

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 919 652**

51 Int. Cl.:

**H01M 4/64** (2006.01)  
**H01M 4/02** (2006.01)  
**H01G 11/28** (2013.01)  
**H01G 11/70** (2013.01)  
**H01M 4/66** (2006.01)  
**H01M 10/42** (2006.01)  
**H01M 4/131** (2010.01)  
**H01M 10/0525** (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.11.2019 PCT/CN2019/117852**  
 87 Fecha y número de publicación internacional: **22.05.2020 WO20098671**  
 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.11.2019 E 19885874 (8)**  
 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.06.2022 EP 3745512**

54 Título: **Placa de electrodo positivo y dispositivo electroquímico**

30 Prioridad:

**16.11.2018 CN 201811367038**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**27.07.2022**

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:

**JIN, HAIZU;  
 LI, ZHENHUA y  
 LI, XING**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 919 652 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**

Placa de electrodo positivo y dispositivo electroquímico

**Campo técnico**

5 La presente solicitud se relaciona con el campo de la tecnología electroquímica y, más particularmente, con una placa de electrodo positivo y un dispositivo electroquímico que contiene la placa de electrodo positivo.

**Antecedentes**

10 Las baterías de iones de litio se usan ampliamente en vehículos eléctricos y productos electrónicos de consumo debido a su alta densidad de energía, alta potencia de salida, prolongado ciclo de vida y poca contaminación ambiental. Sin embargo, las baterías de iones de litio son propensas a incendios y explosiones cuando se someten a condiciones anormales, tales como aplastamiento, golpes o punzonamiento, lo que provoca daños graves. Por lo tanto, el problema de seguridad de las baterías de iones de litio limita en gran medida la aplicación y la popularidad de las baterías de iones de litio.

15 Una gran cantidad de resultados experimentales muestran que el cortocircuito interno de la batería de iones de litio es la causa básica del riesgo de seguridad de la batería. Para evitar el cortocircuito interno de la batería, los investigadores han tratado de mejorar el rendimiento de la batería de muchas maneras, incluido el uso de materiales de coeficiente de temperatura positivo (Coeficiente de temperatura positivo, PTC, por sus siglas en inglés) para mejorar el rendimiento de seguridad de la batería de iones de litio. Un material de PTC (Coeficiente de temperatura positivo, PTC) es un material sensible al calor con coeficiente de temperatura positivo, que tiene la característica de que su resistividad aumenta con el aumento de la temperatura. Cuando la temperatura supera cierta temperatura, su resistividad aumenta rápidamente por etapas.

20 En el estudio del uso de las características de los materiales de PTC para mejorar el rendimiento de seguridad de la batería de iones de litio, algunos estudios implican la adición de materiales de PTC a la capa del material activo de electrodo de la batería. Cuando la temperatura de la batería aumenta, aumenta la resistencia del material de PTC, lo que hace que aumente la resistencia de toda la capa del material activo de electrodo, e incluso que se destruya la ruta conductora de toda la capa de material activo de electrodo. Por lo tanto, el efecto de seguridad se logra provocando la interrupción del suministro eléctrico y evitando que se produzca la reacción electroquímica. Sin embargo, con esta modificación, el material de PTC añadido en la capa de material activo de electrodo afecta negativamente al rendimiento electroquímico de la batería.

30 Otros estudios adicionales han proporcionado una capa separada de material de PTC (revestimiento de seguridad) entre el colector de corriente de metal y la capa de material activo de electrodo de la batería. Cuando la temperatura de la batería aumenta, aumenta la resistencia de la capa de material de PTC, de modo que aumenta la resistencia eléctrica entre el colector de corriente de metal y la capa de material activo de electrodo o incluso se interrumpe el circuito, evitando así que continúe la reacción electroquímica y logrando el efecto de seguridad. Sin embargo, con esta modificación, cuando se reviste la suspensión de material activo sobre la superficie de la capa de material de PTC, el disolvente tal como la N-metil-2-pirrolidona (N-metil-2-pirrolidona, NMP) en la suspensión disolvería el material de PTC de la capa PTC y, por lo tanto, el material de PTC disuelto entra en la capa del material activo superior, lo que no solo destruye el efecto PTC de la capa de PTC sino que también deteriora las propiedades eléctricas de las placas de electrodo. Además, en la etapa de compactación del proceso de fabricación de las placas, la capa de material de PTC se desplaza por presión fácilmente hasta el borde y, por lo tanto, la capa de material activo de electrodo entraría en contacto directo con el colector de corriente de metal, de modo que la capa de material de PTC no puede mejorar el rendimiento de seguridad. Además, se requiere mejorar en gran medida el rendimiento de la capa de material de PTC, tal como la velocidad de respuesta, el efecto del bloqueo de la corriente y similares.

45 En vista de esto, de hecho es necesario proporcionar una placa de electrodo y una batería con rendimientos de seguridad y prestaciones de batería mejorados tal como un rendimiento de ciclo, que sean capaces de resolver los problemas anteriores.

El Documento de Patente Europea de Número EP 3 147 971 A1 se refiere a un electrodo positivo y a una batería de iones de litio que incluye el electrodo positivo. Los Documentos de Patente Europea de Número EP 3 483 900 A1 y EP 3 483 954 A1 se refieren a placas de electrodo, dispositivos electroquímicos y revestimientos de seguridad.

**Resumen**

50 Un objeto de la presente solicitud es proporcionar una placa de electrodo y un dispositivo electroquímico con rendimientos de seguridad y eléctricos mejorados, tal como el rendimiento del ciclo.

55 Un objeto adicional de la presente solicitud es proporcionar una placa de electrodo y un dispositivo electroquímico con buen rendimiento de seguridad, especialmente durante la penetración del clavo. La invención se especifica mediante la reivindicación independiente. Las realizaciones preferidas se definen en las reivindicaciones dependientes. La presente solicitud proporciona una placa de electrodo positivo que comprende un colector de corriente de metal, una

5 capa de material activo positivo y un revestimiento de seguridad dispuesto entre el colector de corriente de metal y la capa de material activo positivo, en donde el revestimiento de seguridad comprende una matriz polimérica, un material conductor y un material de relleno inorgánico y en donde la matriz polimérica es una matriz polimérica de poliolefina fluorada y/o poliolefina clorada, en base al peso total del revestimiento de seguridad, la matriz polimérica está presente en un porcentaje en peso de 35-75 % en peso, el material conductor está presente en un porcentaje en peso de 5-25 % en peso y el material de relleno inorgánico está presente en un porcentaje en peso de 10-60 % en peso y el colector de corriente de metal tiene un alargamiento a la rotura  $\delta$  que cumple  $0,8 \% \leq \delta \leq 2 \%$ , en donde la matriz polimérica del revestimiento de seguridad es una poliolefina fluorada y/o poliolefina clorada con una estructura reticulada.

10 La presente solicitud también proporciona un dispositivo electroquímico que comprende la placa de electrodo positivo de la presente solicitud, que es preferiblemente un condensador, una batería primaria o una batería secundaria.

### Descripción de los dibujos

A continuación se describirán en detalle la placa de electrodo positivo, el dispositivo electroquímico y los efectos beneficiosos de la presente solicitud con referencia a los dibujos adjuntos y realizaciones específicas.

15 La Figura 1 es una vista estructural esquemática de una placa de electrodo positivo según una realización de la presente solicitud, en la que 10 - un colector de corriente de metal; 14 - una capa de material activo positivo; 12 - un revestimiento de seguridad (es decir, revestimiento de seguridad de PTC).

La Figura 2 es una vista en perspectiva de una batería de iones de litio según una realización de la presente solicitud.

La Figura 3 es una vista en despiece de la Figura 2.

La Figura 4 es una vista en perspectiva de un módulo de baterías según una realización de la presente solicitud.

20 La Figura 5 es una vista en perspectiva de un paquete de batería según una realización de la presente solicitud.

La Figura 6 es una vista en despiece de la Figura 5.

25 La Figura 7 es una vista esquemática que muestra un dispositivo con una batería de iones de litio como una fuente de energía según una realización de la presente solicitud en la que los números de referencia se definen como sigue: 1- paquete de baterías; 2- cuerpo superior del arcón; 3-cuerpo inferior del arcón; 4-módulo de baterías; 5- batería; 51- caja; 52-ensamblaje de electrodos y 53-ensamblaje de la cubierta superior.

### Descripción detallada

30 La presente solicitud describe una placa de electrodo positivo que comprende un colector de corriente de metal, una capa de material activo positivo y un revestimiento de seguridad dispuesto entre el colector de corriente y la capa de material activo positivo, en donde el revestimiento de seguridad comprende una matriz polimérica, un material conductor y un material de relleno inorgánico, y la matriz polimérica es una matriz polimérica de poliolefina fluorada y/o poliolefina clorada, basado en el peso total del revestimiento de seguridad, la matriz polimérica está presente en un porcentaje en peso de 35-75 % en peso, el material conductor está presente en un porcentaje en peso de 5-25 % en peso y el material de relleno inorgánico está presente en un porcentaje en peso de 10-60 % en peso y el colector de corriente de metal tiene un alargamiento a la rotura  $\delta$  que cumple  $0,8 \% \leq \delta \leq 2 \%$ .

35 La Figura 1 es una vista estructural esquemática de una placa de electrodo positivo según algunas realizaciones de la presente solicitud, en la que 10 - un colector de corriente; 14 - una capa de material activo positivo; 12 - un revestimiento de seguridad (es decir, revestimiento de seguridad de PTC).

40 Sería fácil entender que aunque el revestimiento de seguridad de PTC 12 y la capa de material activo positivo 14 se proporcionan solo en un lado del colector de corriente positiva 10 como se muestra en la Figura 1, en otras realizaciones, el revestimiento de seguridad de PTC 12 y la capa de material activo positivo 14 se pueden proporcionar en ambos lados del colector de corriente positiva 10.

Para superar los defectos de los revestimientos de seguridad de PTC tradicionales, la presente solicitud propone una serie de mejoras técnicas y adopta una variedad de medios técnicos que trabajan juntos para mejorar el rendimiento y la estabilidad de los revestimientos de seguridad de PTC.

45 En primer lugar, los inventores descubrieron que la estabilidad y el rendimiento de los revestimientos de seguridad se pueden mejorar seleccionando un material de matriz polimérica en los revestimientos de seguridad.

50 En el revestimiento convencional con efecto PTC para usar en baterías, se usa como ligante poliolefina fluorada o poliolefina clorada tal como poli(fluoruro de vinilideno) (poli(fluoruro de vinilideno), PVDF, por sus siglas en inglés). Cuando se usa como ligante, la cantidad de PVDF es mucho menor que la cantidad del material de la matriz. Por ejemplo, el ligante de PVDF en los revestimientos de PTC convencionales está presente normalmente en una cantidad de menos del 15 % o del 10 %, o incluso menos, en relación con el peso total del revestimiento. Algunas publicaciones tales como los Documentos de Patente de Número CN105594019A, CN106558676A también mencionan que el PVDF

en sí se puede usar como un material de matriz de PTC, pero la mayoría de ellos son puramente especulativos y en realidad no han verificado el uso de PVDF como un material de matriz de PTC. Por el contrario, algunas otras publicaciones tal como el Documento de Patente de Número CN104823313A en el párrafo [0071] menciona explícitamente que el PVDF no es adecuado para su uso como un material de matriz de PTC.

5 Sin embargo, los inventores han descubierto que la poliolefina fluorada y/o poliolefina clorada pueden funcionar como un material de matriz polimérica para una capa de termistor de PTC. En base al peso total del revestimiento de seguridad, el porcentaje en peso de la poliolefina fluorada y/o poliolefina clorada como el material de la matriz polimérica suele ser del 35 % al 75 % en peso, que es mucho mayor que la cantidad de poliolefina fluorada o poliolefina clorada tal como la PVDF normalmente usada como ligante en la anterior capa de termistor de PTC.

10 En la presente solicitud, el material de poliolefina fluorada y/o poliolefina clorada funciona realmente, tanto como matriz de PTC como ligante, lo que evita la influencia sobre la adhesión del revestimiento, la velocidad de respuesta y la temperatura de respuesta del efecto PTC debido a la diferencia entre los materiales para el ligante y el material de matriz de PTC.

15 En segundo lugar, el revestimiento de seguridad compuesto por poliolefina fluorada y/o poliolefina clorada y un material conductor puede funcionar como una capa de termistor de PTC y su intervalo de temperatura de funcionamiento es adecuado de 80°C a 160°C. Por lo tanto, se puede mejorar adecuadamente el rendimiento de seguridad a alta temperatura de la batería.

20 Además, la poliolefina fluorada y/o poliolefina clorada como el material de matriz polimérica del revestimiento de seguridad sirve como una matriz de PTC y un ligante, facilitando así la preparación de un revestimiento de seguridad más delgado sin afectar a la adhesión del revestimiento de seguridad.

25 Además, el disolvente tal como la NMP o similar o el electrolito en la capa de material activo positivo sobre el revestimiento de seguridad puede tener un efecto adverso tal como disolución, hinchamiento y similar sobre el material polimérico del revestimiento de seguridad. Para el revestimiento de seguridad que contiene PVDF en una cantidad de ligante, la adherencia podría empeorar fácilmente. En el revestimiento de seguridad de la presente solicitud, el anterior efecto adverso es relativamente bajo ya que es mayor el contenido de poliolefina fluorada y/o poliolefina clorada.

30 En la placa de electrodo positivo de la presente solicitud, basado en el peso total del revestimiento de seguridad, el porcentaje en peso de poliolefina fluorada y/o poliolefina clorada como el material de matriz polimérica es normalmente del 35 % en peso al 75 % en peso. Si el contenido es demasiado pequeño, la matriz polimérica no puede garantizar que el revestimiento de seguridad funcione bien en términos de su efecto PTC; y si el contenido es demasiado alto, el contenido del material conductor y del material de relleno inorgánico serán demasiado bajos y, por tanto, esto afectará a la velocidad de respuesta del revestimiento de seguridad. El porcentaje en peso de la matriz polimérica de poliolefina fluorada y/o poliolefina clorada es preferiblemente del 40 % en peso al 75 % en peso, más preferiblemente del 50 % en peso al 75 % en peso.

35 En la presente solicitud, la poliolefina fluorada y/o poliolefina clorada como la matriz polimérica del revestimiento de seguridad se refiere a poli(fluoruro de vinilideno) (PVDF), poli(cloruro de vinilideno) (poli(cloruro de vinilideno), PVDC, por sus siglas en inglés), PVDF modificado o PVDC modificado. Por ejemplo, la poliolefina fluorada y/o poliolefina clorada se pueden seleccionar del grupo que consiste en PVDF, PVDF modificado con ácido carboxílico, PVDF modificado con ácido acrílico, copolímero de PVDF, PVDC, PVDC modificado con ácido carboxílico, PVDC modificado con ácido acrílico, copolímero de PVDC o cualquier mezcla de los mismos.

40 En segundo lugar, los inventores descubrieron que la adición de un material de relleno inorgánico al revestimiento de seguridad de la placa de electrodo positivo puede estabilizar el revestimiento de seguridad.

45 Se ha encontrado que en el caso de que el revestimiento de seguridad no contenga un material de relleno inorgánico, el disolvente tal como la NMP o similar en la capa de material activo positivo o en el electrolito sobre el revestimiento de seguridad puede disolver e hinchar de manera negativa el material polimérico en el revestimiento de seguridad, dañando así el revestimiento de seguridad y afectando a su efecto PTC. Después de añadir un material de relleno inorgánico al revestimiento de seguridad, el material de relleno inorgánico como barrera puede eliminar ventajosamente los efectos adversos antes mencionados, tales como la disolución y el hinchamiento, y por lo tanto es ventajoso para estabilizar el revestimiento de seguridad. Además, también se ha descubierto que la adición del material de relleno inorgánico también es ventajosa para garantizar que el revestimiento de seguridad no se deforme fácilmente durante la compactación de la placa de electrodo. Por lo tanto, la adición del material de relleno inorgánico puede garantizar que el revestimiento de seguridad se disponga de forma estable entre el colector de corriente de metal y la capa de material activo positivo y evitar que el colector de corriente de metal entre en contacto directo con la capa de material activo positivo, mejorando así el rendimiento de seguridad de la batería.

55 Los inventores también han descubierto inesperadamente que los materiales de relleno inorgánicos también pueden mejorar el rendimiento, tal como la velocidad de respuesta del revestimiento de seguridad. El revestimiento de seguridad funciona como se indica a continuación. A temperatura normal, el revestimiento de seguridad se basa en una buena red conductora formada entre los materiales conductores para llevar a cabo la conducción de los electrones. Cuando aumenta la temperatura, comienza a expandirse el volumen de los materiales de la matriz polimérica, aumenta

el espacio entre las partículas de los materiales conductores y, por lo tanto, se bloquea parcialmente la red conductora, de modo que la resistencia del revestimiento de seguridad aumenta gradualmente. Cuando se alcanza una cierta temperatura, por ejemplo, la temperatura de funcionamiento, la red conductora está bloqueada casi por completo y la corriente se aproxima a cero. Sin embargo, normalmente la red conductora se recupera parcialmente, cuando el interior del revestimiento de seguridad alcanza un equilibrio dinámico. Por lo tanto, después de alcanzar una determinada temperatura, por ejemplo, la temperatura de funcionamiento, la resistencia del revestimiento de seguridad no es tan grande como se esperaba, y todavía hay un poco de corriente que sigue fluyendo. Los inventores han descubierto que después de añadir el material de relleno inorgánico y que el volumen de los materiales de la matriz polimérica se expande, el material de relleno inorgánico y el material de la matriz polimérica expandido pueden funcionar para bloquear la red conductora. Por lo tanto, después de la adición del material de relleno inorgánico, el revestimiento de seguridad puede producir mejor el efecto PTC en el intervalo de temperatura de funcionamiento. Es decir, la velocidad creciente de la resistencia es más rápida y la velocidad de respuesta de PTC es más rápida a alta temperatura. Por lo tanto, se puede mejorar aún más el rendimiento de seguridad de la batería.

El material de relleno inorgánico está presente en un porcentaje en peso del 10 % en peso al 60 % en peso basado en el peso total del revestimiento de seguridad. Si el contenido del material de relleno inorgánico es demasiado pequeño, no será suficiente para estabilizar el revestimiento de seguridad; si el contenido es demasiado grande, esto afectará al rendimiento PTC del revestimiento de seguridad. El porcentaje en peso del material de relleno inorgánico es preferentemente del 15 % en peso al 45 % en peso.

El material de relleno inorgánico se selecciona de al menos uno de un óxido metálico, un óxido no metálico, un carburo metálico, un carburo no metálico y una sal inorgánica, o al menos uno de un material anterior modificado con revestimiento de carbono conductor, un material anterior modificado con revestimiento metálico conductor o un material anterior modificado con revestimiento polimérico conductor.

Por ejemplo, el material de relleno inorgánico se puede seleccionar de al menos uno de óxido de magnesio, óxido de aluminio, dióxido de titanio, óxido de circonio, dióxido de silicio, carburo de silicio, carburo de boro, carbonato de calcio, silicato de aluminio, silicato de calcio, titanato de potasio, sulfato de bario, óxido de cobalto y litio, óxido de manganeso y litio, óxido de níquel y litio, óxido manganeso, níquel y litio, óxido de cobalto, manganeso, níquel y litio, alúmina de manganeso, níquel y litio, fosfato de hierro y litio, fosfato de vanadio y litio, fosfato de cobalto y litio, fosfato de manganeso y litio, silicato de hierro y litio, silicato de vanadio y litio, silicato de cobalto y litio, silicato de manganeso y litio y titanato de litio, o al menos uno de un material anterior modificado con revestimiento de carbono conductor, un material anterior modificado con revestimiento metálico conductor o un material anterior modificado con revestimiento polimérico conductor.

Especialmente, los inventores han encontrado que es particularmente ventajoso cuando un material electroquímicamente activo positivo o un material anterior modificado con revestimiento de carbono conductor, un material anterior modificado con revestimiento metálico conductor o un material anterior modificado con revestimiento polimérico conductor se usa como un material de relleno inorgánico en el caso que el revestimiento de seguridad se use para una placa de electrodo positivo. En tal caso, además de la función mencionada anteriormente como la estabilización de la capa de unión, es decir, impedir que el disolvente orgánico disuelva o hinche el material polimérico de la capa de unión y garantizar que la capa de unión no se deforme fácilmente, y la mejora del rendimiento tal como la velocidad de respuesta y similar del revestimiento de seguridad, el material de relleno inorgánico puede desempeñar además los siguientes dos papeles:

(1) mejorar el rendimiento de sobrecarga de la batería. En el sistema de revestimiento de seguridad de PTC compuesto por una matriz polimérica de poliolefina fluorada y/o poliolefina clorada y un material conductor, dado que el material electroquímicamente activo tiene las características de la intercalación de iones de litio, el material electroquímicamente activo se puede usar como un "sitio activo" en la red conductora a la temperatura normal de funcionamiento de la batería y, por lo tanto, aumenta el número de "sitio activo" en el revestimiento de seguridad. En el proceso de sobrecarga, el material electroquímicamente activo se delitiará, el proceso de deslitiación se vuelve cada vez más difícil y aumenta la impedancia. Por lo tanto, cuando pasa la corriente, aumenta la potencia de generación de calor y la temperatura de la capa de imprimación aumenta más rápido, por lo que el efecto PTC responde más rápido, lo que a su vez puede generar efectos PTC antes de que ocurra el problema de seguridad de sobrecarga de la batería. Por lo tanto, se puede mejorar el rendimiento de seguridad de sobrecarga de la batería.

(2) contribuir a la capacidad de carga y descarga. Dado que el material electroquímicamente activo puede contribuir con una cierta capacidad de carga y descarga a la temperatura normal de funcionamiento de la batería, se puede reducir al mínimo el efecto del revestimiento de seguridad en el rendimiento electroquímico, tal como la capacidad de la batería a la temperatura normal de funcionamiento.

Por lo tanto, para la placa de electrodo positivo, lo más preferido es usar un material electroquímicamente activo positivo o un material anterior modificado con revestimiento de carbono conductor, un material anterior modificado con un revestimiento metálico conductor o un material anterior modificado con revestimiento polimérico conductor como el material de relleno inorgánico del revestimiento de seguridad.

El material electroquímicamente activo positivo se selecciona preferiblemente de al menos uno de óxido de cobalto y litio, óxido cobalto, manganeso, níquel y litio, alúmina de manganeso, níquel y litio, fosfato de hierro y litio, fosfato de vanadio y litio, fosfato de cobalto y litio, fosfato de manganeso y litio, silicato de hierro y litio, silicato de vanadio y litio, silicato de cobalto y litio, silicato de manganeso y litio, óxido de manganeso, litio y espinela, óxido de manganeso, níquel, litio y espinela y titanato de litio, o un material anterior modificado con revestimiento de carbono conductor, un material anterior modificado con revestimiento metálico conductor y un material anterior modificado con revestimiento polimérico conductor. Especialmente, el material electroquímicamente activo positivo es al menos uno de un material electroquímicamente activo anterior modificado con revestimiento de carbono conductor, tal como óxido de cobalto y litio modificado con revestimiento de carbono conductor, óxido de cobalto, manganeso, níquel y litio modificado con revestimiento de carbono conductor, alúmina de manganeso, níquel y litio modificada con revestimiento de carbono conductor, fosfato de hierro y litio modificado con revestimiento de carbono conductor, fosfato de vanadio y litio modificado revestimiento de carbono conductor, fosfato de cobalto y litio modificado con revestimiento de carbono conductor, fosfato de manganeso y litio modificado con revestimiento de carbono conductor, fosfato de hierro, manganeso y litio modificado con revestimiento de carbono conductor, silicato de hierro y litio modificado con revestimiento de carbono conductor, silicato de vanadio y litio modificado con revestimiento de carbono conductor, silicato de cobalto y litio modificado con revestimiento de carbono conductor, silicato de manganeso y litio modificado con revestimiento de carbono conductor, óxido de manganeso, litio y espinela modificado con revestimiento de carbono conductor, óxido de manganeso, níquel, litio y espinela modificado con revestimiento de carbono conductor, titanato de litio modificado con revestimiento de carbono conductor. Estos materiales electroquímicamente activos y los materiales electroquímicamente activos modificados con revestimiento de carbono conductor son materiales comúnmente usados en la fabricación de baterías de litio, la mayoría de los cuales están disponibles comercialmente. El tipo de carbono conductor puede ser grafito, grafeno, negro de carbono conductor, nanotubos de carbono o similares. Además, la conductividad del material de relleno inorgánico se puede ajustar ajustando el contenido del revestimiento de carbono conductor.

Cuando el tamaño de partícula del material de relleno inorgánico es demasiado pequeño, tendrá un área de superficie específica aumentada y, por lo tanto, aumentará la reacción secundaria; cuando el tamaño de partícula del material de relleno inorgánico es demasiado grande, el espesor de aplicación del revestimiento de seguridad es demasiado grande y el revestimiento no es fácil de igualar. Preferentemente, el diámetro medio de partícula  $D$  del material de relleno inorgánico en el revestimiento de seguridad cumple la relación de  $100 \text{ nm} \leq D \leq 10 \text{ }\mu\text{m}$ , más preferentemente  $1 \text{ }\mu\text{m} \leq D \leq 6 \text{ }\mu\text{m}$ . Cuando el tamaño de partícula del material de relleno inorgánico está en el intervalo anterior, también puede mejorar el efecto de bloqueo de la red conductora a alta temperatura, mejorando así la velocidad de respuesta del revestimiento de seguridad. Más preferiblemente, el material de relleno inorgánico en el revestimiento de seguridad tiene un área de superficie específica de Brunner Emmet-Teller (Brunner Emmet-Teller, BET) de no más de  $500 \text{ m}^2/\text{g}$ . Cuando aumenta el área de superficie específica del material de relleno inorgánico, aumentará la reacción secundaria y, por lo tanto, se verá afectado el rendimiento de la batería. Además, en el caso de que el área de superficie específica del material de relleno inorgánico sea demasiado grande, se requerirá consumir una mayor relación de ligante, lo que provocará que se reduzca la fuerza de unión entre el revestimiento de seguridad, el colector de corriente y la capa de material activo positivo y sea alta la velocidad de crecimiento de la resistencia interna. Cuando la superficie específica (BET) del material de relleno inorgánico no supere los  $500 \text{ m}^2/\text{g}$ , se puede proporcionar un mejor efecto global.

Además de la matriz polimérica y del material de relleno inorgánico, el revestimiento de seguridad proporcionado entre el colector de corriente y la capa de material activo positivo también comprende un material conductor.

En la presente solicitud, el revestimiento de seguridad funciona como se indica a continuación. A una temperatura normal, el revestimiento de seguridad se basa en una buena red conductora formada entre los materiales conductores para conducir la conducción de electrones. Cuando aumenta la temperatura, el volumen del material de la matriz polimérica comienza a expandirse, aumenta el espacio entre las partículas de los materiales conductores y, por lo tanto, la red conductora se bloquea parcialmente, de modo que aumenta gradualmente la resistencia del revestimiento de seguridad. Cuando se alcanza una determinada temperatura, por ejemplo, una temperatura de funcionamiento, la red conductora se bloquea casi por completo y la corriente se aproxima a cero, protegiendo así el dispositivo electroquímico con el revestimiento de seguridad. Por lo tanto, la relación de la cantidad del material conductor y del material de la matriz polimérica es importante para que la capa de PTC funcione correctamente.

En la presente solicitud, basado en el peso total del revestimiento de seguridad, el material conductor está presente en un porcentaje en peso del 5 % en peso al 25 % en peso, preferiblemente del 5 % en peso al 20 % en peso. Preferiblemente, la relación en peso del material de la matriz polimérica al material conductor es 2 o más. Con la relación anterior, se puede mejorar aún más el rendimiento de seguridad durante la penetración del clavo. Si la relación en peso del material de la matriz polimérica al material conductor es menor de 2, el contenido del material conductor es relativamente alto y es posible que la red conductora no se rompa lo suficiente a temperatura elevada, lo que afecta al efecto PTC. Si la relación en peso del material de la matriz polimérica al material conductor es demasiado alta, el contenido del material conductor es relativamente bajo, lo que provoca un gran aumento en la resistencia interna de la corriente continua (resistencia interna de corriente continua, DCR, por sus siglas en inglés) de la batería en operación normal.

Preferiblemente, la relación en peso de la matriz polimérica al material conductor es 8 o menos. En una realización preferida de la presente solicitud, la relación en peso de la matriz polimérica al material conductor es 3 o más y 8 o menos.

5 El material conductor se puede seleccionar de al menos uno de un material conductor a base de carbono, un material metálico conductor y un material polimérico conductor. Como ejemplo, el material conductor a base de carbono se puede seleccionar de al menos uno de negro de carbono conductor, negro de acetileno, grafito, grafeno, nanotubos de carbono, nanofibras de carbono; el material metálico conductor se puede seleccionar de al menos uno de polvo de aluminio (aluminio, Al), polvo de níquel (níquel, Ni) y polvo de oro; y el material polimérico conductor se puede seleccionar de al menos uno de politiofeno conductor, polipirrol conductor y polianilina conductora. Los materiales  
10 conductores se pueden usar solos o en combinación de dos o más.

Los materiales conductores se usan típicamente en forma de polvos o gránulos. El tamaño de partícula puede ser de 5 nm a 500 nm, por ejemplo, de 10 nm a 300 nm, de 15 nm a 200 nm, de 15 nm a 100 nm, de 20 nm a 400 nm, de 20 nm a 150 nm, o similar, dependiendo del entorno de aplicación específico.

15 Además de la matriz polimérica, el material conductor y el material de relleno inorgánico, el revestimiento de seguridad también puede contener otros materiales o componentes, tales como otros ligantes que promuevan la adhesión entre el revestimiento y el sustrato para el colector de corriente de metal. Los expertos en la materia pueden seleccionar otros materiales auxiliares según las necesidades reales. Por ejemplo, en otras realizaciones de la presente solicitud, el revestimiento de seguridad también puede comprender otros ligantes. En otras realizaciones adicionales de la presente solicitud, el revestimiento de seguridad puede incluir además otra matriz polimérica distinta de la matriz polimérica mencionada anteriormente. Dado que el material de matriz polimérica de poliolefina fluorada y/o poliolefina clorada en sí mismo tiene una buena adherencia, con el fin de simplificar el proceso y ahorrar costes, en una realización preferida de la presente solicitud en la que se usa poliolefina fluorada y/o poliolefina clorada como un material de matriz polimérica, la capa de revestimiento de seguridad está sustancialmente libre de otros ligantes u otras matrices poliméricas distintas del material de la matriz en el que la frase "sustancialmente libre" significa  $\leq 3\%$ ,  $\leq 1\%$ , o  $\leq 0,5\%$ .  
20  
25

Además, en algunas realizaciones preferidas de la presente solicitud en las que se usa poliolefina fluorada y/o poliolefina clorada como una matriz polimérica, el revestimiento de seguridad de la presente solicitud puede consistir esencialmente en la matriz polimérica, el material conductor y el material de relleno inorgánico que está libre de cantidades significativas (por ejemplo,  $\leq 3\%$ ,  $\leq 1\%$ , o  $\leq 0,5\%$ ) de otros componentes.

30 El espesor H del revestimiento de seguridad se puede determinar razonablemente según la demanda real. Preferiblemente, cumple con  $1\ \mu\text{m} \leq H \leq 20\ \mu\text{m}$ , más preferiblemente con  $3\ \mu\text{m} \leq H \leq 10\ \mu\text{m}$ .

En tercer lugar, los inventores descubrieron que el rendimiento de los colectores de corriente seleccionados puede mejorar aún más el rendimiento del electrodo positivo, especialmente el rendimiento de seguridad durante la penetración del clavo.

35 El revestimiento de seguridad anterior se aplica sobre el colector de corriente de metal y se dispone entre el colector de corriente de metal y la capa de material activo positivo para ejercer su función. Se encontró que la coincidencia y la adhesión entre el revestimiento de seguridad y el colector de corriente pueden afectar al rendimiento del revestimiento de seguridad. Se ha encontrado que en la placa del electrodo positivo, el revestimiento de seguridad no solo aumenta su resistencia cuando la temperatura aumenta y juega el efecto PTC, sino que también puede envolver las rebabas de metal que se pueden generar en el colector de corriente en condiciones anormales tales como en la penetración del clavo, evitando así un cortocircuito en la batería. Se encontró que si el alargamiento a la rotura del colector de corriente es demasiado grande, las rebabas de metal serán más grandes, lo que no conduce a mejorar el rendimiento de seguridad de la batería. Si el alargamiento a la rotura del colector de corriente es demasiado pequeño, es probable que se produzca una rotura durante el procesamiento, tal como durante la compactación de las placas o cuando la batería se apriete o choque, degradando así la calidad o el rendimiento de seguridad de la batería. Por lo tanto, para mejorar aún más el rendimiento de seguridad, especialmente durante la penetración del clavo, el alargamiento a la rotura  $\delta$  del colector de corriente no debe ser superior al 2,2 % ni inferior al 0,8 %.  
40  
45

El alargamiento a la rotura del colector de corriente de metal se puede ajustar cambiando la pureza, el contenido de impurezas y los aditivos en el colector de corriente de metal, en el proceso de producción de la palanquilla, en la velocidad de laminación, en el proceso del tratamiento térmico y similares.  
50

Se prefiere que el colector de corriente de metal tenga un espesor en el intervalo de 4  $\mu\text{m}$  a 16  $\mu\text{m}$ .

Para el colector de corriente, se pueden usar los materiales comunes en la técnica, preferiblemente colectores de corriente de metal, tales como escamas metálicas o láminas metálicas de acero inoxidable, aluminio, cobre, titanio o similares. Preferiblemente, el colector de corriente es un colector de corriente poroso que contiene aluminio (por ejemplo, una lámina de aluminio poroso). El uso de una lámina de aluminio poroso puede reducir la probabilidad de que se produzcan rebabas de metal y reducir aún más la probabilidad de que se produzca una reacción aluminotérmica grave en una situación anómala, tal como durante el clavado. Por lo tanto, el rendimiento de seguridad de la batería se puede mejorar aún más. Además, el uso de la lámina de aluminio poroso también puede mejorar la infiltración del  
55

electrolito en la placa del electrodo y, por lo tanto, mejorar el rendimiento dinámico de la batería de iones de litio. El revestimiento de seguridad puede cubrir la superficie de la lámina de aluminio poroso para evitar fugas de la capa de material activo durante el proceso de revestimiento.

5 En la presente solicitud, el revestimiento de seguridad y la capa de material activo positivo se denominan colectivamente como capa de película. Para la capa de material activo positivo convencional, su elongación no suele ser superior al 1 %.

10 En la presente solicitud, la introducción de un revestimiento de seguridad da como resultado un alargamiento muy mejorado de la capa de película. Por lo tanto, en una situación anormal, tal como la penetración del clavo, la capa de película con un mayor alargamiento puede envolver las rebabas de metal que se puedan generar en el colector de corriente para evitar que se produzca un cortocircuito en la batería, lo que mejora en gran medida el rendimiento de seguridad de la batería durante la penetración del clavo.

Preferiblemente, la capa de película tiene un alargamiento del 30 % o más, preferiblemente del 80 % o más. Preferiblemente, la capa de película tiene un espesor de un solo lado en el intervalo de 30  $\mu\text{m}$  a 80  $\mu\text{m}$ .

15 Además, la capa de película y el colector de corriente de la placa de electrodo tienen una fuerza de unión de preferiblemente 10 N/m o más. Una mayor fuerza de unión puede mejorar el rendimiento de seguridad de la batería durante la penetración del clavo. Por ejemplo, la fuerza de unión entre el revestimiento de seguridad y el colector de corriente se puede aumentar introduciendo un ligante adicional o realizando un tratamiento de reticulación en la matriz polimérica, por ejemplo para aumentar la fuerza de unión entre la capa de película y el colector de corriente.

20 Por lo tanto, el rendimiento, especialmente el rendimiento de seguridad durante la penetración del clavo y la estabilidad de los revestimientos de seguridad, se pueden mejorar en gran medida seleccionando poliolefina fluorada y/o poliolefina clorada como material de matriz para el revestimiento de seguridad de PTC, añadiendo un material de relleno inorgánico, especialmente un material activo positivo, al revestimiento de seguridad, y controlando del alargamiento a la rotura del colector de corriente de metal.

25 Además, se descubrió que el rendimiento de los revestimientos de seguridad se puede mejorar aún más mediante la optimización.

Como una mejora adicional de otro aspecto de la presente invención, la matriz polimérica en el revestimiento de seguridad de la placa de electrodo positivo se somete preferiblemente a un tratamiento de reticulación. Es decir, se trata de poliolefina fluorada y/o poliolefina clorada con una estructura reticulada.

30 El tratamiento de reticulación puede ser más ventajoso para impedir los efectos adversos de un disolvente tal como la NMP o similar en la capa de material activo positivo o un electrolito en el material polimérico en el revestimiento de seguridad, tal como disolución o hinchamiento y similares, y para evitar que la capa de material activo positivo se agriete debido a una tensión desigual.

35 Además, la matriz polimérica que no se somete al tratamiento de reticulación tiene un gran hinchamiento en el electrolito, por lo que la introducción del revestimiento de seguridad provoca un gran crecimiento de la DCR de la batería, lo que es desventajoso para mejorar el rendimiento dinámico de la batería. Después de someterse al tratamiento de reticulación, la matriz polimérica tiene una relación de hinchamiento suprimida de forma efectiva, de modo que se puede reducir notablemente el crecimiento de la DCR debido a la introducción del revestimiento de seguridad.

40 El procedimiento del tratamiento de reticulación es conocido en la técnica. Por ejemplo, para una matriz polimérica de poliolefina fluorada y/o poliolefina clorada, el tratamiento de reticulación se puede lograr introduciendo un activador y un agente de reticulación. La función del activador es eliminar HF o HCl procedente de la poliolefina fluorada y/o poliolefina clorada para formar un doble enlace C=C; y el agente de reticulación actúa para reticular el doble enlace C=C. Como activador, se puede usar una sal de ácido débil - base fuerte tal como silicato de sodio o silicato de potasio. La relación en peso del activador a la matriz polimérica es normalmente del 0,5 % al 5 %. El agente de reticulación se puede seleccionar de al menos uno de los poliisocianatos (JQ-1, JQ-1E, JQ-2E, JQ-3E, JQ-4, JQ-5, JQ-6, PAPI, MDI emulsionable, tetraisocianato), poliaminas (propilendiamina, 3,3,-dicloro-4,4,-diaminodifenilmetano también llamado MOCA), polioles (polietilenglicol, polipropilenglicol, trimetilolpropano), éteres glicídicos (éter glicídico de polipropilenglicol), sustancias inorgánicas (óxido de zinc, cloruro de aluminio, sulfato de aluminio, azufre, ácido bórico, bórax, nitrato de cromo), glioxal, aziridina, compuestos etilénicamente insaturados (estireno,  $\alpha$ -metilestireno, acrilonitrilo, ácido acrílico, ácido metacrílico, acrilatos (diacrilato de 1,4-butilenglicol, dimetacrilato de etilenglicol, cianurato de trialilo (cianurato de trialilo, TAC, por sus siglas en inglés), acrilato de butilo, acrilato de hidroxietilo (acrilato de hidroxietilo, HEA, por sus siglas en inglés), acrilato de hidroxipropilo (acrilato de hidroxipropilo, HPA, por sus siglas en inglés), metacrilato de hidroxietilo (metacrilato de hidroxietilo, HEMA, por sus siglas en inglés), metacrilato de hidroxipropilo (metacrilato de hidroxipropilo, HPMA, por sus siglas en inglés), metacrilato de metilo (metacrilato de metilo, MMA, por sus siglas en inglés), organosilicios (ortosilicato de etilo, ortosilicato de metilo, trimetoxisilano), ácidos bencenosulfónicos (ácido p-toluenosulfónico, cloruro de p-toluenosulfonilo), peróxidos orgánicos (peróxido de dicumilo, peróxido de bis(2,4-diclorobenzilo)) y compuestos orgánicos metálicos (isopropóxido de aluminio, acetato de zinc, acetilacetato de titanio).

La relación en peso del agente de reticulación a la matriz polimérica es del 0,01 % al 5 %. Si el contenido de agente de reticulación es pequeño, el grado de reticulación de la matriz polimérica es bajo, lo que no puede eliminar por completo el agrietamiento. Si el contenido del agente de reticulación es demasiado alto, es fácil que se forme un gel durante la agitación.

- 5 El activador y el agente de reticulación se pueden añadir después de que se complete la etapa de agitación de la suspensión para preparar el revestimiento de seguridad. Después de llevar a cabo la reacción de reticulación, la mezcla se agita uniformemente y luego se reviste para preparar un revestimiento de seguridad.

10 La capa de material activo positivo usada en la presente solicitud se puede seleccionar de varias capas de material activo positivo adecuadas para una batería de iones de litio en la técnica, y la constitución y preparación de las mismas son bien conocidas en la técnica. La capa de material activo positivo contiene un material activo positivo, y se pueden usar varios materiales activos de electrodo positivo para preparar un electrodo positivo de batería secundaria de iones de litio conocidos por los expertos en la técnica. Por ejemplo, el material activo del electrodo positivo es un óxido de metal de un material compuesto que contiene litio, por ejemplo uno o más de  $\text{LiCoO}_2$ ,  $\text{LiNiO}_2$ ,  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ ,  $\text{LiFePO}_4$ , óxido de manganeso, cobalto, níquel y litio (tal como  $\text{LiNi}_{0,5}\text{Co}_{0,2}\text{Mn}_{0,3}\text{O}_2$ ) y uno o más de óxido de manganeso, níquel y litio.

15 Los expertos en la técnica apreciarán que se pueden combinar arbitrariamente varias definiciones o intervalos preferidos de selección de componentes, contenido de componentes y propiedades fisicoquímicas del material (tamaño de partícula, área de superficie específica) en las diversas realizaciones de la presente solicitud mencionadas anteriormente. Las realizaciones combinadas todavía están dentro del alcance de la solicitud y se consideran parte de la descripción.

20 La placa de electrodo negativo para su uso junto con la placa de electrodo positivo de la presente solicitud se puede seleccionar de varias placas de electrodo negativo convencionales en la técnica, y la constitución y preparación de las mismas son bien conocidas en la técnica. Por ejemplo, la placa de electrodo negativo puede comprender un colector de corriente de electrodo negativo y una capa de material activo negativo dispuesta sobre el colector de corriente de electrodo negativo, y la capa de material activo negativo puede comprender un material activo negativo, un ligante, un material conductor y similar. El material activo negativo es, por ejemplo, un material carbonoso tal como grafito (grafito artificial o grafito natural), negro de carbono conductor, fibra de carbono o similar, un metal o un material semimetálico tal como Si, Sn, Ge, Bi, Sn, In, o una aleación de los mismos, y un nitruro que contiene litio o un óxido que contiene litio, un metal de litio o una aleación de litio y aluminio.

30 La presente solicitud también describe un dispositivo electroquímico que comprende la placa de electrodo positivo según la presente solicitud. El dispositivo electroquímico puede ser un condensador, una batería primaria o una batería secundaria, por ejemplo un condensador de iones de litio, una batería de iones de litio o una batería de iones de sodio. Además del uso de la placa de electrodo positivo como se ha descrito anteriormente, los métodos de construcción y de preparación de estos dispositivos electroquímicos son conocidos per se. Debido al uso de la placa de electrodo positivo como se ha descrito anteriormente, el dispositivo electroquímico puede tener una seguridad mejorada, especialmente durante la penetración del clavo y rendimientos eléctricos tales como el rendimiento de ciclo. Además, la placa de electrodo positivo según esta solicitud se puede procesar fácilmente, de modo que el coste de fabricación del dispositivo electroquímico se puede reducir usando la placa de electrodo positivo según la presente solicitud.

35 En una realización particular de la presente solicitud, el dispositivo electroquímico es una batería de iones de litio. La Figura 2 es una vista en perspectiva de una batería de iones de litio 5 según una realización de la presente solicitud. La Figura 3 es una vista detallada de la Figura 2. En referencia a la Figura 2 y la Figura 3, la batería de iones de litio 5 incluye una caja 51, un ensamblaje de electrodos 52, un ensamblaje de cubierta superior 53 y un electrolito (no mostrado).

40 El ensamblaje de electrodos 52 está empaquetado en la caja 51. El número de ensamblajes de electrodos 52 no está limitado y puede ser uno o más. El ensamblaje de electrodos 52 incluye una placa de electrodo positivo, una placa de electrodo negativo y un separador. El separador separa la placa de electrodo positivo de la placa de electrodo negativo. El electrolito se inyecta en la caja 51 y empapa el ensamblaje de electrodos 52, comprendiendo el ensamblaje de electrodos, por ejemplo, una primera placa de electrodo, una segunda placa de electrodo y un separador.

45 Tenga en cuenta que la batería de iones de litio 5 que se muestra en la Figura 1 es una batería tipo lata, pero no se limita a ella, y la batería de iones de litio 5 puede ser una batería tipo bolsa en la que la caja 51 se reemplaza por una película de plástico y metal, y se elimina el ensamblaje de cubierta superior 53.

50 A continuación, se describirá un módulo de baterías según otro aspecto de la presente solicitud. La Figura 4 es una vista en perspectiva de un módulo de baterías 4 según una realización de la presente solicitud.

El módulo de baterías 4 según una realización de la presente solicitud comprende la batería de iones de litio 5 según la presente solicitud.

55 Haciendo referencia a la Figura 4, el módulo de baterías 4 incluye una pluralidad de baterías 5. Se dispone de una pluralidad de baterías de iones de litio 5 en la dirección longitudinal. El módulo de baterías 4 puede funcionar como

fuelle de energía o como dispositivo de almacenamiento de energía. El número de baterías de iones de litio 5 contenidas en el módulo de baterías 4 se puede ajustar según la aplicación y la capacidad del módulo de baterías 4.

5 A continuación, se describirá un paquete de baterías según otro aspecto más de la presente solicitud. La Figura 5 es una vista en perspectiva de un paquete de baterías 1 según una realización de la presente solicitud. La Figura 6 es una vista en despiece de la Figura 5.

El paquete de batería 1 según la presente solicitud comprende el módulo de baterías 4 según una realización de la presente solicitud.

10 Específicamente, con referencia a la Figura 5 y la Figura 6, el paquete de batería 1 incluye un cuerpo de arcón superior 2, un cuerpo de arcón inferior 3 y un módulo de baterías 4. El cuerpo de arcón superior 2 y el cuerpo de arcón inferior 3 se ensamblan juntos para formar un espacio en el que se empaqueta el módulo de baterías 4. El módulo de baterías 4 se coloca en el espacio formado al ensamblar el cuerpo del arcón superior 2 y el cuerpo del arcón inferior 3 juntos. El módulo de baterías 4 comprende una salida que pasa a través de uno o ambos del cuerpo superior del arcón 2 y del cuerpo inferior del arcón 3 para suministrar energía al exterior o para ser cargada desde el exterior. El número y disposición de los módulos de baterías 4 contenidos en el paquete de batería 1 se puede determinar según las necesidades reales.

A continuación, se describirá un dispositivo según otro aspecto adicional de la presente solicitud.

La Figura 7 es una vista esquemática que muestra un dispositivo con una batería de iones de litio como fuente de energía según una realización de la presente solicitud.

20 El dispositivo según la presente solicitud comprende la batería de iones de litio 5 según una realización de la presente solicitud, y la batería de iones de litio 5 se puede usar como fuente de energía del dispositivo. En la Figura 7, el dispositivo con la batería de iones de litio 5 es un coche eléctrico. Por supuesto, sin limitarse a ello, el dispositivo con la batería de iones de litio 5 puede ser cualquier otro vehículo eléctrico, tal como un autobús eléctrico, un tranvía eléctrico, una bicicleta eléctrica, una motocicleta eléctrica, un scooter eléctrico, un carrito de golf eléctrico, un camión eléctrico, barcos eléctricos, herramientas eléctricas, equipos electrónicos y sistemas de almacenamiento de energía. El vehículo eléctrico puede ser un vehículo eléctrico puro, un vehículo eléctrico híbrido o un vehículo eléctrico híbrido enchufable. Por supuesto, según la forma real de uso, el dispositivo según la presente solicitud puede comprender el módulo de baterías 4 como se describe en la presente solicitud. Por supuesto, el dispositivo según la presente solicitud también puede comprender el paquete de baterías 1 como se describe en la presente solicitud.

### Ejemplos

30 Para hacer más claros los objetos, las soluciones técnicas y los efectos técnicos beneficiosos de la presente solicitud, a continuación se describirá con más detalle la presente solicitud con referencia a las realizaciones. Sin embargo, se debe entender que las realizaciones de la presente solicitud solo pretenden ser ilustrativas de la presente solicitud, y no pretenden limitar la invención, y las realizaciones de la presente solicitud no se limitan a las realizaciones proporcionadas en la memoria descriptiva. Las condiciones experimentales no indicadas en los ejemplos se pueden referir a condiciones convencionales, o a las condiciones recomendadas por el proveedor del material o del equipo.

#### 1. Método de preparación

##### 1.1 Preparación de placa de electrodo positivo

##### 1) Revestimiento de seguridad

40 Dependiendo de si el material de matriz polimérica en el revestimiento de seguridad se somete o no a un tratamiento de reticulación, el revestimiento de seguridad se preparó mediante uno de los dos métodos siguientes.

Para la matriz polimérica sin tratamiento de reticulación:

45 Se mezcló una cierta relación de un material de matriz polimérica, un material conductor y un material de relleno inorgánico con N-metil-2-pirrolidona (NMP) como disolvente con agitación uniforme, que luego se revistió sobre ambos lados del colector de corriente de metal, seguido de secado a 85°C para obtener una capa de PTC, es decir, un revestimiento de seguridad.

Para la matriz polimérica con tratamiento de reticulación:

50 Se mezcló una cierta relación de un material de matriz polimérica, un material conductor y un material de relleno inorgánico con N-metil-2-pirrolidona (NMP) como disolvente con agitación uniforme y luego se añadieron un activador (silicato de sodio) y un agente de reticulación con agitación uniforme. Luego, la mezcla resultante se revistió sobre ambos lados del colector de corriente de metal, seguido de secado a 85°C para obtener un revestimiento de seguridad.

##### 2) Capa de material activo positivo

Luego, el 90 % en peso de un material activo positivo, el 5 % en peso de SP y el 5 % en peso de PVDF se mezclaron con NMP como disolvente con agitación uniforme, que luego se revistió sobre el revestimiento de seguridad del colector de corriente preparado según el método anterior seguido de secado a 85°C para obtener una capa de material activo positivo.

## 5 3) Montaje

Luego, el colector actual con dos capas de material activo positivo se prensó en frío, luego se recortó, cortó y decapó, seguido de secado al vacío a 85°C durante 4 horas. Después de la soldadura, se obtuvo la placa de electrodo positivo que cumple con los requisitos de la batería secundaria.

Los principales materiales usados en los ejemplos específicos fueron los siguientes:

- 10           Ligante: PVDF (Fabricante "Solvay", modelo 5130), PVDC;  
               Agente de reticulación: acrilonitrilo, tetraisocianato, polietilenglicol;  
               Material conductor (agente conductor): Super-P (TIMCAL, Suiza, abreviado como SP);  
               Colector de corriente: aluminio en forma de lámina de 12 μm de espesor. El colector de corriente tiene un alargamiento a la rotura del 3 %.
- 15           Material de relleno inorgánico: alúmina, fosfato de hierro y litio (abreviado como LFP), fosfato de hierro y litio modificado con revestimiento de carbono (abreviado como LFP/C), titanato de litio modificado con revestimiento de carbono (abreviado como  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}/\text{C}$ );  
               Material activo positivo: NCM811 ( $\text{LiNi}_{0,8}\text{Co}_{0,1}\text{Mn}_{0,1}\text{O}_2$ ).

20 Los materiales anteriores eran materiales de uso común en la industria de las baterías de litio que pueden estar disponibles comercialmente a través de los proveedores correspondientes.

### 1.2 Preparación de la placa de electrodo negativo

25 La placa de electrodo negativo se preparó de la siguiente manera: el material activo de grafito, el agente conductor Super-P, el espesante CMC, el ligante SBR se añadieron al agua desionizada como disolvente a una relación de masa de 96,5:1,0:1,0:1,5 para formar una suspensión de ánodo; luego la suspensión se revistió sobre la superficie del colector de corriente de metal del electrodo negativo en forma de lámina de cobre y se secó a 85°C, luego se recortó, cortó y decapó, seguido de secado al vacío a 110°C durante 4 horas. Después de la soldadura, se obtuvo la placa del electrodo negativo que cumple con los requisitos de la batería secundaria.

### 1.3 Preparación del electrolito

30 Se mezclaron carbonato de etileno (carbonato de etileno, EC, por sus siglas en inglés), carbonato de metilo y etilo (carbonato de metilo y etilo, EMC, por sus siglas en inglés) y carbonato de dietilo (carbonato de dietilo, DEC, por sus siglas en inglés) a una relación de volumen de 3:5:2 para obtener un disolvente mixto de EC/EMC/DEC, seguido de disolución de la sal de litio completamente seca  $\text{LiPF}_6$  en el disolvente orgánico mixto a una concentración de 1 mol/L para preparar un electrolito.

### 1.4 Preparación de la batería

35 Se usó una película de polipropileno con un espesor de 12 μm como separador, y la placa de electrodo positivo, el separador y la placa de electrodo negativo se apilaron en orden, de modo que el separador quedó intercalado entre la placa del electrodo positivo y la placa del electrodo negativo, y luego la pila se enrolló en un núcleo de batería vacío. Después de calentar en un horno a vacío a 75°C durante 10 h, se inyectó el electrolito (preparado como se describe en "Preparación del electrolito" de arriba) y luego se envasó al vacío y se dejó reposar durante 24 h. Después de eso,  
 40 el núcleo de batería se cargó a 4,2 V con una corriente constante de 0,1 C y luego se cargó con un voltaje constante de 4,2 V hasta que la corriente cayó a 0,05 C y luego se descargó a 3,0 V con una corriente constante de 0,1 C. Los procesos de carga y descarga anteriores se repitieron dos veces. Finalmente, el núcleo de batería se cargó a 3,8 V con una corriente constante de 0,1 C, completando así la preparación de la batería secundaria.

## 2. Pruebas para el rendimiento del material

45 En cada uno de los Ejemplos y Ejemplos Comparativos se midieron los parámetros de propiedades físicas de los materiales mediante el método común en la técnica, a menos que se especifique lo contrario.

Se probaron algunos parámetros específicos usando los siguientes métodos.

### 2.1 Tamaño de partícula

La muestra de polvo se dispersó en un medio de dispersión (agua destilada), que se midió con analizador de tamaño de partícula con láser MS2000 de Malvern por 5 veces y se promedió en unidades de  $\mu\text{m}$ .

## 2.2 Superficie específica BET

5 El área de superficie específica de la muestra de polvo del material de prueba se midió con medidor de superficie específica Quadrasorb SI por 5 veces y se promedió en unidades de  $\text{m}^2/\text{g}$ .

## 2.3 Fuerza de unión entre la capa de película y el colector de corriente

10 La placa de electrodo que contenía una capa de película en ambos lados del colector de corriente se cortó en una muestra a ensayar con una anchura de 2 cm y una longitud de 15 cm. Un lado de la muestra a ensayar se adhirió uniformemente a una placa de acero inoxidable a  $25^\circ\text{C}$  bajo presión normal usando cinta adhesiva de doble cara de 3M. Se fijó un extremo de la muestra a ensayar en una máquina de tracción GOTECH, y la capa de película de la muestra a ensayar se desprendió del colector de corriente usando la máquina de tracción GOTECH, en donde se leyó la fuerza de tracción máxima según el diagrama de datos de la fuerza de tracción y el desplazamiento. El valor resultante (en unidades de N) se dividió por el ancho de la muestra, es decir, 0,02 m, para calcular la fuerza de unión (N/m).

## 15 2.4 Alargamiento a la rotura del colector de corriente

20 Se tomaron dos muestras de 200 mm de largo y 15 mm de ancho del colector de corriente, cuyo espesor se midió mediante un micrómetro en  $\mu\text{m}$ . A continuación, la muestra se montó en una máquina de tracción (modelo AI7000) y se estiró a 50 mm/min. Se promediaron los resultados de dos pruebas. Se registra la longitud inicial  $L_0$  y se pone en marcha la máquina de tracción, hasta que la muestra se rompe, y se lee el desplazamiento  $L_1$  de la muestra en el punto de rotura en la máquina de tracción. Alargamiento a la rotura =  $(L_1 - L_0)/L_0 * 100\%$ .

## 2.5 Espesor del colector de corriente, espesor del revestimiento y espesor de la capa de película

Se midió el espesor del colector de corriente con un micrómetro en 5 puntos y se promedió.

25 Espesor del revestimiento y el espesor de la capa de película: primero se mide el espesor del colector de corriente y luego se mide el espesor total del colector de corriente con el revestimiento. La diferencia entre los dos valores se usó como el espesor del revestimiento. Se usó un método similar para el espesor de la capa de película.

## 2.6 Agrietamiento del revestimiento

30 Después de secar y obtener una capa de material activo positivo, si no se observaron grietas en los  $100\text{ m}^2$  de placa de electrodo, se definió como sin agrietamiento; si el número de ocurrencia de grietas en  $100\text{ m}^2$  de placa de electrodo era  $\leq 3$ , se definió como agrietamiento leve; si el número de ocurrencia de grietas en  $100\text{ m}^2$  de placa de electrodo era  $> 3$ , se definió como agrietamiento severo.

## 2.7 Alargamiento de la capa de película

35 Eliminación del colector de corriente de la placa de electrodo: se saca la placa de electrodo positivo del núcleo de la batería y se añade el electrolito, de modo que la placa de electrodo quede completamente empapada en el electrolito, que se almacenó a  $90^\circ\text{C}$  durante más de 48 h, y luego se saca. Después de eso, la capa de película de la placa de electrodo positivo se puede despegar del colector de corriente.

40 La capa de película resultante se usó para preparar una muestra con una anchura de 20 mm y una longitud de 50 mm, cuyo espesor se midió con un micrómetro en  $\mu\text{m}$ . A continuación, la muestra se montó en una máquina de tracción (modelo AI7000) y se estiró a 50 mm/min. Se inicia la prueba de tracción hasta que se rompa la muestra. Se registró la longitud inicial  $L_0$ . El desplazamiento  $L_1$  de la muestra en la rotura se leyó en la máquina de tracción. El alargamiento =  $(L_1 - L_0)/L_0 * 100\%$ .

## 3. Prueba del rendimiento de la batería

Los rendimientos de seguridad de las baterías secundarias de varios Ejemplos y Ejemplos Comparativos se evaluaron usando GBT31485-2015 "Requisitos de seguridad y métodos de prueba para la batería de tracción de vehículos eléctricos", y se registraron los resultados de la prueba.

### 45 3.1 Prueba de punción:

50 La batería secundaria se cargó por completo al voltaje de corte de carga con una corriente de 1 C y luego se cargó con un voltaje constante hasta que la corriente cayó a 0,05 C. Después de eso, se terminó la carga. Se usó una aguja de acero resistente a altas temperaturas de  $\varnothing 5-10\text{ mm}$  (su punta tenía un ángulo cónico de  $45^\circ$ ) para punzonar la placa de la batería a una velocidad de 25 mm/s en la dirección perpendicular a la placa de la batería. La posición de la punción debe estar cerca del centro geométrico de la superficie a punzonar, la aguja de acero permaneció en la batería y luego se observa si la batería tenía una indicación de quema o explosión.

3.2 Prueba de sobrecarga:

5 La batería secundaria se cargó por completo al voltaje de corte de carga con una corriente de 1 C y luego se cargó con un voltaje constante hasta que la corriente cayó a 0,05 C. Después de eso, se terminó la carga. Luego, después de cargar con una corriente constante de 1 C para alcanzar 1,5 veces el voltaje de corte de carga o después de cargar con una corriente constante de 1 C durante 1 hora, se terminó la carga.

3.3 Prueba del rendimiento del ciclo:

Las condiciones de prueba para la prueba del rendimiento del ciclo fueron las siguientes: la batería secundaria se sometió a una prueba de ciclo de 1C/1C a 25°C en la que el intervalo de voltaje de carga y descarga fue de 2,8 a 4,2 V. La prueba finalizó cuando la capacidad se atenuaba al 80 % de la primera capacidad específica de descarga.

10 3.4 Prueba del efecto PTC

15 La batería secundaria se cargó por completo al voltaje de corte de carga con una corriente de 1 C y luego se cargó con voltaje constante hasta que la corriente se redujo a 0,05 C. Después de eso, se terminó la carga y se probó la resistencia de CC del núcleo de la batería (descargando con una corriente de 4 C durante 10 s). Luego, el núcleo de la batería se colocó a 130°C durante 1 hora, luego se probó la resistencia de CC y se calculó la velocidad de crecimiento de la resistencia de CC. Luego, el núcleo de la batería se colocó a 130°C durante 2 h, seguido de la prueba de la resistencia de CC y se calculó la velocidad del crecimiento de la resistencia de CC.

3.5 Prueba de la DCR

La batería secundaria se ajustó al 50 % de SOC con una corriente de 1 C a 25°C, y se registró el voltaje U1. Luego, se descargó con una corriente de 4 C durante 30 segundos y se registró el voltaje U2.  $DCR = (U1-U2)/4C$ .

20 En la presente solicitud, para facilitar la comparación, se usó como control la DCR del núcleo de la batería en la que el material polimérico solo contenía PVDF no reticulado, y se registró como el 100 %, y se calcularon y registraron la DCR de los otros núcleos de batería y su relación.

4. Resultados de la prueba de rendimiento

4.1 Rendimiento de protección (efecto PTC) del revestimiento de seguridad y su efecto en el rendimiento de la batería

25 Para confirmar el rendimiento de protección del revestimiento de seguridad, se prepararon el revestimiento de seguridad, la placa de electrodo positivo, la placa de electrodo negativo y la batería correspondientes con los materiales y cantidades específicos que se enumeran en la Tabla 1-1 dada a continuación según los métodos y procedimientos descritos en "1. Método de preparación", y se probaron según el método especificado en "3. Pruebas de rendimiento de la batería".

30 Para garantizar la precisión de los datos, se prepararon 4 muestras para cada batería (10 muestras para la prueba de punción) y se probaron de forma independiente. Los resultados finales de la prueba se promediaron y se muestran en la Tabla 1-2.

35 En la prueba, la placa de electrodo convencional CPlaca P se preparó con el método descrito en "1.1 Preparación de la placa de electrodo positivo", pero no se proporcionó ningún revestimiento de seguridad. Es decir, se aplicó directamente un material activo positivo sobre el colector de corriente. La placa de electrodo convencional CPlaca N se preparó según el método descrito en "1.2 Preparación de la placa de electrodo negativo".

Tabla1-1: Composiciones de las placas de electrodo

|                | Colector de corriente | Material Activo Positivo | Composición del Revestimiento de Seguridad |           |                    |           |                                |           |   | Espesor del Revestimiento de Seguridad H (µm) |
|----------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------------------|-----------|---|-----------------------------------------------|
|                |                       |                          | Material Polimérico                        |           | Material Conductor |           | Material de Relleno Inorgánico |           |   |                                               |
|                |                       |                          | Material                                   | % en peso | Material           | % en peso | Material                       | % en peso |   |                                               |
| CPlaca P       | Lámina de aluminio    | NCM811                   | /                                          | /         | /                  | /         | /                              | /         | / | /                                             |
| Placa Comp. CP | Lámina de aluminio    | NCM811                   | PVDF no reticulado                         | 90        | SP                 | 10        | /                              | /         | / | 20                                            |
| Placa 1        | Lámina de aluminio    | NCM811                   | PVDC no reticulado                         | 35        | SP                 | 10        | Alúmina                        | 55        |   | 10                                            |
| Placa 2        | Lámina de aluminio    | NCM811                   | PVDF no reticulado                         | 35        | SP                 | 10        | LFP                            | 55        |   | 3                                             |

Tabla 1-2: Rendimientos de las baterías de iones de litio

| Número de Batería | Placa de Electrodo Positivo | Placa de Electrodo Negativo | Prueba de Punción   |
|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------|
| Batería 1         | CPlaca P                    | CPlaca N                    | 0 pasa, 10 no pasan |
| Batería 2         | Placa Comp. CP              | CPlaca N                    | 2 pasan, 8 no pasan |
| Batería 3         | Placa 1                     | CPlaca N                    | 10 pasan            |
| Batería 4         | Placa 2                     | CPlaca N                    | 10 pasan            |

Tabla 1-3: Rendimiento de las baterías de iones de litio

| Número de Batería | Placa de Electrodo Positivo | Placa de Electrodo Negativo | Crecimiento de la DCR (130°C, 1h) | Crecimiento de la DCR (130°C, 2h) |
|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Batería 2         | Placa Comp. CP              | CPlaca N                    | 20 %                              | 30 %                              |
| Batería 4         | Placa 2                     | CPlaca N                    | 1200 %                            | 1500 %                            |

5 Los datos de la Tabla 1-1 y la Tabla 1-2 indicaron que el revestimiento de seguridad con PVDF o PVDC como matriz polimérica mejoraban significativamente el rendimiento de seguridad de la batería durante la penetración de clavos, especialmente en el caso donde se añadía un material de relleno inorgánico. El crecimiento de los datos de la DCR en la Tabla 1-3 indicaba que el revestimiento de seguridad compuesto por PVDF y un material conductor tuvo un efecto PTC, y la adición del material de relleno inorgánico mejoraba significativamente el crecimiento de la DCR de la batería a alta temperatura, es decir, era más notable el efecto PTC.

#### 4.2 Efecto del contenido de cada componente contenido en el revestimiento de seguridad

15 Con el fin de estudiar más a fondo el efecto del contenido de cada componente contenido en el revestimiento de seguridad, se prepararon el revestimiento de seguridad correspondiente, la placa de electrodo positivo, la placa de electrodo negativo y la batería con los materiales específicos y las cantidades enumeradas en la Tabla 3-1 dada a continuación según los métodos y procedimientos descritos en "1. Método de preparación", y luego se probaron según el método especificado en "3. Prueba de rendimiento de la batería". Para garantizar la precisión de los datos, se prepararon 4 muestras para cada batería (10 muestras para la prueba de punción o prueba de sobrecarga) y se probaron de forma independiente. Los resultados finales de la prueba se promediaron y se muestran en la Tabla 3-2.

Tabla 2-1: Composiciones de placa de electrodo

|                  | Colector de Corriente | Material Activo Positivo | Composición del Revestimiento de Seguridad |           |                    |           |                                |           |   | Espesor del Revestimiento de Seguridad H (µm) |
|------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------------------|-----------|---|-----------------------------------------------|
|                  |                       |                          | Matriz Polimérica                          |           | Material Conductor |           | Material de Relleno Inorgánico |           |   |                                               |
|                  |                       |                          | Material                                   | % en peso | Material           | % en peso | Material                       | % en peso |   |                                               |
| Placa Comp. 2-1  | Lámina de aluminio    | NCM811                   | PVDF no reticulado                         | 75        | SP                 | 20        | Alúmina                        | 5         | 8 |                                               |
| Placa 2-2        | Lámina de aluminio    | NCM811                   | PVDF no reticulado                         | 75        | SP                 | 15        | Alúmina                        | 10        | 8 |                                               |
| Placa 2-3        | Lámina de aluminio    | NCM811                   | PVDF no reticulado                         | 75        | SP                 | 10        | Alúmina                        | 15        | 8 |                                               |
| Placa 2-4        | Lámina de aluminio    | NCM811                   | PVDF no reticulado                         | 60        | SP                 | 10        | Alúmina                        | 30        | 8 |                                               |
| Placa 2-5        | Lámina de aluminio    | NCM811                   | PVDF no reticulado                         | 60        | SP                 | 8         | Alúmina                        | 32        | 8 |                                               |
| Placa 2-6        | Lámina de aluminio    | NCM811                   | PVDF no reticulado                         | 55        | SP                 | 15        | Alúmina                        | 30        | 8 |                                               |
| Placa 2-7        | Lámina de aluminio    | NCM811                   | PVDF no reticulado                         | 50        | SP                 | 25        | Alúmina                        | 25        | 8 |                                               |
| Placa 2-8        | Lámina de aluminio    | NCM811                   | PVDF no reticulado                         | 40        | SP                 | 15        | Alúmina                        | 45        | 8 |                                               |
| Placa 2-9        | Lámina de aluminio    | NCM811                   | PVDF no reticulado                         | 35        | SP                 | 5         | Alúmina                        | 60        | 8 |                                               |
| Comp. Placa 2-10 | Lámina de aluminio    | NCM811                   | PVDF no reticulado                         | 25        | SP                 | 5         | Alúmina                        | 70        | 8 |                                               |

Tabla 2-2: Rendimiento de las baterías de iones de litio

| Batería    | Electrodo Positivo | Electrodo Negativo | Prueba de punción   | Ciclo de vida (ciclo) |
|------------|--------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|
| Batería 6  | Placa Comp. 2-1    | CPlaca N           | 5 pasan, 5 no pasan | 2502                  |
| Batería 7  | Placa 2-2          | CPlaca N           | 10 pasan            | 2351                  |
| Batería 8  | Placa 2-3          | CPlaca N           | 10 pasan            | 2205                  |
| Batería 9  | Placa 2-4          | CPlaca N           | 10 pasan            | 2251                  |
| Batería 10 | Placa 2-5          | CPlaca N           | 10 pasan            | 2000                  |
| Batería 11 | Placa 2-6          | CPlaca N           | 10 pasan            | 2408                  |
| Batería 12 | Placa 2-7          | CPlaca N           | 10 pasan            | 2707                  |
| Batería 13 | Placa 2-8          | CPlaca N           | 10 pasan            | 2355                  |
| Batería 14 | Placa 2-9          | CPlaca N           | 10 pasan            | 1800                  |
| Batería 15 | Placa Comp. 2-10   | CPlaca N           | 4 pasan, 6 no pasan | 1715                  |

- 5 Los datos de la Tabla 2-1 y Tabla 2-2 muestran que: (1) Si el contenido del material de relleno inorgánico es demasiado bajo, la estabilidad del revestimiento de seguridad no es alta, por lo que el rendimiento de seguridad de la batería no se puede mejorar por completo; si el contenido del material de relleno inorgánico es demasiado alto, el contenido de la matriz polimérica es demasiado bajo, de modo que el revestimiento de seguridad no puede ejercer su efecto; (2) el material conductor tiene una gran influencia en la resistencia interna y en la polarización de la batería, por lo que afectaría al ciclo de vida de la batería. Cuanto mayor sea el contenido del material conductor, menor será la resistencia interna y la polarización de la batería, por lo que será mayor el ciclo de vida.
- 10 Se ha encontrado a través de experimentos que el intervalo de contenido apropiado para cada componente en el revestimiento de seguridad es el siguiente:
- el porcentaje en peso de la matriz polimérica es del 35 % en peso al 75 % en peso;
  - el porcentaje en peso del material conductor es del 5 % al 25 % en peso; y
  - el porcentaje en peso del material de relleno inorgánico es del 10 % en peso al 60 % en peso.
- 15 Siempre que el contenido de cada componente en el revestimiento de seguridad esté dentro del intervalo anterior, se puede lograr el efecto de mejorar la seguridad y el rendimiento eléctrico (por ejemplo, el rendimiento del ciclo) de la batería.

#### 4.3 Efecto del tipo del material de relleno inorgánico en el rendimiento de la batería

- 20 Con el fin de estudiar más a fondo el efecto de los materiales en el revestimiento de seguridad sobre los rendimientos de la placa de electrodo y de la batería, se prepararon el revestimiento de seguridad correspondiente, la placa de electrodo positivo, la placa de electrodo negativo y la batería con los materiales específicos y las cantidades enumeradas en la Tabla 3-1 dada a continuación según los métodos y procedimientos descritos en "1. Método de preparación", y se probaron según el método especificado en "3. Prueba de rendimiento de la batería". Para garantizar la precisión de los datos, se prepararon 4 muestras para cada batería (10 muestras para la prueba de punción o la
- 25 prueba de sobrecarga) y se probaron de forma independiente. Los resultados finales de la prueba se promediaron y se muestran en la Tabla 3-2.

Tabla 3-1: Composiciones de la placa de electrodo

|            | Colector de Corriente | Material Activo Positivo | Composición del Revestimiento de Seguridad |           |                    |           |                                                    |           |                      |   | Espesor del Revestimiento de Seguridad H (µm) |
|------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------------------------|-----------|--------------------|-----------|----------------------------------------------------|-----------|----------------------|---|-----------------------------------------------|
|            |                       |                          | Matriz Polimérica                          |           | Material Conductor |           | Material de Relleno Inorgánico                     |           |                      |   |                                               |
|            |                       |                          | Material                                   | % en peso | Material           | % en peso | Material                                           | % en peso | Contenido de Carbono |   |                                               |
| Placa 2-41 | Lámina de Aluminio    | NCM811                   | PVDF no reticulado                         | 60        | SP                 | 10        | Alúmina                                            | 30        | /                    | 8 |                                               |
| Placa 2-42 | Lámina de Aluminio    | NCM811                   | PVDF no reticulado                         | 60        | SP                 | 10        | LFP                                                | 30        | /                    | 8 |                                               |
| Placa 2-43 | Lámina de Aluminio    | NCM811                   | PVDF no reticulado                         | 60        | SP                 | 10        | LFP/C                                              | 30        | 1                    | 8 |                                               |
| Placa 2-44 | Lámina de Aluminio    | NCM811                   | PVDF no reticulado                         | 60        | SP                 | 10        | LFP/C                                              | 30        | 2                    | 8 |                                               |
| Placa2-45  | Lámina de Aluminio    | NCM811                   | PVDF no reticulado                         | 60        | SP                 | 10        | LFP/C                                              | 30        | 3                    | 8 |                                               |
| Placa2-46  | lámina de aluminio    | NCM811                   | PVDF no reticulado                         | 60        | SP                 | 10        | Li <sub>4</sub> Ti <sub>5</sub> O <sub>12</sub> /C | 30        | 5                    | 8 |                                               |

Tabla 3-2: Rendimiento de las baterías de iones de litio

| Batería    | Electrodo Positivo | Electrodo Negativo | Prueba de Punción | Prueba de Sobrecarga | Prueba de Ciclo (ciclo) |
|------------|--------------------|--------------------|-------------------|----------------------|-------------------------|
| Batería 46 | Placa 2-41         | CPlaca N           | 10 pasan          | 0 pasa, 10 no pasa   | 2200                    |
| Batería 47 | Placa 2-42         | CPlaca N           | 10 pasan          | 10 pasan             | 2300                    |
| batería 48 | Placa 2-43         | CPlaca N           | 10 pasan          | 10 pasan             | 2500                    |
| Batería 49 | Placa 2-44         | CPlaca N           | 10 pasan          | 10 pasan             | 2700                    |
| Batería 50 | Placa 2-45         | CPlaca N           | 10 pasan          | 10 pasan             | 2900                    |
| Batería 51 | Placa 2-46         | CPlaca N           | 10 pasan          | 10 pasan             | 3000                    |

5 Los datos de las Tablas 3-1 y 3-2 mostraron que, en comparación con otros materiales (tales como la alúmina), el material electroquímicamente activo mejoró significativamente el rendimiento de seguridad de sobrecarga de la batería. Además, el material electroquímicamente activo modificado con revestimiento de carbono mejoró aún más el ciclo de vida de la batería.

#### 4.4 Efecto de la reticulación en el rendimiento de la batería

10 El revestimiento de seguridad correspondiente, la placa de electrodo positivo, la placa de electrodo negativo y la batería se prepararon con los materiales y las cantidades específicos que se enumeran en la Tabla 4-1 dada a continuación según los métodos y procedimientos descritos anteriormente, y se probaron según el método especificado para estudiar el efecto de la reticulación en el agrietamiento del revestimiento y la DCR, los resultados se muestran en la Tabla 4-2.

Tabla 4-1: Efecto del agente de reticulación

|             | Colector de Corriente | Material Activo Positivo | Composición del Revestimiento de Seguridad |           |                    |           |                                |           |                        |                                 |                                      |                      | Agrietamiento (Velocidad de Revestimiento 50m/min) |
|-------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------------------|-----------|------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|----------------------|----------------------------------------------------|
|             |                       |                          | Matriz Polimérica                          |           | Material Conductor |           | Material de Relleno Inorgánico |           | Agente de Reticulación |                                 | Espesor de la capa subyacente H (µm) |                      |                                                    |
|             |                       |                          | Material                                   | % en peso | Material           | % en peso | Material                       | % en peso | Tipo                   | Relación al Material Polimérico |                                      |                      |                                                    |
|             |                       |                          |                                            |           |                    |           |                                |           |                        |                                 |                                      | Material             |                                                    |
| Placa 2-51  | Lámina de Aluminio    | NCM811                   | PVDF no reticulado                         | 60        | SP                 | 10        | LFP/C                          | 30        | No                     | 0                               | 8                                    | Agrietamiento Severo |                                                    |
| Lámina 2-52 | Lámina de Aluminio    | NCM811                   | PVDF reticulado                            | 60        | SP                 | 10        | LFP/C                          | 30        | Acrlonitrilo           | 0,01 %                          | 8                                    | Agrietamiento Leve   |                                                    |
| Placa 2-53  | Lámina de Aluminio    | NCM811                   | PVDF reticulado                            | 60        | SP                 | 10        | LFP/C                          | 30        | Tetraisocianato        | 0,1 %                           | 8                                    | Sin Agrietamiento    |                                                    |
| Placa 2-54  | Lámina de Aluminio    | NCM811                   | PVDF reticulado                            | 60        | SP                 | 10        | LFP/C                          | 30        | Polietilenglicol       | 0,5 %                           | 8                                    | Sin Agrietamiento    |                                                    |
| Placa 2-55  | Lámina de Aluminio    | NCM811                   | PVDF reticulado                            | 60        | SP                 | 10        | LFP/C                          | 30        | Acrlonitrilo           | 1,5 %                           | 8                                    | Sin Agrietamiento    |                                                    |
| Placa 2-56  | Lámina de Aluminio    | NCM811                   | PVDF reticulado                            | 60        | SP                 | 10        | LFP/C                          | 30        | Acrlonitrilo           | 5 %                             | 8                                    | Sin Agrietamiento    |                                                    |
| Placa 2-57  | Lámina de Aluminio    | NCM811                   | PVDC no reticulado                         | 60        | SP                 | 10        | LFP/C                          | 30        | No                     | No                              | 8                                    | Agrietamiento Severo |                                                    |
| Placa 2-58  | Lámina de Aluminio    | NCM811                   | PVDC reticulado                            | 60        | SP                 | 10        | LFP/C                          | 30        | Acrlonitrilo           | 3 %                             | 8                                    | Sin Agrietamiento    |                                                    |

5 En el caso donde la velocidad de revestimiento de la capa de material activo positivo era de 50 m/min, la matriz polimérica de la placa de electrodo 2-51 no se reticuló mediante la adición de un agente de reticulación y, por lo tanto, hubo un agrietamiento severo en la placa de electrodo. La adición de un agente de reticulación tuvo un efecto significativo en la mejora del agrietamiento de la placa de electrodo. No se produjo el agrietamiento de la placa de electrodo 2-53 a la placa de electrodo 2-56. Se realizaron experimentos similares para PVDC (placas de electrodos 2-57 y 2-58) y los resultados fueron similares. Se puede ver que la adición del agente de reticulación eliminó significativamente el agrietamiento del revestimiento de la placa de electrodo.

Tabla 4-2: Rendimiento de la batería de iones de litio

| Batería    | Electrodo Positivo | Electrodo Negativo | DCR de la Batería | Prueba de Punción |
|------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| Batería 52 | Placa 2-51         | CPlaca N           | 100 %             | 10 pasan          |
| Batería 53 | Placa 2-52         | CPlaca N           | 80 %              | 10 pasan          |
| Batería 54 | Placa 2-53         | CPlaca N           | 85 %              | 10 pasan          |
| Batería 55 | Placa 2-54         | CPlaca N           | 78%               | 10 pasan          |
| Batería 56 | Placa 2-55         | CPlaca N           | 75 %              | 10 pasan          |
| Batería 57 | Placa 2-56         | CPlaca N           | 84 %              | 10 pasan          |

10 Para la placa de electrodo 2-51, la matriz polimérica no se reticuló mediante la adición de un agente de reticulación y, por lo tanto, la matriz polimérica se hinchó mucho en el electrolito, lo que resultó en una DCR grande. La adición del agente de reticulación redujo el hinchamiento de la matriz polimérica en el electrolito y tuvo un efecto significativo en la reducción de la DCR. A partir de los resultados anteriores, se confirmó que la adición del agente de reticulación redujo significativamente la DCR de la batería.

15 Además, los datos anteriores indicaron que se puede usar PVDF/PVDC como matriz polimérica de la capa de PTC independientemente de la reticulación, y la batería obtenida tuvo un alto rendimiento de seguridad en el que el resultado de la prueba de punción es excelente, lo que indicó que el tratamiento de reticulación no afectó adversamente al efecto protector del revestimiento de seguridad. Además, en comparación con el PVDC/PVDF no reticulado, el tratamiento de reticulación mejoró el agrietamiento de la placa de electrodo, desde un agrietamiento severo hasta  
 20 ausencia de agrietamiento o agrietamiento leve. El tratamiento de reticulación puede reducir el hinchamiento de la matriz polimérica en el electrolito, reduciendo así la DCR entre un 15 % y un 25 %, mejorando así las propiedades eléctricas de la batería.

#### 4.5 Efecto del colector de corriente de metal en el rendimiento de la batería

25 Para estudiar el efecto del colector de corriente de metal en el rendimiento de la batería, se prepararon y probaron el revestimiento de seguridad correspondiente, la placa de electrodo positivo, la placa de electrodo negativo y la batería que tenían colectores de corriente con diferentes materiales con los materiales específicos y las cantidades enumeradas en la Tabla 5-1 dada a continuación según a los métodos y procedimientos descritos anteriormente. Excepto que es diferente el alargamiento a la rotura de los colectores de corriente (todos son de lámina de aluminio), las placas de electrodo (2-11, 2-12, 2-13, 2-14, 2-15) tienen cada una la misma estructura y el mismo material como  
 30 placa de electrodo 2-45, es decir, cada una de ellas tiene el mismo revestimiento de seguridad que la placa de electrodo 2-45.

Para garantizar la precisión de los datos, se prepararon 4 muestras para cada batería (10 muestras para la prueba de punción) y se probaron de forma independiente. Los resultados finales de la prueba se promediaron y se muestran en la Tabla 5-2.

35 Tabla 5-1: Composiciones de la placa de electrodo

|            | Electrodo | Alargamiento a la Rotura del Colector de Corriente | Material Activo Positivo |
|------------|-----------|----------------------------------------------------|--------------------------|
| Placa 2-11 | Positivo  | 2 %                                                | NCM811                   |
| Placa 2-12 | Positivo  | 0,5 %                                              | NCM811                   |
| Placa 2-13 | Positivo  | 0,8 %                                              | NCM811                   |
| Placa 2-14 | Positivo  | 4 %                                                | NCM811                   |

|            |          |     |        |
|------------|----------|-----|--------|
| Placa 2-15 | Positivo | 5 % | NCM811 |
|------------|----------|-----|--------|

Tabla 5-2: Rendimiento de la batería de iones de litio

| Batería    | Electrodo Positivo | Electrodo Negativo | Prueba de Punción                                |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------------------------------------|
| Batería 61 | Placa 2-11         | CPlaca N           | 10 pasan                                         |
| Batería 62 | Placa 2-12         | CPlaca N           | severamente roto para no ser convertido en celda |
| Batería 63 | Placa 2-13         | CPlaca N           | 10 pasan                                         |
| Batería 64 | Placa 2-14         | CPlaca N           | 9 pasan, 1 no pasa                               |
| Batería 65 | Placa 2-15         | CPlaca N           | 7 pasan, 3 no pasan                              |

- 5 Los datos de las Tablas 5-1 y 5-2 mostraron que el alargamiento a la rotura del colector de corriente de metal influirá en el rendimiento y el rendimiento de seguridad de la placa de electrodo y de la batería. Cuando se usa un colector de corriente de metal con un alargamiento a la rotura  $\delta \leq 4 \%$ , el revestimiento de seguridad de la presente placa de electrodo positivo es suficiente para suprimir la ocurrencia de un cortocircuito en las baterías causado por condiciones anormales tales como la penetración del clavo y, por lo tanto, permite a la batería pasar la prueba de penetración del clavo. Cuando se usa un colector de corriente de metal con un alargamiento a la rotura  $\delta > 4 \%$ , la batería no pasa la prueba de penetración del clavo. Además, cuando se usa un colector de corriente de metal con un alargamiento a la rotura  $\delta < 0,8\%$ , durante el procesamiento, tal como la compactación de las placas o la carga y descarga de la batería, puede ocurrir un fenómeno de rotura de la banda, lo que resulta en una baja tasa de superioridad e incapacidad para preparar una celda de batería. Por lo tanto, desde la perspectiva del rendimiento de seguridad y de la estabilidad, el alargamiento a la rotura  $\delta$  del colector de corriente satisface además:  $0,8 \% \leq \delta \leq 2 \%$
- 10
- 15 Los expertos en la técnica entenderán que los ejemplos de aplicación anteriores de la placa de electrodo positivo de la presente solicitud solo se ejemplifican para su uso con una batería de litio, pero la placa de electrodo positivo de la presente solicitud también se puede aplicar a otros tipos de baterías o dispositivos electroquímicos, y todavía puede producir un buen efecto técnico de la presente solicitud.
- 20 Será evidente para los expertos en la técnica que la presente solicitud se puede modificar y variar según las enseñanzas anteriores. En consecuencia, la presente solicitud no se limita a las realizaciones específicas divulgadas y descritas anteriormente, y se pretende que las modificaciones y variaciones de la presente solicitud se incluyan dentro del alcance de las reivindicaciones de la presente solicitud. Además, aunque se usa cierta terminología específica en esta memoria descriptiva, estos términos son solo para fines ilustrativos y no pretenden limitar la presente solicitud de manera alguna.

25

## REIVINDICACIONES

- 5 1.- Una placa de electrodo positivo caracterizada porque comprende un colector de corriente de metal (10), una capa de material activo positivo (14) y un revestimiento de seguridad (12) dispuesto entre el colector de corriente de metal (10) y la capa de material activo positivo (14), comprendiendo el revestimiento de seguridad (12) una matriz polimérica, un material conductor y un material de relleno inorgánico,
- en donde la matriz polimérica es una matriz polimérica de poliolefina fluorada y/o poliolefina clorada,
- en donde en base al peso total del revestimiento de seguridad, la matriz polimérica está presente en un porcentaje en peso de 35-75 % en peso, el material conductor está presente en un porcentaje en peso de 5-25 % en peso y el material de relleno inorgánico está presente en un porcentaje en peso de 10-60 % en peso,
- 10 y
- en donde el colector de corriente de metal (10) tiene un alargamiento a la rotura  $\delta$  que cumple  $0,8 \% \leq \delta \leq 2 \%$ , medido según la descripción,
- en donde la matriz polimérica del revestimiento de seguridad es poliolefina fluorada y/o poliolefina clorada con una estructura reticulada.
- 15 2.- La placa de electrodo positivo como se reivindica en la reivindicación 1, en donde la matriz polimérica se selecciona de al menos uno de poli(fluoruro de vinilideno), PVDF, PVDF modificado con ácido carboxílico, PVDF modificado con ácido acrílico, poli(cloruro de vinilideno), PVDC, PVDC modificado con ácido carboxílico, PVDC modificado con ácido acrílico, copolímero de PVDF, copolímero de PVDC.
- 20 3.- La placa de electrodo positivo como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en donde el material conductor se selecciona de al menos uno de un material conductor a base de carbono, un material metálico conductor y un material polimérico conductor.
- preferiblemente, el material conductor a base de carbono se selecciona de al menos uno de negro de carbono conductor, negro de acetileno, grafito, grafeno, nanotubos de carbono, nanofibras de carbono;
- preferiblemente, el material metálico conductor se selecciona de al menos uno de polvo de Al, polvo de Ni y polvo de oro; y
- 25 preferiblemente, el material polimérico conductor se selecciona de al menos uno de poliolefina conductor, polipirrol conductor y polianilina conductora.
- 30 4.- La placa de electrodo positivo como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el material de relleno inorgánico se selecciona de al menos uno de un óxido metálico, un óxido no metálico, un carburo metálico, un carburo no metálico y una sal inorgánica, o al menos uno de un material anterior modificado con revestimiento de carbono conductor, un material anterior modificado con un revestimiento metálico conductor, o un material anterior modificado con un revestimiento polimérico conductor;
- Preferiblemente, el material de relleno inorgánico del revestimiento de seguridad es al menos uno de óxido de magnesio, óxido de aluminio, dióxido de titanio, óxido de circonio, dióxido de silicio, carburo de silicio, carburo de boro, carbonato de calcio, silicato de aluminio, silicato de calcio, titanato de potasio, sulfato de bario, óxido de cobalto y litio, óxido de cobalto, manganeso, níquel y litio, alúmina de manganeso, níquel y litio, fosfato de hierro y litio, fosfato de vanadio y litio, fosfato de cobalto y litio, fosfato de manganeso y litio, fosfato de hierro, manganeso y litio, silicato de hierro y litio, silicato de vanadio y litio, silicato de cobalto y litio, silicato de manganeso y litio, óxido de manganeso, litio y espinela, óxido de manganeso, níquel, litio y espinela y titanato de litio, o un material anterior modificado con revestimiento de carbono conductor, un material anterior modificado con revestimiento metálico conductor, un material anterior modificado con revestimiento polimérico conductor;
- 35 preferiblemente la material de relleno inorgánico tiene un diámetro medio de partícula D de  $100 \text{ nm} \leq D \leq 10 \mu\text{m}$ , y
- 40 preferiblemente el material de relleno inorgánico tiene un área de superficie específica Brunner-Emmet-Teller, BET, de no más de  $500 \text{ m}^2/\text{g}$ .
- 45 5.- La placa de electrodo positivo como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde la matriz polimérica está presente en un porcentaje en peso del 50 % en peso al 75 % en peso, el material conductor está presente en un porcentaje en peso del 5 % en peso al 20 % en peso y el material de relleno inorgánico está presente en un porcentaje en peso del 15 % en peso al 45 % en peso.
- 50 6.- La placa de electrodo positivo como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde el colector de corriente de metal tiene un espesor de  $4 \mu\text{m}$  a  $16 \mu\text{m}$ .

- 5 7.- La placa de electrodo positivo como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la capa de material activo positivo y el revestimiento de seguridad juntos forman una capa de película y la capa de película tiene un alargamiento a la rotura, medido según el respectivo método en la descripción, del 30 % o más, preferentemente del 80 % o más; preferiblemente, la capa de película tiene una fuerza de unión de 10 N/m o más con el colector de corriente de metal.
- 8.- La placa de electrodo positivo como se reivindica en la reivindicación 7, en donde la capa de película tiene un espesor de un solo lado de 30  $\mu\text{m}$  a 80  $\mu\text{m}$ .
- 10 9.- Un dispositivo electroquímico que comprende la placa de electrodo positivo como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que es un condensador, una batería primaria o una batería secundaria, preferiblemente una batería de iones de litio.
- 10.- Un módulo de baterías que comprende la batería según se reivindica en la reivindicación 9.
- 11.- Un paquete de batería que comprende el módulo de baterías según se reivindica en la reivindicación 10.
- 15 12.- Un dispositivo que comprende la batería como se reivindica en la reivindicación 9, en donde la batería se usa como una fuente de energía del dispositivo; preferiblemente, el dispositivo comprende vehículos eléctricos, vehículos eléctricos híbridos, vehículos eléctricos híbridos enchufables, bicicletas eléctricas, scooters eléctricos, carros de golf eléctricos, camiones eléctricos, barcos eléctricos o sistemas de almacenamiento de energía.

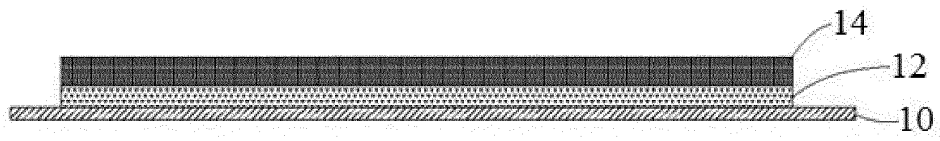


Fig.1

**5**

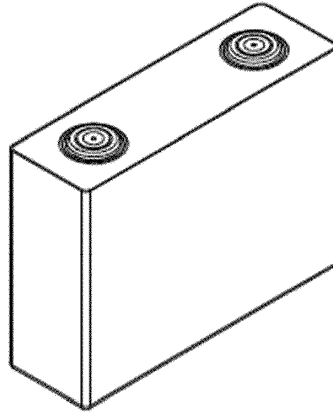


Fig.2

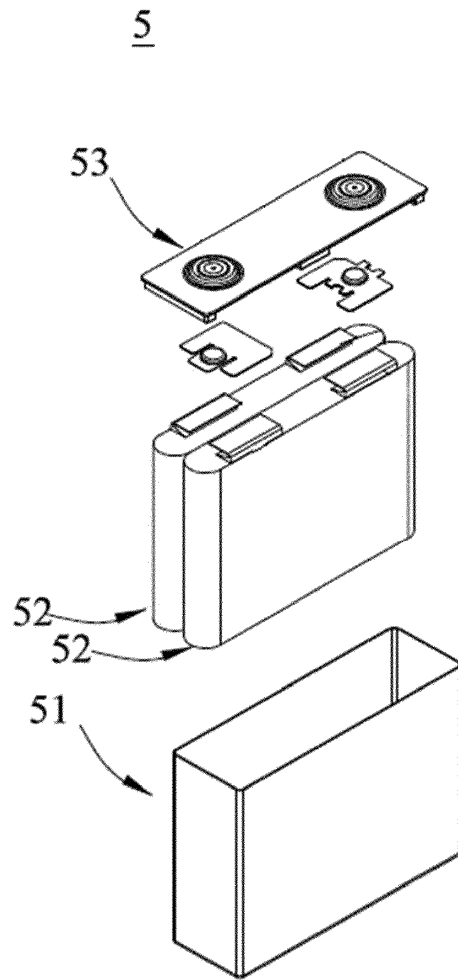


Fig. 3

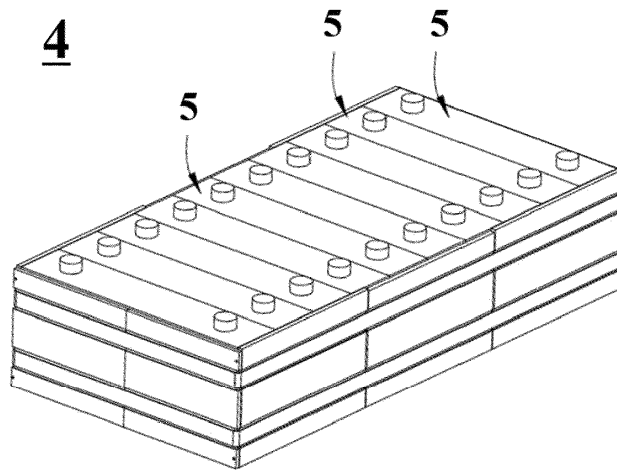


Fig. 4

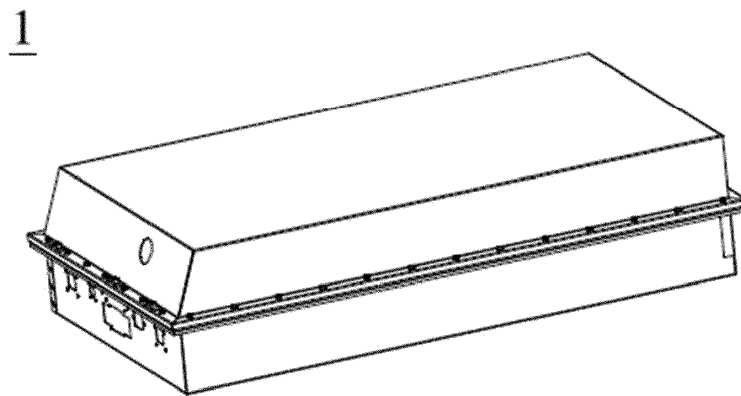


Fig. 5

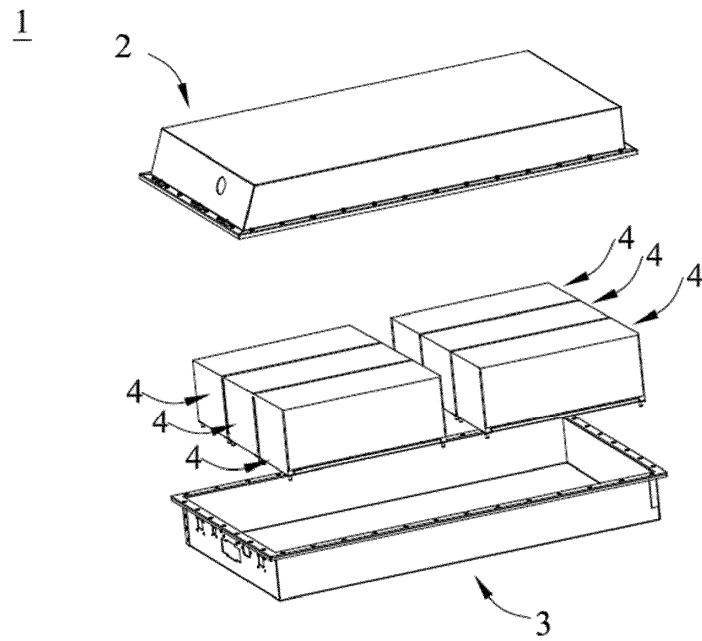


Fig. 6

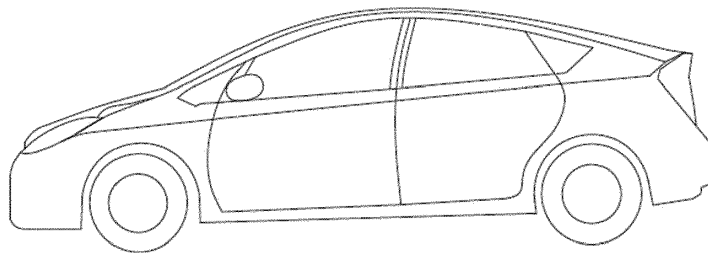


Fig. 7