CF} \leq 1,05$; opcionalmente $1,038 < \text{CE}/\text{CF} < 1,04$. El uso del material activo de electrodo positivo permite que la batería secundaria tenga una mayor densidad de energía y un mejor rendimiento cíclico.

En la batería secundaria de la presente solicitud, opcionalmente, el tamaño de partícula promedio en volumen Dv_{50} del material activo de electrodo positivo es de $5 \mu\text{m}$ a $12 \mu\text{m}$, más opcionalmente de $6 \mu\text{m}$ a $10 \mu\text{m}$. Si el tamaño de partícula promedio es demasiado pequeño, el área superficial específica del material activo de electrodo positivo suele ser mayor. En tal situación, la actividad de oxidación aumenta, las reacciones secundarias de la superficie aumentarán y el problema de generación de gas causado por la descomposición del electrolito es prominente. Si el tamaño de partícula promedio es demasiado grande, la trayectoria de difusión de los iones de litio en las partículas de gran tamaño es más larga y la resistencia a superar para la difusión es mayor. Por lo tanto, la deformación del cristal y la expansión del volumen del material activo de electrodo positivo causadas por el proceso de intercalación continuarán acumulándose, de manera que el proceso de intercalación se volverá gradualmente difícil de llevar a cabo. Cuando el tamaño de partícula del material activo de electrodo positivo cae dentro del intervalo opcional mencionado anteriormente, la uniformidad de las placas del electrodo positivo será mayor, lo que puede evitar no solo el deterioro del rendimiento de la batería de iones de litio causado por más reacciones secundarias con el electrolito debido al tamaño de partícula demasiado pequeño, sino también el deterioro del rendimiento de la batería de iones de litio debido al gran tamaño de partícula que dificulta el transporte de iones de litio dentro de las partículas.

En la batería secundaria de la presente solicitud, opcionalmente, el espesor T de la capa de película de electrodo positivo en un solo lado satisface: $46 \mu\text{m} \leq T_{\text{positivo}} \leq 56 \mu\text{m}$; más opcionalmente, $48,5 \mu\text{m} \leq T_{\text{positivo}} \leq 53,5 \mu\text{m}$. Si el espesor es demasiado grande, el rendimiento de la potencia de descarga se deteriorará y la potencia de la batería disminuirá; si es demasiado pequeño, la proporción del material activo disminuirá y la densidad de energía de la batería disminuirá. El uso de una capa de película de electrodo positivo de este tipo puede mejorar el rendimiento eléctrico de la batería secundaria.

En la batería secundaria de la presente solicitud, opcionalmente, la densidad de compactación PD de la capa de película de electrodo positivo satisface: $3,0 \text{ g/cm}^3 \leq \text{PD}_{\text{positivo}} \leq 3,55 \text{ g/cm}^3$; más opcionalmente, $3,4 \text{ g/cm}^3 \leq \text{PD}_{\text{positivo}} \leq 3,5 \text{ g/cm}^3$. El control de la densidad de compactación dentro del intervalo puede garantizar la integridad de las partículas de material activo de electrodo positivo y mantener un buen contacto eléctrico entre las partículas.

En la batería secundaria de la presente solicitud, el tipo de colector de corriente de electrodo positivo no está específicamente limitado y puede seleccionarse según las necesidades reales. Por ejemplo, el colector de corriente de electrodo positivo puede ser una lámina de aluminio, una lámina de níquel o una película conductora de polímero. Opcionalmente, el colector de corriente de electrodo positivo es una lámina de aluminio.

En la batería secundaria de la presente solicitud, la capa de película de electrodo positivo incluye además un agente conductor y un agente adhesivo. El tipo y contenido del agente conductor y el agente adhesivo no están específicamente limitados y pueden seleccionarse de acuerdo con las necesidades reales.

En la batería secundaria de la presente solicitud, opcionalmente, el material a base de silicio es uno o más seleccionados de silicio elemental, compuestos de silicio-oxígeno, materiales compuestos de silicio-carbono, compuestos de silicio-nitrógeno y aleaciones de silicio. Más deseablemente, el material a base de silicio se selecciona de compuestos de silicio-oxígeno, tales como SiO_x , donde $0 < x < 2$. En la batería secundaria de la presente solicitud,

opcionalmente, el AF/AE del material a base de silicio satisface la siguiente relación: $1,05 < AF/AE < 1,30$, más opcionalmente $1,08 < AF/AE < 1,27$, lo que proporciona una batería secundaria con mayor densidad de energía y mejor rendimiento cíclico.

- 5 En la batería secundaria de la presente solicitud, opcionalmente, el AE del material a base de silicio satisface: $700 \mu\text{m}^3 \leq AE \leq 1100 \mu\text{m}^3$, más opcionalmente $800 \mu\text{m}^3 \leq AE \leq 1000 \mu\text{m}^3$.

En la batería secundaria de la presente solicitud, el porcentaje en masa del material a base silicio en el material activo de electrodo negativo es del 15 %-30 %. El material activo de electrodo negativo con el contenido de material a base de silicio dentro del intervalo anterior permite que la batería secundaria tenga una mayor densidad de energía y un mejor rendimiento cíclico.

- 10 En la batería secundaria de la presente solicitud, el material activo de electrodo negativo incluye además un material de carbono. El material de carbono es uno o más seleccionados entre grafito, carbono blando y carbono duro; opcionalmente, el material de carbono se selecciona de grafito, y el grafito se selecciona de uno o más de grafito artificial y grafito natural. Dichos materiales activos de electrodos negativos tienen una estabilidad estructural mejorada.

- 15 En la batería secundaria de la presente solicitud, opcionalmente, el tamaño de partícula promedio en volumen Dv50 del material activo de electrodo negativo es de $10 \mu\text{m}$ a $23 \mu\text{m}$, y más opcionalmente, de $12 \mu\text{m}$ a $16 \mu\text{m}$. El tamaño de partícula demasiado pequeño puede deberse al alto contenido de materiales a base de silicio, la fuerza de unión entre las partículas del material activo de electrodo negativo es débil y la fuerza de unión entre la película del electrodo negativo y el colector de corriente de electrodo negativo es débil. Durante el uso, la película del electrodo negativo tiende a desprenderse, lo que provoca la degradación de la capacidad. Si el tamaño de partícula promedio es demasiado grande, la trayectoria de difusión de los iones de litio en las partículas de gran tamaño de partícula es más larga, lo que hace que el proceso de intercalación sea más lento. Por tanto, el diámetro de partícula promedio Dv50 del material activo de electrodo negativo que cae dentro del intervalo anterior proporciona una batería secundaria con un buen rendimiento eléctrico.

- 25 En la batería secundaria de la presente solicitud, opcionalmente, el espesor T_{negativo} de la película del electrodo negativo en un solo lado satisface: $66 \mu\text{m} \leq T_{\text{negativo}} \leq 86 \mu\text{m}$; más opcionalmente, $68,5 \mu\text{m} \leq T_{\text{negativo}} \leq 83,5 \mu\text{m}$. Si la película del electrodo negativo es demasiado gruesa, la polarización de carga se vuelve más grande, la ventana de precipitación de litio se vuelve más estrecha y el rendimiento empeora. Además, es probable que el material activo se caiga y se deslamine durante la carga y descarga de la batería, lo que afecta al rendimiento cíclico de la batería. Para los electrodos gruesos, la ruta de migración de los iones de litio dentro de las partículas de material pequeño es más corta y el rendimiento de carga es mejor. Al mismo tiempo, el cambio de volumen de una sola partícula durante la carga y descarga es pequeño y la estructura de la placa del electrodo es fácil de mantener. De lo contrario, con partículas de material grandes, el rendimiento de carga se deteriorará y la estructura se destruirá fácilmente. Si la película del electrodo negativo es demasiado delgada, afectará a la densidad de energía de la batería. El espesor de la película del electrodo negativo en un solo lado que cae dentro del intervalo anterior puede mejorar el rendimiento eléctrico de la batería secundaria.

- 40 En la batería secundaria de la presente solicitud, opcionalmente, la densidad de compactación PD negativo de la capa de película del electrodo negativo satisface: $1,5 \text{ g/cm}^3 \leq PD_{\text{negativo}} \leq 1,8 \text{ g/cm}^3$; más opcionalmente, $1,6 \text{ g/cm}^3 \leq PD_{\text{negativo}} \leq 1,7 \text{ g/cm}^3$. El control de la densidad de compactación dentro del intervalo anterior puede garantizar la integridad de las partículas de material activo de electrodo negativo y mantener un buen contacto eléctrico entre las partículas.

- 45 En la batería secundaria de la presente solicitud, el tipo de colector de corriente de electrodo negativo no está específicamente limitado y puede seleccionarse según las necesidades reales. Por ejemplo, el colector de corriente de electrodo negativo puede ser una lámina de cobre, una lámina de cobre recubierta de carbono o una película conductora de polímero. Opcionalmente, el colector de corriente de electrodo negativo es una lámina de cobre.

En la batería secundaria de la presente solicitud, la película de electrodo negativo incluye además un agente conductor y un agente adhesivo. El tipo y contenido del agente conductor y el agente adhesivo no están específicamente limitados y pueden seleccionarse de acuerdo con las necesidades reales.

- 50 En la batería secundaria de la presente solicitud, la película del electrodo positivo se puede proporcionar en una superficie del colector de corriente de electrodo positivo, o se puede proporcionar en ambas superficies del colector de corriente de electrodo positivo; la película de electrodo negativo se puede proporcionar en una superficie del colector de corriente de electrodo negativo, o se puede proporcionar en ambas superficies del colector de corriente de electrodo negativo. Cabe señalar que cuando las películas de electrodos positivo y negativo mencionadas anteriormente se disponen simultáneamente en ambas superficies del colector de corriente, los intervalos de parámetros de la película de electrodos positivo y negativo que se dan en la presente solicitud se refieren a los intervalos de parámetros de la película de electrodo positivo y negativo en cada lado, como espesor, densidad de compactación y similares. Además, el espesor de las películas de electrodo positivo y negativo, mencionado en la presente solicitud, se refiere al espesor de las placas de electrodo positivo y negativo y estas placas han sido

prensadas en frío y compactadas y utilizadas para ensamblar la batería. En la batería secundaria de la presente solicitud, el tipo de separador no está específicamente limitado, y puede ser cualquier material separador utilizado en las baterías existentes, como polietileno, polipropileno, fluoruro de polivinilideno y su película compuesta multicapa, pero no limitado a ellos.

- 5 En la batería secundaria de la presente solicitud, el electrolito incluye una sal de litio y un disolvente orgánico, donde los tipos y composiciones específicos de la sal de litio y el disolvente orgánico no están específicamente limitados y pueden seleccionarse según las necesidades reales. Opcionalmente, la sal de litio puede ser una o más seleccionadas de hexafluorofosfato de litio, tetrafluoroborato de litio y perclorato de litio, y el disolvente orgánico puede incluir uno o más de carbonato cíclico, carbonato de cadena y éster de carboxilato. El electrolito también puede contener un aditivo funcional, como carbonato de vinileno, sulfato de vinilo, propano sulfona, carbonato de fluoroetileno y similares.

Los diversos parámetros implicados en esta solicitud tienen significados generales conocidos en la técnica y pueden medirse según procedimientos conocidos en la técnica. Por ejemplo, pueden probarse según el procedimiento dado en la realización de la presente solicitud.

- 15 La batería secundaria se puede preparar mediante un procedimiento conocido en la técnica. Como ejemplo, la placa de electrodo positivo, el separador y la placa de electrodo negativo se enrollan (o laminan) en orden, de modo que el separador se ubica entre la placa de electrodo positivo y la placa de electrodo negativo para aislamiento para obtener un conjunto de electrodos. El conjunto de electrodos se coloca en un paquete exterior en el que se inyecta un electrolito y luego se sella para obtener una batería secundaria.

- 20 En la batería secundaria de la presente solicitud, el paquete exterior puede ser una cubierta dura (como una cubierta de aluminio) o un paquete blando (como una bolsa).

La presente solicitud en un segundo aspecto proporciona un módulo de batería, que comprende una cualquiera o más baterías secundarias según el primer aspecto de la presente solicitud. El número de la batería secundaria en el módulo de batería se puede ajustar según la aplicación y la capacidad del módulo de batería.

- 25 En algunas realizaciones, con referencia a la FIG. 2, en el módulo de batería 4, una pluralidad de baterías secundarias 5 están dispuestas secuencialmente a lo largo de una dirección longitudinal del módulo de batería 4. También es posible que una pluralidad de baterías secundarias 5 estén dispuestas de cualquier otra manera. Además, se puede fijar una pluralidad de baterías secundarias 5 mediante un sujetador. Opcionalmente, el módulo de batería 4 puede incluir además una carcasa que tiene un espacio de recepción, en el que se reciben una pluralidad de baterías de iones de litio 5.

- 30 La presente solicitud en un tercer aspecto proporciona un grupo de baterías, que comprende uno cualquiera o más módulos de batería según el segundo aspecto de la presente solicitud. Es decir, el grupo de baterías comprende una cualquiera o más baterías secundarias según el primer aspecto de la presente solicitud.

El número de módulos de batería incluidos en el grupo de baterías se puede ajustar según la aplicación y la capacidad del grupo de baterías.

- 35 En algunas realizaciones, con referencia a la FIG. 3 y a la FIG. 4, el grupo de baterías 1 puede incluir una caja de batería y una pluralidad de módulos de batería 4 colocados en la caja de batería. La caja de batería incluye una caja superior 2 y una caja inferior 3 y la caja superior 2 está dispuesta para cubrir la caja inferior 3, formando un espacio cerrado para recibir los módulos de batería 4. Se puede disponer una pluralidad de módulos de batería 4 en la caja de batería de cualquier manera.

- 40 La presente solicitud en un cuarto aspecto proporciona un aparato que comprende una cualquiera o más baterías secundarias según el primer aspecto de la presente solicitud. La batería secundaria se puede utilizar como fuente de alimentación del aparato o como unidad de almacenamiento de energía del aparato. Opcionalmente, el aparato puede ser, pero no se limita a, un aparato móvil (como un teléfono móvil, un ordenador portátil y similares), un vehículo eléctrico (como un vehículo eléctrico puro, un vehículo eléctrico híbrido, un vehículo eléctrico híbrido enchufable, una bicicleta eléctrica, un patinete eléctrico y un vehículo de golf eléctrico, camiones eléctricos y similares), trenes, barcos
- 45 y satélites eléctricos, sistemas de almacenamiento de energía, o similares.

Por ejemplo, la FIG. 5 ilustra un aparato que comprende la batería secundaria de la presente solicitud. El aparato es un vehículo eléctrico puro, un vehículo eléctrico híbrido o un vehículo eléctrico híbrido enchufable y la batería secundaria de la presente solicitud se utiliza como fuente de energía.

50 Ejemplos

Para hacer más claro el propósito de la solicitud, las soluciones técnicas y los efectos técnicos beneficiosos de la presente solicitud, a continuación se describe adicionalmente la presente solicitud en detalle con referencia a las realizaciones. Sin embargo, debe entenderse que las realizaciones de la solicitud son solo para explicar la solicitud, no para limitar la solicitud, y las realizaciones de la solicitud no se limitan a las realizaciones dadas en la memoria descriptiva. Las condiciones experimentales específicas o las condiciones de funcionamiento que no se especifican

en los ejemplos se fabrican en condiciones convencionales o se fabrican en las condiciones recomendadas por el proveedor del material.

I. Preparación de baterías para pruebas

5 Las baterías de los Ejemplos 1-11 y los Ejemplos Comparativos 1-2 se prepararon según los siguientes procedimientos.

A) Preparación de placa de electrodo positivo:

10 Se mezcló un material activo de electrodo positivo (consulte la Tabla 1 para obtener detalles), un agente conductor (Super P) y un agente adhesivo (PVDF) en una relación de 96:2:2, se agregó un disolvente (NMP). La mezcla resultante se agitó bajo la acción de un mezclador al vacío hasta que el sistema se volvió uniforme y transparente y se obtuvo una suspensión de electrodo positivo. La suspensión de electrodo positivo se aplicó uniformemente sobre una lámina de aluminio como colector de corriente de electrodo positivo. El colector de corriente de electrodo positivo recubierto con la suspensión de electrodo positivo se secó a temperatura ambiente y luego se transfirió a un horno para secado seguido de prensado en frío, corte longitudinal y otros procesos para obtener la placa de electrodo positivo.

B) Preparación de la placa del electrodo negativo:

20 Se mezcló un material activo negativo (consulte la Tabla 1 para obtener detalles), un agente conductor (Super P), CMC (carboximetilcelulosa) y un agente adhesivo (caucho de estireno butadieno) en una relación de masa de 94,5:1,5:1,5:2,5 y luego se mezcló con un disolvente (agua desionizada) uniformemente bajo la acción de un mezclador al vacío para preparar una suspensión de electrodo negativo. La suspensión de electrodo negativo se recubrió uniformemente sobre la lámina de cobre del colector de electrodo negativo. El colector de corriente de electrodo negativo recubierto con la suspensión de electrodo negativo se secó a temperatura ambiente y luego se transfirió a un horno para secado seguido de prensado en frío, corte longitudinal y otros procesos para obtener la placa de electrodo negativo.

C) Preparación de electrolito:

25 Se mezcló carbonato de etileno (EC), carbonato de metilo y etilo (EMC) y carbonato de dietilo (DEC) en una relación de volumen de 1:1:1 y se añadió carbonato de fluoroetileno (FEC). Después de eso, LiPF₆ se disolvió uniformemente en la solución anterior para obtener un electrolito, en el que la concentración de LiPF₆ fue de 1 mol/l y la fracción de masa de FEC en el electrolito fue del 6 %.

D) Separador: se utilizó una película de polietileno.

E) Montaje de la batería:

35 La película de electrodo positivo, el separador y la película de electrodo negativo mencionados anteriormente se apilaron en orden, de modo que el separador se ubicara entre las películas de electrodo positivo y electrodo negativo para el aislamiento, que luego se enrolló para obtener un conjunto de electrodos. El conjunto de electrodos se colocó en un paquete exterior, en el que se inyectó el electrolito preparado anteriormente, obteniendo así una batería secundaria de iones de litio a través de las etapas de envasado al vacío, reposo, conversión química y formación.

El proceso de preparación del Ejemplo 2-11 y el Ejemplo Comparativo 1-2 fue similar al del Ejemplo 1, con las diferencias que se muestran en la Tabla 1.

II. Pruebas para materiales activos de electrodos positivos y negativos y películas de electrodos positivos y negativos

40 En la batería secundaria de la presente solicitud, los parámetros de los materiales activos de electrodos positivo y negativo y las películas de electrodos positivo y negativo pueden probarse de acuerdo con los siguientes procedimientos, o pueden probarse de acuerdo con otros procedimientos conocidos en la técnica, y los resultados de las pruebas obtenidos están todos dentro del margen de error.

(1) Volumen de celda unitaria de material activo de electrodo positivo

45 Se preparó una batería de botón de acuerdo con el procedimiento de preparación mencionado anteriormente y la batería de botón preparada se cargó al 100 % de SOC a una tasa de 0,05 C. Después de eso, la batería de botón se desmontó en la caja sellada con guantes para la placa de electrodos y la placa de electrodos obtenida se sometió a la prueba XRD. El volumen de celda se obtuvo por cálculo, que se marcó como CF. Otra batería de botón preparada se descargó al 0% de SOC a una tasa de 0,05 C. Después de eso, la batería de botón se desmontó en la caja sellada con guantes para la placa de electrodos y la placa de electrodos obtenida se sometió a la prueba XRD. El volumen de celda se obtuvo por cálculo, que se marcó como CE.

(2) Volumen de partículas de material a base de silicio

Se preparó una batería de partícula simple de acuerdo con el procedimiento mencionado anteriormente, y luego se usó un microscopio in situ para tomar fotografías de varias partículas en estado cargado y en estado descargado, y se calcularon los volúmenes en estado cargado y estado descargado según las fotos. Pruebe las baterías de partícula simple 20Ea por separado y promedie la tasa de expansión de volumen de carga y descarga.

(3) Tamaño de partícula promedio en volumen Dv50 de los materiales activos de electrodo positivo y negativo

El tamaño de partícula promedio Dv50 de los materiales activos de electrodo positivo y negativo se midió utilizando un instrumento de medición de distribución de tamaño de partícula por difracción láser como Mastersizer 3000. Dv50 representa el tamaño de partícula en el que las partículas de material activo de electrodo positivo y negativo alcanzan el 50% de porcentaje de distribución de volumen acumulativo, es decir, un tamaño de partícula promedio de distribución de volumen.

(4) La densidad de compactación de la película de electrodo positivo y negativo en un solo lado

La densidad de compactación de las películas de electrodo positivo y negativo en un solo lado representada como $PD=m/V$, en la que m representaba el peso de la membrana y V representaba el volumen de la membrana, m de la película de electrodo se obtuvo pesando la película utilizando una balanza electrónica con una precisión de 0,01 g o más y V de la película del electrodo se obtuvo mediante el producto del área superficial de la película y el espesor de la película, donde el espesor de la película se midió utilizando un micrómetro en espiral con una precisión de 0,5 μm .

III. Prueba de rendimiento de la batería

Los Ejemplos 1-11 y los Ejemplos Comparativos 1-2 mencionados anteriormente se ensayaron en cuanto a diversas propiedades de acuerdo con los siguientes procedimientos.

Prueba de rendimiento cíclico

A 25°C, la batería secundaria obtenida se cargó a una corriente constante de 0,7 C a un voltaje de 4,35 V, luego se cargó a un voltaje constante de 4,35 V a una corriente de 0,05 C y luego se descargó a una corriente constante de 1 C a un voltaje de 3,0 V, que es un proceso de ciclo de carga-descarga. El proceso se repitió 300 veces.

Tasa de retención de capacidad después de 300 ciclos = capacidad de descarga después del ciclo 300^o/capacidad de descarga después del primer ciclo $\times$ 100 %.

Los resultados de las pruebas anteriores se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Parámetros de las baterías secundarias de iones de litio según los Ejemplos 1-11 y los Ejemplos Comparativos 1-2 y su rendimiento de batería

n.º	Material activo de electrodo positivo				Material activo de electrodo negativo			Fórmula I	Tasa de retención de capacidad después de 300 ciclos
	Tipo	CF	CE	CE/CF	Tipo	X	AF/AE		
Ejemplo 1	LiNi _{0,805} Co _{0,1} Mn _{0,095} O ₂	98	102	1,040	SiOx: grafito artificial =25:75	0,8	1,080	2,0	95,0
Ejemplo 2	LiNi _{0,805} Co _{0,1} Mn _{0,095} O ₂	98	102	1,040	SiOx: grafito artificial =25:75	0,84	1,100	2,5	95,5
Ejemplo 3	LiNi _{0,805} Co _{0,1} Mn _{0,095} O ₂	98	102	1,040	SiOx: grafito artificial =25:75	0,88	1,120	3,0	96,0
Ejemplo 4	LiNi _{0,8} Co _{0,1} Mn _{0,1} O ₂	96	100	1,038	SiOx: grafito artificial =25:75	0,92	1,132	3,5	96,5
Ejemplo 5	LiNi _{0,8} Co _{0,1} Mn _{0,1} O ₂	96	100	1,038	SiOx: grafito artificial =25:75	0,96	1,152	4,0	97,0
Ejemplo 6	LiNi _{0,8} Co _{0,1} Mn _{0,1} O ₂	96	100	1,038	SiOx: grafito artificial =25:75	1	1,152	4,5	96,4

n.º	Material activo de electrodo positivo				Material activo de electrodo negativo			Fórmula I	Tasa de retención de capacidad después de 300 ciclos
	Tipo	CF	CE	CE/CF	Tipo	X	AF/AE		
Ejemplo 7	LiNi _{0,8} Co _{0,1} Mn _{0,1} O ₂	96	100	1,038	SiOx: grafito artificial =25:75	1,04	1,185	5,0	96,3
Ejemplo 8	LiNi _{0,8} Co _{0,1} Mn _{0,1} O ₂	96	100	1,038	SiOx: grafito artificial =25:75	1,08	1,210	5,5	96,0
Ejemplo 9	LiNi _{0,8} Co _{0,1} Mn _{0,1} O ₂	96	100	1,038	SiOx: grafito artificial =25:75	1,12	1,230	6,0	95,7
Ejemplo 10	LiNi _{0,8} Co _{0,1} Mn _{0,1} O ₂	96	100	1,038	SiOx: grafito artificial =25:75	1,16	1,250	6,5	95,0
Ejemplo 11	LiNi _{0,8} Co _{0,1} Mn _{0,1} O ₂	96	100	1,038	SiOx: grafito artificial =25:75	1,2	1,270	7,0	93,0
Ejemplo Comparativo 1	LiNi _{0,8} Co _{0,1} Mo _{0,1} O ₂	96	100	1,038	SiOx: grafito artificial =25:75	1,24	1,055	1,5	91,0
Ejemplo Comparativo 2	LiNi _{0,8} Co _{0,1} Mo _{0,1} O ₂	96	100	1,038	SiOx: grafito artificial =25:75	1,28	1,280	7,5	90,0

Se puede ver a partir de los resultados de la prueba en la Tabla 1 que:

Los Ejemplos 1-11 y los Ejemplos Comparativos 1-2 examinaron el efecto de $|(AF/AE-1)/(CE/CF-1)|$ en el rendimiento de la batería cuando un material activo de electrodo positivo con alto contenido de níquel era un material activo de electrodo positivo y una mezcla de material a base de silicio y el material de grafito era un material activo de electrodo negativo. A partir de los datos de estos Ejemplos 1-10 y los Ejemplos Comparativos 1-2, se puede observar que cuando $2 \leq |(AF/AE-1)/(CE/CF-1)| \leq 7$, la batería tuvo un buen rendimiento cíclico. Cuando $|(AF/AE-1)/(CE/CF-1)| > 7$ o $|(AF/AE-1)/(CE/CF-1)| < 2$, la impedancia de CC de la batería aumentó considerablemente, y el rendimiento cíclico se redujo significativamente, como se muestra en los Ejemplos Comparativos 1 y 2. Por lo tanto, para garantizar el rendimiento eléctrico de las baterías, especialmente la impedancia de CC y el rendimiento cíclico de las baterías, era necesario garantizar que $2 \leq |(AF/AE-1)/(CE/CF-1)| \leq 7$, y se obtuvo el mejor rendimiento.

Además, en aquellos casos en que se utiliza una convención análoga a "al menos uno de A, B y C, etc.", en general, dicha construcción se pretende en el sentido de que alguien con experiencia en la técnica entendería la convención (por ejemplo, "un sistema que tiene al menos uno de A, B y C" incluiría, entre otros, sistemas que tienen A solo, B solo, C solo, A y B juntos, A y C juntos, B y C juntos, y/o A, B y C juntos, etc.). En aquellos casos en que se utiliza una convención análoga a "al menos uno de A, B o C, etc.", en general, dicha construcción se pretende en el sentido de que alguien con experiencia en la técnica entendería la convención (por ejemplo, "un sistema que tiene al menos uno de A, B o C" incluiría, entre otros, sistemas que tienen A solo, B solo, C solo, A y B juntos, A y C juntos, B y C juntos, y/o A, B y C juntos, etc.). Los expertos en la técnica comprenderán además que prácticamente cualquier palabra y/o expresión disyuntiva que presente dos o más términos alternativos, ya sea en la descripción, las reivindicaciones o los dibujos, debe entenderse que contempla las posibilidades de incluir uno de los términos, cualquiera de los términos, o ambos términos. Por ejemplo, se entenderá que la expresión "A o B" incluye las posibilidades de "A" o "B" o "A y B".

En base a la aplicación y enseñanza de la memoria descriptiva anterior, los expertos en la técnica también pueden realizar cambios y modificaciones a las realizaciones anteriores. El alcance de la invención se define como se establece en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Una batería secundaria (5) 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 de electrodo positivo y una capa de película de electrodo positivo recubierta en al menos una superficie del colector de corriente de electrodo positivo y que contiene un material activo de electrodo positivo, comprendiendo la placa de electrodo negativo un colector de corriente de electrodo negativo y una capa de película de electrodo negativo recubierta en al menos una superficie del colector de corriente de electrodo negativo y que contiene un material activo de electrodo negativo, caracterizada por que:

el material activo de electrodo positivo comprende uno o más de óxido de litio, níquel, cobalto y manganeso y óxido de litio, níquel, cobalto y aluminio;

el material activo negativo comprende un material a base de silicio; y

la batería secundaria satisface la siguiente fórmula I:

$$2 \leq |(AF/AE-1)/(CE/CF-1)| \leq 7 \text{ (Fórmula I)}$$

en la cual

CF representa un volumen de celda unitaria medido cuando el material activo de electrodo positivo se prepara en una batería de botón y la batería de botón se carga al 100 % de SOC a una tasa de 0,05 C;

CE representa un volumen de celda unitaria medido cuando el material activo de electrodo positivo se prepara en una batería de botón y la batería de botón se descarga al 0 % de SOC a una tasa de 0,05 C;

AF representa un volumen de las partículas de material activo de electrodo negativo medido cuando el material a base de silicio se prepara en una batería de partícula simple, y la batería de partícula simple se carga al 100 % de SOC a una tasa de 0,5 C; y

AE representa un volumen de las partículas de material activo de electrodo negativo medido cuando el material a base de silicio se prepara en una batería de partícula simple, y la batería de partícula simple se descarga al 0 % de SOC a una tasa de 0,5 C;

donde el material a base de silicio está presente en el material activo de electrodo negativo en un porcentaje en masa del 15 % al 30 %.

2. La batería secundaria (5) según la reivindicación 1, donde el material activo de electrodo positivo comprende uno o más de $\text{Li}_a\text{Ni}_b\text{Co}_c\text{Mn}_d\text{M}'_e\text{O}_f\text{A}_g$ y $\text{Li}_a\text{Ni}_b\text{Co}_c\text{Mn}_d\text{M}'_e\text{O}_f\text{A}_g$ modificado con una capa de recubrimiento en al menos una parte de su superficie, donde $0,8 \leq a \leq 1,2$, $0,8 \leq b < 1$, $0 < c < 1$, $0 < d < 1$, $0 \leq e \leq 0,1$, $1 \leq f \leq 2$, $0 \leq g \leq 1$, M es uno o más seleccionados de Mn y Al, M' es uno o más seleccionados de Zr, Al, Zn, Cu, Cr, Mg, Fe, V, Ti y B, y A es uno o más seleccionados de N, F, S y Cl.

3. La batería secundaria (5) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, donde el material activo de electrodo positivo satisface: $1,0 \leq CE/CF \leq 1,05$.

4. La batería secundaria (5) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, donde el material activo de electrodo positivo satisface: $1,038 \leq CE/CF \leq 1,04$.

5. La batería secundaria (5) según una cualquiera de las reivindicaciones 1-4, donde el material activo de electrodo negativo satisface: $1,05 \leq AF/AE \leq 1,30$.

6. La batería secundaria (5) según una cualquiera de las reivindicaciones 1-4, donde el material activo de electrodo negativo satisface: $1,08 \leq AF/AE \leq 1,27$.

7. La batería secundaria (5) según una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, donde el material activo negativo comprende además un material de carbono, y el material de carbono comprende uno o más de grafito artificial, grafito natural, carbono blando y carbono duro.

8. La batería secundaria (5) según las reivindicaciones 1-7, donde el material activo negativo tiene un tamaño de partícula promedio D_{v50} en el intervalo de 10 μm a 23 μm , determinado por un instrumento de medición de distribución de tamaño de partícula por difracción láser.

9. La batería secundaria (5) según una cualquiera de las reivindicaciones 1-8, donde al menos una parte del material activo de electrodo positivo es una partícula monocristalina.

10. La batería secundaria (5) según una cualquiera de las reivindicaciones 1-9, donde la capa de película de electrodo positivo en un solo lado tiene un espesor T_c que satisface $46\text{ }\mu\text{m} \leq T_c \leq 56\text{ }\mu\text{m}$; y/o, la capa de película de electrodo negativo en un solo lado tiene un espesor T_a que satisface $66\text{ }\mu\text{m} \leq T_a \leq 86\text{ }\mu\text{m}$.
- 5 11. La batería secundaria (5) según una cualquiera de las reivindicaciones 1-10, donde la capa de película de electrodo positivo tiene una densidad de compactación PD_{positivo} que satisface: $3,0\text{ g/cm}^3 \leq PD_{\text{positivo}} \leq 3,55\text{ g/cm}^3$; y/o, la capa de película de electrodo negativo tiene una densidad de compactación PD_{negativo} que satisface: $1,5\text{ g/cm}^3 \leq PD_{\text{negativo}} \leq 1,8\text{ g/cm}^3$.
12. Un módulo de batería, caracterizado por que comprende la batería secundaria (5) según una cualquiera de las reivindicaciones 1-11.
- 10 13. Un grupo de baterías, que comprende el módulo de batería según la reivindicación 12.
14. Un aparato, que comprende la batería secundaria (5) según una cualquiera de las reivindicaciones 1-11, utilizándose la batería secundaria como fuente de alimentación o unidad de almacenamiento de energía del aparato.

5

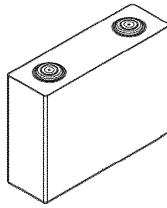


FIG.1

4

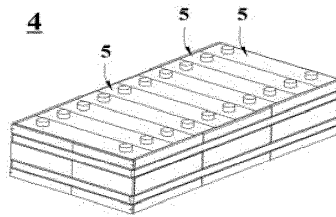


FIG. 2

1

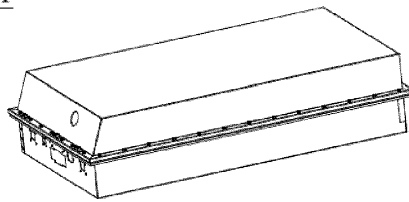


FIG. 3

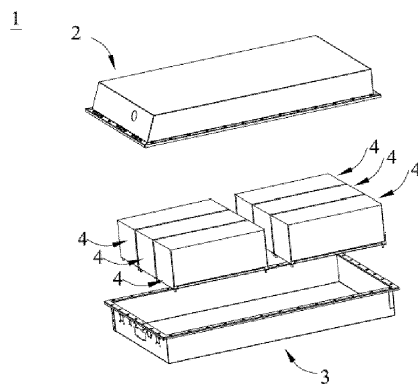


FIG. 4

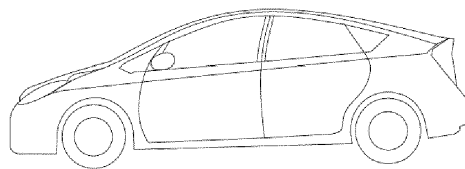


FIG. 5