

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 993 244**

51 Int. Cl.:

H01M 50/449 (2011.01)

H01M 10/0525 (2010.01)

H01M 10/0567 (2010.01)

H01M 50/417 (2011.01)

H01M 50/457 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.03.2020** **PCT/CN2020/077802**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.11.2020** **WO20224316**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.03.2020** **E 20712425 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.07.2024** **EP 3966880**

54 Título: **Dispositivo electroquímico**

30 Prioridad:

07.05.2019 CN 201910374230

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
26.12.2024

73 Titular/es:

NINGDE AMPEREX TECHNOLOGY LIMITED
(100.00%)

No. 1 XinGang Road ZhangWan Town JiaoCheng
District
Ningde City, Fujian Province 352100, CN

72 Inventor/es:

PENG, XIEXUE;
ZHENG, JIANMING;
TANG, CHAO y
NAN, HAIYANG

74 Agente/Representante:

DURAN-CORRETJER, S.L.P

ES 2 993 244 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

Dispositivo electroquímico

5 ESTADO DE LA TÉCNICA ANTERIOR

1. Sector técnico

10 La presente solicitud se refiere a un dispositivo electroquímico, y más en particular a un dispositivo electroquímico que comprende un separador y un electrolito.

2. Descripción del estado de la técnica anterior

15 Las baterías de iones de litio han ganado mucha atención debido a características tales como alta densidad de energía, bajo coste de mantenimiento, autodescarga relativamente baja, largo ciclo de vida, sin efecto memoria, alto voltaje de trabajo y respeto al medio ambiente. Se utilizan ampliamente en los sectores de productos inteligentes (incluidos productos electrónicos como teléfonos móviles, ordenadores portátiles y cámaras), herramientas eléctricas y vehículos eléctricos, y han reemplazado gradualmente las baterías convencionales de níquel-cadmio y de níquel-hidruro metálico. Sin embargo, como la tecnología se ha desarrollado rápidamente y los requisitos del mercado se han diversificado, existen más demandas en las fuentes de alimentación de los productos electrónicos, por ejemplo, productos más delgados y livianos, apariencia más diversa, mayor densidad de energía de volumen y densidad de energía de masa, mayores requisitos de seguridad, mayor potencia y similares.

25 El documento de Patente US 2008/220336 A1 da a conocer un electrolito para una batería de litio recargable, que incluye un solvente orgánico no acuoso que incluye entre 10 y 20 % en volumen de carbonato cíclico, un compuesto a base de dinitrilo y una sal de litio. El electrolito puede evitar una caída de voltaje cuando la batería de litio recargable está expuesta a altas temperaturas durante un largo período de tiempo.

30 El documento de Patente JP 5 369568 B2 se refiere a una batería de electrolito no acuoso con características mejoradas de alta temperatura. Un electrodo positivo incluye partículas recubiertas equipadas con un óxido compuesto de litio que tiene al menos litio y metal de transición, y una capa recubierta ajustada al menos en una parte de la superficie del óxido compuesto de litio. Un separador tiene una solución electrolítica impregnada como electrolito fluido. La solución electrolítica contiene un compuesto alifático con un grupo ciano.

40 El documento de Patente US 2016/301103 A1 da a conocer un electrolito para una batería secundaria de litio de alto voltaje y una batería secundaria de litio de alto voltaje que lo contiene, así como un electrolito para una batería secundaria de litio de alto voltaje que no se puede oxidar ni descomponer al momento de mantenerse a un alto voltaje y una alta temperatura para evitar la hinchazón de una batería a través de la supresión de la generación de gas, teniendo así excelentes características de almacenamiento a alta temperatura y excelentes características de descarga a baja temperatura mientras se disminuye la tasa de aumento del espesor de la batería.

45 En condiciones de sobrecarga, las baterías utilizadas convencionalmente son propensas a generar gas y calor, lo que provoca un posible riesgo de seguridad. Además, en condiciones de alta temperatura, el electrolito de la batería tendrá más efectos secundarios, lo que provocará una fuga térmica de la batería y causará problemas de seguridad tales como una explosión o un incendio en la batería. En la actualidad, se presta cada vez más atención a cómo mejorar la capacidad de la batería y al mismo tiempo equilibrar los problemas de seguridad (como la sobrecarga y la caja caliente).

50 CARACTERÍSTICAS DE LA INVENCION

55 La presente solicitud da a conocer un dispositivo electroquímico, que incluye un electrolito y un separador. El inventor ha descubierto sorprendentemente que la combinación de un electrolito específico y un separador utilizado en la presente solicitud puede mejorar sustancialmente el rendimiento de sobrecarga, el rendimiento de la caja caliente y el rendimiento de ciclos de la batería.

60 La presente invención se define en las reivindicaciones adjuntas.

Se describirán o mostrarán aspectos y ventajas adicionales de las realizaciones de la presente solicitud en la siguiente descripción o se ilustrarán mediante la implementación de los ejemplos de la presente solicitud.

65 DESCRIPCIÓN DETALLADA

A continuación se describen en detalle las realizaciones de la presente solicitud. Las realizaciones de la

presente solicitud no deben interpretarse como una limitación para la presente solicitud.

A menos que se indique expresamente lo contrario, los siguientes términos utilizados en este documento tienen los significados que se indican a continuación.

El término "aproximadamente" se utiliza para describir y explicar cambios menores. Cuando se utiliza junto con un evento o situación, este término puede referirse a ejemplos en los que el evento o situación ocurre exactamente y a ejemplos en los que el evento o situación ocurre muy de cerca. Por ejemplo, cuando se utiliza junto con un valor numérico, este término puede referirse a un rango de variación de menos o igual a $\pm 10\%$ del valor numérico, como menos o igual a $\pm 5\%$, menos o igual a $\pm 4\%$, menos o igual a $\pm 3\%$, menos o igual a $\pm 2\%$, menos o igual a $\pm 1\%$, menos o igual a $\pm 0,5\%$, menos o igual a $\pm 0,1\%$ o menos o igual a $\pm 0,05\%$. Además, en ocasiones las cantidades, proporciones y otros valores numéricos se presentan en el presente documento en formato de rango. Se debe entender que dichos formatos de rango son para conveniencia y brevedad, y deben interpretarse de manera flexible, e incluir no solo aquellos valores numéricos que están específicamente designados como limitaciones del rango, sino también todos los valores numéricos individuales o subrangos que están dentro del rango, ya que cada valor numérico y subrango se especifica explícitamente.

En la descripción detallada y las reivindicaciones, una lista de elementos conectados por el término "uno de" o términos similares puede significar cualquiera de los elementos enumerados. Por ejemplo, si se enumeran los elementos A y B, la frase "uno de A y B" significa solo A o solo B. En otro ejemplo, si se enumeran los elementos A, B y C, la frase "uno de A, B y C" significa solo A, solo B o solo C. El elemento A puede incluir un solo componente o varios componentes. El elemento B puede incluir un solo componente o varios componentes. El elemento C puede incluir un solo componente o varios componentes.

En la descripción detallada y las reivindicaciones, una lista de elementos conectados por el término "al menos uno de" o términos similares puede significar cualquier combinación de los elementos enumerados. Por ejemplo, si se enumeran los elementos A y B, la frase "al menos uno de A y B" significa solo A; solo B; o A y B. En otro ejemplo, si se enumeran los elementos A, B y C, la frase "al menos uno de A, B y C" significa solo A; o solo B; solo C; A y B (excluyendo C); A y C (excluyendo B); B y C (excluyendo A); o todos los elementos A, B y C. El elemento A puede incluir un solo componente o varios componentes. El elemento B puede incluir un solo componente o varios componentes. El elemento C puede incluir un solo componente o varios componentes.

En las realizaciones y reivindicaciones específicas, en cuanto a la expresión del número de carbono, es decir, los números detrás de la letra mayúscula "C", por ejemplo, en "C₁-C₂₀", y "C₃-C₂₀", los números detrás de "C", por ejemplo, "1", "3" y "20" representan el número de carbonos en el grupo funcional. Es decir, el grupo funcional puede incluir respectivamente de 1 a 20 átomos de carbono y de 3 a 20 átomos de carbono. Por ejemplo, "alquilo C₁-C₄" se refiere a alquilo con 1 a 4 átomos de carbono, como CH₃-, CH₃CH₂-, CH₃CH₂CH₂-, (CH₃)₂CH-, CH₃CH₂CH₂CH₂-, CH₃CH₂CH(CH₃)- o (CH₃)₃C-.

Los términos "hidrocarbonilo", "alquilo", "alquilenilo", "arilo" y "heteroarilo" son grupos conocidos en la técnica. En algunas realizaciones, "hidrocarbonilo", "alquilo", "alquilenilo", "arilo" y "heteroarilo" pueden adoptar definiciones técnicas registradas en la solicitud de Patente china CN 109301326A.

El término "alcoxilo" se refiere al grupo L-O, donde L es alquilo, alquilenilo, alquinilo, cicloalquilo y arilo. En este documento, alcoxilo puede ser alcoxilo con 1 a 20 átomos de carbono, y también puede ser alcoxilo con 1 a 15 átomos de carbono, alcoxilo con 1 a 10 átomos de carbono, alcoxilo con 1 a 5 átomos de carbono, alcoxilo con 5 a 20 átomos de carbono, alcoxilo con 5 a 15 átomos de carbono o alcoxilo con 5 a 10 átomos de carbono.

El término "cicloalquilo" abarca alquilos cíclico. El cicloalquilo puede ser cicloalquilo -C₃-C₂₀, cicloalquilo -C₆-C₂₀, cicloalquilo -C₃-C₁₀ y cicloalquilo -C₃-C₆. Por ejemplo, el cicloalquilo puede ser ciclopropilo, ciclobutilo, ciclopentilo, ciclohexilo y similares. Además, el cicloalquilo puede estar opcionalmente sustituido.

El término "alquilenilo" se refiere a un grupo hidrocarbilo insaturado monovalente que puede ser de cadena lineal o de cadena ramificada y tiene al menos uno y generalmente uno, dos o tres enlaces dobles carbono-carbono. A menos que se defina lo contrario, el alquilenilo generalmente contiene de 2 a 20, de 2 a 15, de 2 a 10, de 2 a 6 o de 2 a 4 átomos de carbono e incluye (por ejemplo) alquilenilo -C₂₋₄, alquilenilo -C₂₋₆ y alquilenilo -C₂₋₁₀. Los alquilenilos representativos incluyen (por ejemplo) etenilo, n-propenilo, isopropenilo, n-2-butenilo, 3-butenilo, n-3-hexenilo y similares. Además, el alquilenilo puede estar opcionalmente sustituido.

El término "alquinilo" se refiere a un grupo hidrocarbilo insaturado monovalente que puede ser de cadena lineal o de cadena ramificada y que tiene al menos uno y normalmente uno, 2 o 3 enlaces triples carbono-carbono. A menos que se defina lo contrario, el alquinilo generalmente contiene de 2 a 20, de 2 a 15, de 2 a 10, de 3 a 10, de 3 a 6 o de 2 a 4 átomos de carbono e incluye, por ejemplo, alquinilo -C₂-C₄, alquinilo -C₃-C₆

y alquinilo $-C_3-C_{10}$. El alquinilo representativo incluye, por ejemplo, etinilo, 2-propinilo (n-propinilo), n-2-butinilo, n-3-hexinilo y similares. Además, el alquinilo puede estar opcionalmente sustituido.

El término "alquenileno" se refiere a un grupo difuncional que se obtiene al eliminar un átomo de hidrógeno del alquenilo definido anteriormente. El alquenileno preferente incluye, pero no se limita a, $-CH=CH-$, $-C(CH_3)=CH-$, $-CH=CHCH_2-$ y similares. El término "arilo" se refiere a un hidrocarburo aromático monovalente que tiene un anillo monocíclico (por ejemplo, fenilo) o fusionado. Los sistemas de anillos fusionados incluyen sistemas de anillos completamente insaturados (por ejemplo, naftaleno) y sistemas de anillos parcialmente insaturados (por ejemplo, 1,2,3,4-tetrahidronaftaleno). A menos que se defina lo contrario, el arilo normalmente contiene de 6 a 26, de 6 a 20, de 6 a 15 o de 6 a 10 átomos de anillo de carbono e incluye, por ejemplo, arilo $-C_6-10$. El arilo representativo incluye, por ejemplo, fenilo, metilfenilo, propilfenilo, isopropilfenilo, bencilo, 1-naftalenilo, 2-naftalenilo y similares.

El término "heterociclo" o "grupo heterocíclico" se refiere a un hidrocarburo monocíclico no aromático de 5 a 8 miembros, sustituido o no sustituido, o a un hidrocarburo bicíclico no aromático de 5 a 8 miembros, en el que de 1 a 3 átomos de carbono están reemplazados por uno o más heteroátomos seleccionados entre un átomo de nitrógeno, oxígeno, fósforo o azufre. Los ejemplos incluyen 2-pirrolidinilo; 3-pirrolidinilo; piperidinilo; 4-morfolinilo y similares, y estos grupos pueden sustituirse posteriormente.

Tal como se utiliza en el presente documento, el término "heteroátomo" se refiere a O, S, P, N, B o isómeros de los mismos.

Tal como se utiliza en el presente documento, el término "halógeno" puede ser F, Cl, Br o I.

Tal como se utiliza en el presente documento, el término "ciano" abarca un organismo que contiene el grupo orgánico $-CN$.

El término "sustituido o no sustituido" significa que un grupo particular no está sustituido o está sustituido con uno o más sustituyentes. Cuando se sustituyen las sustituciones anteriores, el grupo para sustituir puede seleccionarse de un grupo que consiste en halógeno, alquilo, cicloalquilo, alquenilo, arilo y heteroarilo.

La presente solicitud da a conocer un dispositivo electroquímico, que incluye el electrolito y el separador compuesto de acuerdo con la presente solicitud. A continuación se ilustrarán las realizaciones específicas del electrolito y del separador compuesto.

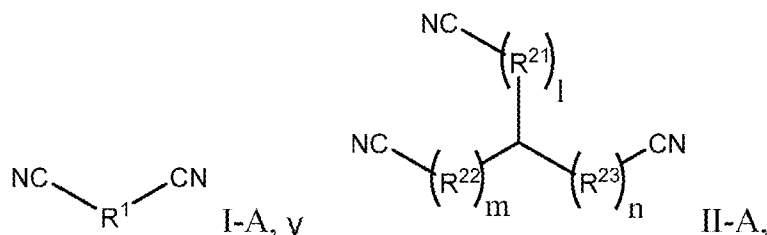
I. Electrolito

1. Compuesto que contiene de 2 a 3 grupos ciano

El electrolito del dispositivo electroquímico de la presente solicitud comprende el compuesto que contiene de 2 a 3 grupos ciano que se describe a continuación.

El uso combinado del compuesto que contiene de 2 a 3 grupos ciano y el separador de la presente solicitud puede reducir la descomposición del electrolito sobre la superficie de un electrodo durante el proceso de sobrecarga y el proceso de caja caliente, y ralentizar el aumento de temperatura. Además, cuando la temperatura aumenta hasta un valor determinado, la transferencia de iones de litio se restringirá o se evitará por completo y se evita una mayor sobrecarga, previniendo así el descontrol térmico y mejorando las propiedades de sobrecarga y de caja caliente.

En algunas realizaciones, el electrolito en el dispositivo electroquímico incluye al menos un compuesto que contiene de 2 a 3 grupos ciano seleccionados de las siguientes fórmulas:



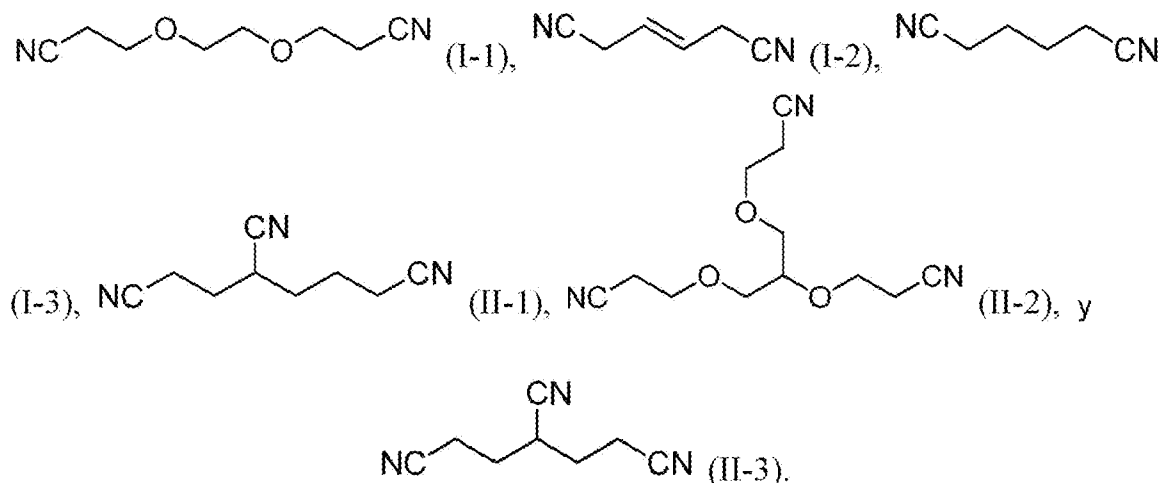
en las que, R^1 , R^{21} , R^{22} , R^{23} se seleccionan cada uno independientemente de alquilenilo C_1-C_{10} sustituido o no sustituido, alquilenoxi C_1-C_{10} sustituido o no sustituido, alquenilo C_2-C_{10} sustituido o no sustituido, arilo C_6-C_{10} sustituido o no sustituido y cicloalquilo C_3-C_{10} sustituido o no sustituido; n , m y l se seleccionan respectivamente independientemente de 0 o 1, y al menos dos de los cuales no son 0.

En algunas realizaciones, los átomos de carbono en R^1 , R^{21} , R^{22} y R^{23} pueden reemplazarse opcionalmente con heteroátomos seleccionados entre O, S y P, y cuando están sustituidos, se refiere a estar sustituidos por átomos de flúor.

En algunas realizaciones, en los compuestos de las fórmulas I-A y II-A mencionadas anteriormente, R^1 se selecciona de alquileo C_2-C_5 sustituido o no sustituido, y alquileo C_2-C_6 sustituido o no sustituido, y los átomos de carbono en R^1 se reemplazan opcionalmente con átomos de O; alternatively, R^{21} , R^{22} y R^{23} se seleccionan cada uno independientemente de alquileo C_2-C_5 sustituido o no sustituido, y alquileo C_2-C_6 sustituido o no sustituido, y los átomos de carbono en R^{21} , R^{22} y R^{23} se reemplazan opcionalmente con átomos de O.

En algunas realizaciones, el compuesto de la fórmula I-A mencionada anteriormente incluye, pero no se limita a al menos uno de los siguientes compuestos: metil malononitrilo, etil malononitrilo, isopropil malononitrilo, terc-butil malononitrilo, metil butanedinitrilo, 2,2-dimetil butanedinitrilo, 2,3-dimetil butanedinitrilo, 2,3,3-trimetil butanedinitrilo, 2,2,3,3-tetrametil butanedinitrilo, 2,3-dietil-2,3-dimetil butanedinitrilo, 2,2-dietil-3,3-dimetil butanedinitrilo, 2,5-dimetil-2,5-hexano dimetilnitrilo, 2,3-diisobutil-2,3-dimetil butanedinitrilo, 2,2-diisobutil-3,3-dimetilbutanodinitrilo, 2-metilglutaronitrilo, 2,3-dimetilglutaronitrilo, 2,4-dimetilglutaronitrilo, 2,2,3,3-tetrametilglutaronitrilo, 2,2,4,4-tetrametilglutaronitrilo, 2,2,3,4-tetrametilglutaronitrilo, 2,3,3,4-tetrametilglutaronitrilo, 1,4-dicianopentano, 2,6-dicianoheptano, 2,7-dicianooctano, 2,8-dicianononano, 1,6-dicianodecano, 1,2-dicianobenceno, 1,3-dicianobenceno, 1,4-dicianobenceno, 3,3'-(etilendioxi)dipropionitrilo, 3,3'-(etilenditiolo)dipropionitrilo y 3,9-bi(2-cianoetil)-2,4,8,10-tetraoxaspiro[5.5]undecano.

En algunas realizaciones, el compuesto que contiene de 2 a 3 grupos ciano según la presente solicitud incluye, pero no se limita a, al menos uno de los siguientes compuestos:



En algunas realizaciones, el compuesto que contiene de 2 a 3 grupos ciano es el compuesto de la fórmula II-1 anterior. En algunas realizaciones, el compuesto que contiene de 2 a 3 grupos ciano comprende la combinación del compuesto de la fórmula II-1 y al menos un compuesto de fórmula I-1 (DENE), fórmula I-2 (HDCN) y fórmula I-3 (AND).

En algunas realizaciones, el compuesto que contiene de 2 a 3 grupos ciano es el compuesto de la fórmula II-2 anterior. En algunas realizaciones, el compuesto que contiene de 2 a 3 grupos ciano comprende la combinación del compuesto de la fórmula II-2 y al menos un compuesto de fórmula I-1 (DENE), fórmula I-2 (HDCN) y fórmula I-3 (AND).

En algunas realizaciones, en base al peso total del electrolito, el contenido del compuesto que contiene de 2 a 3 grupos ciano es de aproximadamente 0,05 % en peso a aproximadamente 20 % en peso.

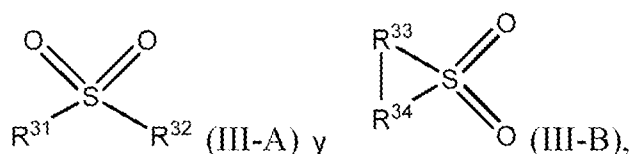
En algunas realizaciones, en base al peso total del electrolito, el contenido del compuesto que contiene de 2 a 3 grupos ciano (por ejemplo, el compuesto de fórmula II-2) es de aproximadamente 0,05 % en peso, aproximadamente 0,1 % en peso, aproximadamente 0,2 % en peso, aproximadamente 0,3 % en peso, aproximadamente 0,4 % en peso, aproximadamente 0,5 % en peso, aproximadamente 1,0 % en peso, aproximadamente 1,5 % en peso, aproximadamente 2,0 % en peso, aproximadamente 3,0 % en peso, aproximadamente 4,0 % en peso, aproximadamente 5,0 % en peso, aproximadamente 6,0 % en peso, aproximadamente 7,0 % en peso, aproximadamente 8,0 % en peso, aproximadamente 9,0 % en peso, aproximadamente 10,0 % en peso, aproximadamente 12,0 % en peso, aproximadamente 15,0 % en peso,

aproximadamente 17,0 % en peso, aproximadamente 19,0 % en peso, aproximadamente 20,0 % en peso, o un intervalo formado por dos cualquiera de los valores numéricos mencionados anteriormente.

2. Compuestos que contienen enlaces dobles azufre-oxígeno

En algunas realizaciones, el electrolito según la presente solicitud puede incluir además un compuesto que contiene dobles enlaces azufre-oxígeno. El compuesto que contiene de 2 a 3 grupos ciano, el separador y el compuesto que contiene dobles enlaces azufre-oxígeno según la presente solicitud tienen una función sinérgica de mejorar la resistencia a la oxidación del electrolito, lo que puede reducir las reacciones secundarias entre el cátodo y el electrolito. Mientras tanto, en condiciones de sobrecarga, se produce formación de película y pasivación en la superficie del ánodo, y se reducen las reacciones exotérmicas entre el metal en la superficie del ánodo y el electrolito, mejorando así el rendimiento de sobrecarga de la batería.

En algunas realizaciones, el compuesto que contiene dobles enlaces azufre-oxígeno según la presente solicitud incluye al menos uno de los compuestos de las siguientes fórmulas:

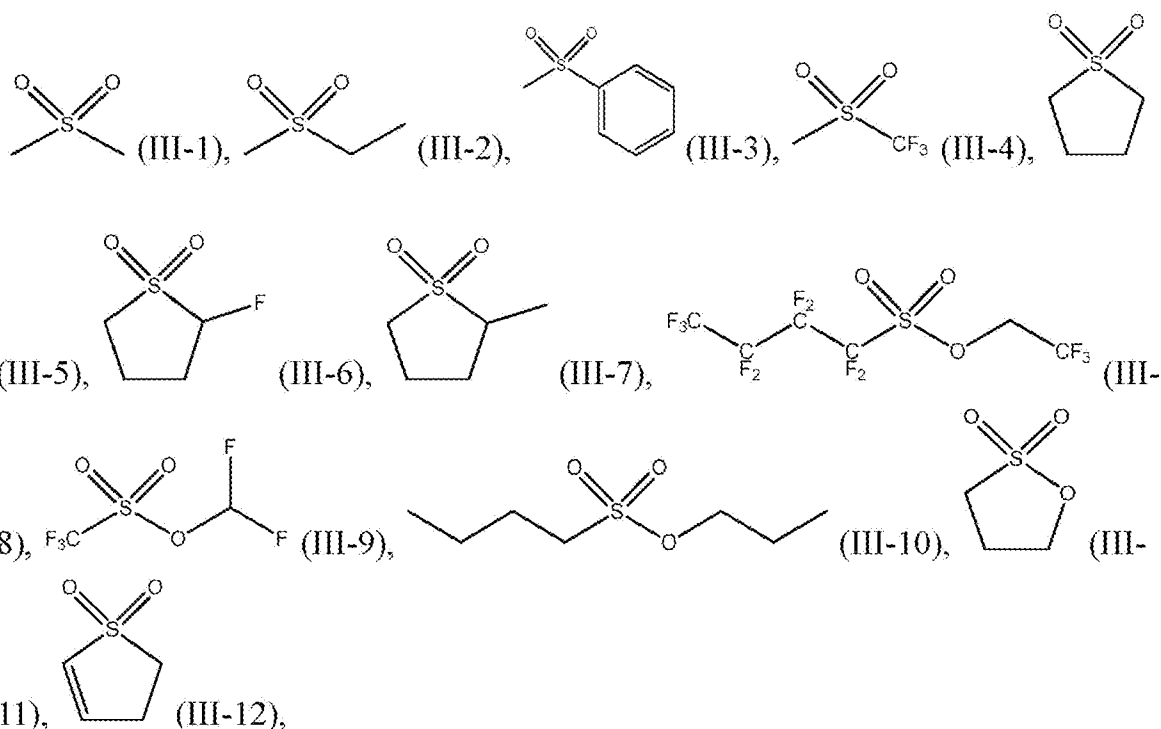


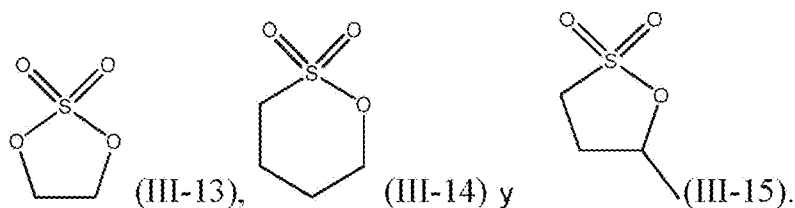
en las que

R^{31} y R^{32} se seleccionan cada uno independientemente de grupos heterocíclicos $\text{C}_1\text{-C}_5$ sustituidos o no sustituidos, alqueno $\text{C}_2\text{-C}_{10}$ sustituidos o no sustituidos, arilo $\text{C}_6\text{-C}_{10}$ sustituidos o no sustituidos y grupos heterocíclicos $\text{C}_1\text{-C}_6$ sustituidos o no sustituidos que contienen de 1 a 5 heteroátomos seleccionados de O, S y P, en las que, cuando está sustituido, se refiere a estar sustituido por uno o más grupos sustituyentes seleccionados de halógeno, nitrilo, ciano, carboxilo o grupo ácido sulfónico;

R^{33} y R^{34} se seleccionan entre alqueno $\text{C}_1\text{-C}_6$ sustituido o no sustituido, y alqueno $\text{C}_2\text{-C}_6$ sustituido o no sustituido, en donde los átomos de carbono en R^{33} y R^{34} pueden reemplazarse opcionalmente con heteroátomos seleccionados entre O, S y P; en donde, cuando está sustituido, se refiere a estar sustituido por uno o más grupos sustituyentes seleccionados entre halógeno, alquilo $\text{C}_1\text{-C}_3$ o alqueno $\text{C}_2\text{-C}_4$.

En algunas realizaciones, el compuesto que contiene dobles enlaces azufre-oxígeno en el electrolito incluye al menos uno de los compuestos de las siguientes fórmulas:





En algunas realizaciones, el compuesto que contiene dobles enlaces azufre-oxígeno utilizado en el electrolito comprende un compuesto de sulfona.

En algunas realizaciones, el compuesto que contiene dobles enlaces azufre-oxígeno se selecciona entre cualquiera de los siguientes: sulfolano (fórmula III-5), 1,3-propano sultona (fórmula III-11), alil-1,3-sultona (fórmula III-12) y sulfato de etileno (fórmula III-13).

En algunas realizaciones, en función del peso total del electrolito, el contenido del compuesto que contiene enlaces dobles azufre-oxígeno es de aproximadamente 0,01 % en peso a aproximadamente 10 % en peso. Cuando el contenido del compuesto que contiene dobles enlaces azufre-oxígeno es de aproximadamente 0,01 % en peso a aproximadamente 10 % en peso, se pueden prevenir aún más las reacciones secundarias causadas por la transferencia de electrones entre el electrolito y el electrodo y se puede mejorar la estabilidad del electrolito.

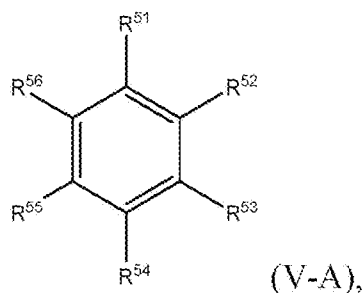
En algunas realizaciones, en función del peso total del electrolito, el contenido del compuesto que contiene dobles enlaces azufre-oxígeno en la presente solicitud es de aproximadamente 0,1 % en peso a aproximadamente 10 % en peso, de aproximadamente 0,1 % en peso a aproximadamente 9,5 % en peso, de aproximadamente 1,0 % en peso a aproximadamente 9,5 % en peso, de aproximadamente 5,0 % en peso a aproximadamente 9,5 % en peso.

En algunas realizaciones, en función del peso total del electrolito, el contenido del compuesto que contiene dobles enlaces azufre-oxígeno (por ejemplo, el compuesto de fórmula III-5) es de aproximadamente 0,01 % en peso, aproximadamente 0,1 % en peso, aproximadamente 0,2 % en peso, aproximadamente 0,3 % en peso, aproximadamente 0,4 % en peso, aproximadamente 0,5 % en peso, aproximadamente 1,0 % en peso, aproximadamente 1,5 % en peso, aproximadamente 2,0 % en peso, aproximadamente 3,0 % en peso, aproximadamente 4,0 % en peso, aproximadamente 5,0 % en peso, aproximadamente 6,0 % en peso, aproximadamente 7,0 % en peso, aproximadamente 8,0 % en peso, aproximadamente 9,0 % en peso, aproximadamente 9,5 % en peso, aproximadamente 10,0 % en peso, o un rango formado por cualquiera de los dos valores numéricos mencionados anteriormente.

3. Compuesto aromático

En algunas realizaciones, el electrolito de la presente solicitud puede incluir además un compuesto aromático. En el compuesto que contiene de 2 a 3 grupos ciano, el separador y el compuesto aromático según la presente solicitud pueden tener una función sinérgica de reducir la disminución de la conductividad causada por la sobrecarga y evitar la producción excesiva de gas en condiciones de almacenamiento a alta temperatura.

En algunas realizaciones, el compuesto aromático según la presente solicitud tiene una estructura de la siguiente fórmula V-A:



en la que R^{51} , R^{52} , R^{53} , R^{54} , R^{55} y R^{56} se seleccionan cada uno independientemente de alquilo C_1 - C_{10} sustituido o no sustituido, cicloalquilo C_3 - C_{10} sustituido o no sustituido, cicloalqueno C_3 - C_{10} sustituido o no sustituido, alqueno C_2 - C_{10} sustituido o no sustituido, arilo C_6 - C_{10} sustituido o no sustituido, y grupos heterocíclicos C_3 - C_6 sustituidos o no sustituidos, y los heteroátomos se seleccionan de O, S y P, en la que dos grupos adyacentes cualesquiera de R^{51} , R^{52} , R^{53} , R^{54} , R^{55} y R^{56} pueden formar un hidrocarburo cíclico

C₃-C₁₀; en la que, cuando está sustituido, se refiere a estar sustituido por uno o más grupos sustituyentes seleccionados entre halógeno, nitrilo, ciano, carboxilo o grupo ácido sulfónico.

En algunas realizaciones, el compuesto aromático utilizado en la presente solicitud es fluorobenceno. En algunas realizaciones, el compuesto aromático de la presente solicitud se selecciona de al menos uno de los siguientes compuestos: 2-fluorotolueno, 3-fluorotolueno, 4-fluorotolueno, 2,4-difluorotolueno, 2-fluorobifenilo, 3-fluorobifenilo, 4-fluorobifenilo, 4,4'-difluorobifenilo, 2,4-difluorobifenilo, o-ciclohexil fluorobenceno, p-ciclohexil fluorobenceno, 2,4-difluoroanisol, 2,5-difluoroanisol, 2,6-difluoroanisol y 3,5-difluoroanisol.

En algunas realizaciones, el compuesto aromático es 4-fluorotolueno (PFT), 2,4-difluorobifenilo (DFBP) o una combinación de los mismos.

En algunas realizaciones, en función del peso total del electrolito, el contenido del compuesto aromático es de aproximadamente 1,0 % en peso a aproximadamente 10 % en peso. Específicamente, en función del peso total del electrolito, el contenido del compuesto aromático es de aproximadamente 0,1 % en peso a aproximadamente 15 % en peso, de aproximadamente 0,1 % en peso a aproximadamente 10 % en peso, de aproximadamente 0,5 % en peso a aproximadamente 10 % en peso, de aproximadamente 1,0 % en peso a aproximadamente 10 % en peso.

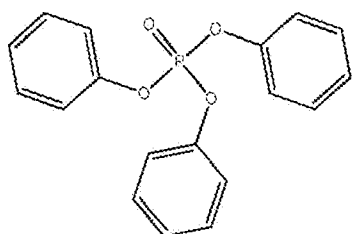
En algunas realizaciones, en función del peso total del electrolito, el contenido del compuesto aromático (por ejemplo, PFT o DFBP) es de aproximadamente 0,1 % en peso, aproximadamente 0,2 % en peso, aproximadamente 0,3 % en peso, aproximadamente 0,4 % en peso, aproximadamente 0,5 % en peso, aproximadamente 1,0 % en peso, aproximadamente 1,5 % en peso, aproximadamente 2,0 % en peso, aproximadamente 3,0 % en peso, aproximadamente 4,0 % en peso, aproximadamente 5,0 % en peso, aproximadamente 6,0 % en peso, aproximadamente 7,0 % en peso, aproximadamente 8,0 % en peso, aproximadamente 9,0 % en peso o aproximadamente 10,0 % en peso, o un rango formado por cualquiera de los dos valores numéricos mencionados anteriormente.

4. Fosfato/fosfito

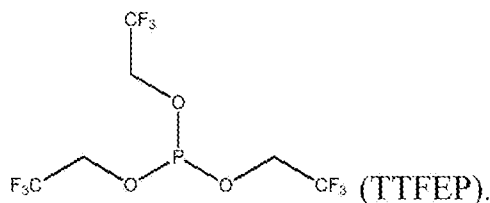
En algunas realizaciones, el electrolito en la presente solicitud puede comprender además aditivos de fosfato y/o fosfito. En el compuesto que contiene de 2 a 3 grupos ciano utilizado en la presente solicitud, el separador de la presente solicitud y el fosfato/fosfito logran un efecto combinado para mejorar la seguridad. Mientras tanto, se puede formar una membrana interfacial más estable en la superficie del ánodo, de modo que la membrana interfacial se diversifica en composición, se mejora la estabilidad del electrolito, se restringe la descomposición del electrolito y se puede mejorar aún más el rendimiento de almacenamiento a alta temperatura.

En algunas realizaciones, el fosfato/fosfito incluye al menos uno de los siguientes compuestos: fosfato de tri(2-terc-pentilfenilo), fosfato de tri(3-terc-pentilfenilo), fosfato de tri(4-terc-pentilfenilo), fosfato de tri(2-ciclohexilfenilo), fosfato de tri(3-ciclohexilfenilo), fosfato de tri(4-ciclohexilfenilo), fosfato de trifenilo, fosfato de tri(2-metilfenilo), fosfato de tri(2-terc-butilfenilo), fosfato de tris(2,2,2-trifluoroetilo) (TFEP), fosfito de tri(2-terc-pentilfenilo), fosfito de tri(3-terc-pentilfenilo), fosfito de tri(4-terc-pentilfenilo), fosfito de tri(2-ciclohexilfenilo), fosfito de tri(3-ciclohexilfenilo), fosfito de tri(4-ciclohexilfenilo), fosfito de trifenilo, fosfito de tri(2-metilfenilo), fosfito de tri(2-terc-butilfenilo) y fosfito de tri(2,2,2-trifluoroetilo).

En algunas realizaciones, el aditivo de fosfato es fosfato de trifenilo (TPP). En algunas realizaciones, el aditivo de fosfito es fosfito de tri(2,2,2-trifluoroetilo) (TTFEP). En algunas realizaciones, el aditivo es la combinación de TPP y TTFEP.



(TPP) y



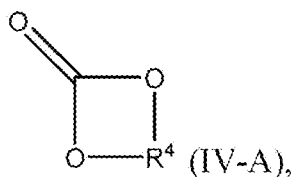
(TTFEP).

En algunas realizaciones, en función del peso total del electrolito, el contenido del aditivo de fosfato y/o fosfito es de aproximadamente 0,01 % en peso a aproximadamente 10 % en peso. Específicamente, en función del peso total del electrolito, el contenido del aditivo de fosfato y/o fosfito es de aproximadamente 0,05 % en peso a aproximadamente 10 % en peso, de aproximadamente 0,1 % en peso a aproximadamente 10 % en peso, de aproximadamente 0,5 % en peso a aproximadamente 10 % en peso, de aproximadamente 1,0 % en peso a aproximadamente 10 % en peso, o de aproximadamente 1,0 % en peso a aproximadamente 5 % en peso.

En algunas realizaciones, en función del peso total del electrolito, el contenido del aditivo de fosfato y/o fosfito (por ejemplo, TPP y/o TTFEP) es de aproximadamente 0,01 % en peso, aproximadamente 0,1 % en peso, aproximadamente 0,2 % en peso, aproximadamente 0,3 % en peso, aproximadamente 0,4 % en peso, aproximadamente 0,5 % en peso, aproximadamente 1,0 % en peso, aproximadamente 1,5 % en peso, aproximadamente 2,0 % en peso, aproximadamente 3,0 % en peso, aproximadamente 4,0 % en peso, aproximadamente 5,0 % en peso, aproximadamente 6,0 % en peso, aproximadamente 7,0 % en peso, aproximadamente 8,0 % en peso, aproximadamente 9,0 % en peso, aproximadamente 10,0 % en peso o un rango formado por cualquiera de los dos valores numéricos mencionados anteriormente.

5. Aditivo de carbonato cíclico

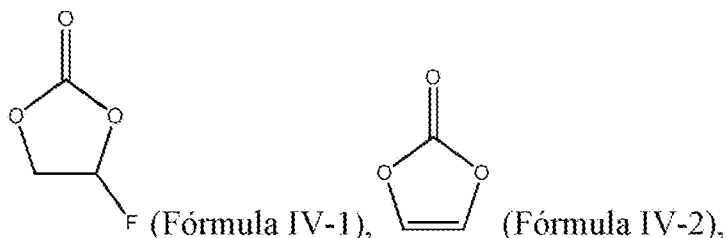
El electrolito de la presente solicitud también puede contener un aditivo de carbonato cíclico. Específicamente, el aditivo de carbonato cíclico es un compuesto que tiene una estructura mostrada como fórmula IV-A:



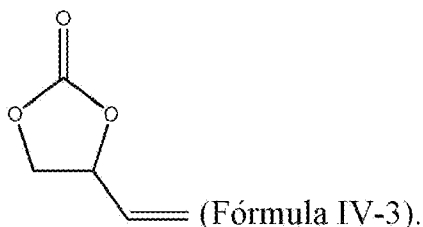
en la que, R^4 se selecciona de alquileo C_1-C_6 sustituido o no sustituido, y alquenilo C_2-C_6 sustituido o no sustituido; el grupo sustituyente se selecciona de halógeno, alquilo C_1-C_6 y alquenilo C_2-C_6 ; y el grupo sustituyente se selecciona de halógeno, alquilo C_1-C_3 y alquenilo C_2-C_4 .

En algunas realizaciones, R^4 se selecciona entre alquileo C_1-C_4 sustituido o no sustituido, y alquenilo C_2-C_4 sustituido o no sustituido; y el grupo sustituyente se selecciona entre halógeno, alquilo C_1-C_3 y alquenilo C_2-C_4 .

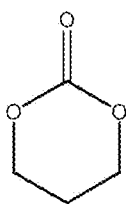
El compuesto de carbonato cíclico se selecciona entre al menos uno de carbonato de fluoroetileno, carbonato de vinileno y carbonato de vinil etileno; que tienen las fórmulas de estructura específicas siguientes:



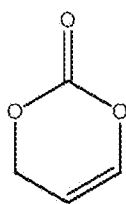
y



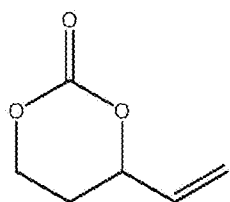
Como modificación del electrolito de la presente solicitud, el compuesto de carbonato cíclico también puede seleccionarse entre:



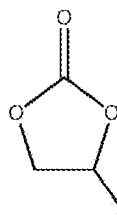
(Fórmula IV-4),



(Fórmula IV-5),

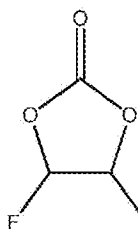


(Fórmula IV-6),



(Fórmula IV-7),

y



(Fórmula IV-8).

Como modificación de un electrolito no acuoso de la presente solicitud, el contenido de porcentaje en peso de un aditivo de carbonato cíclico de la presente solicitud en el electrolito no acuoso es de aproximadamente 0,01 % a aproximadamente 30 %, y además preferentemente es de aproximadamente 0,1 % a aproximadamente 10 %.

Como modificación de un electrolito no acuoso de la presente solicitud, el contenido de porcentaje en peso de un aditivo de carbonato cíclico de la presente solicitud en el electrolito no acuoso es de aproximadamente 0,1 % a aproximadamente 10 %.

En algunas realizaciones, en función del peso total del electrolito, el contenido del aditivo de carbonato cíclico es de aproximadamente 0,01 % en peso a aproximadamente 30 % en peso. Específicamente, en función del peso total del electrolito, el contenido del aditivo de carbonato cíclico es de aproximadamente 0,1 % en peso a aproximadamente 15 % en peso, de aproximadamente 0,1 % en peso a aproximadamente 10 % en peso, de aproximadamente 0,5 % en peso a aproximadamente 10 % en peso y de aproximadamente 1,0 % en peso a aproximadamente 10 % en peso.

En algunas realizaciones, en función del peso total del electrolito, el contenido del aditivo de carbonato cíclico es de aproximadamente 0,01 % en peso, aproximadamente 0,1 % en peso, aproximadamente 0,2 % en peso, aproximadamente 0,3 % en peso, aproximadamente 0,4 % en peso, aproximadamente 0,5 % en peso, aproximadamente 1,0 % en peso, aproximadamente 1,5 % en peso, aproximadamente 2,0 % en peso, aproximadamente 3,0 % en peso, aproximadamente 4,0 % en peso, aproximadamente 5,0 % en peso, aproximadamente 6,0 % en peso, aproximadamente 7,0 % en peso, aproximadamente 8,0 % en peso, aproximadamente 9,0 % en peso, aproximadamente 10,0 % en peso, aproximadamente 15,0 % en peso, aproximadamente 17,0 % en peso, aproximadamente 19,0 % en peso, aproximadamente 20,0 % en peso, aproximadamente 25,0 % en peso, aproximadamente 30,0 % en peso o un rango formado por cualquiera de los dos valores numéricos mencionados anteriormente.

6. Anhídrido

En algunas realizaciones, el electrolito también puede contener anhídrido, el uso combinado del anhídrido, en el que el compuesto que contiene de 2 a 3 grupos ciano utilizado en la presente solicitud y el separador de la presente solicitud puede mejorar aún más la estabilidad química del electrolito. Los ejemplos de anhídrido incluyen anhídrido fosfórico cíclico, anhídrido de ácido carboxílico, anhídrido disulfónico y anhídrido sulfónico de ácido carboxílico. Los ejemplos del anhídrido fosfórico cíclico incluyen anhídrido cíclico trimetilfosfónico, anhídrido cíclico trietilfosfónico y anhídrido cíclico tripropilfosfónico. Los ejemplos del anhídrido de ácido carboxílico incluyen anhídrido succínico, anhídrido glutárico y anhídrido maleico. Los ejemplos de anhídrido

disulfónico incluyen anhídrido disulfónico de etano y anhídrido disulfónico de propano. Los ejemplos de anhídrido sulfónico de ácido carboxílico incluyen anhídrido sulfobenzoico, anhídrido sulfopropiónico y anhídrido sulfobutírico. Sin embargo, los ejemplos específicos del anhídrido no se limitan a los compuestos mencionados anteriormente.

En algunas realizaciones, con base en el peso total del electrolito, el contenido de anhídrido es de aproximadamente 0,01 % en peso a aproximadamente 5 % en peso, y además preferentemente es de aproximadamente 0,1 % en peso a aproximadamente 3 % en peso. En algunas realizaciones, en función del peso total del electrolito, el contenido del anhídrido es de aproximadamente 0,01 % en peso, aproximadamente 0,05 % en peso, aproximadamente 0,1 % en peso, aproximadamente 0,2 % en peso, aproximadamente 0,3 % en peso, aproximadamente 0,4 % en peso, aproximadamente 0,5 % en peso, aproximadamente 1,0 % en peso, aproximadamente 2,0 % en peso, aproximadamente 3,0 % en peso, aproximadamente 4,0 % en peso, aproximadamente 5,0 % en peso o un rango formado por cualquiera de los dos valores numéricos mencionados anteriormente. Como el contenido de anhídrido está en ese rango, la estabilidad química del electrolito puede mejorarse aún más.

7. Fosfonitrilo

En algunas realizaciones, el electrolito también puede contener fosfonitrilo. En el compuesto que contiene de 2 a 3 grupos ciano utilizado en la presente solicitud, el separador de la presente solicitud y el fosfonitrilo logran un efecto combinado para mejorar el rendimiento de ciclos de la batería. Los ejemplos de fosfonitrilo incluyen trifosfaceno metoxipentafluorocíclico, trifosfaceno etoxipentafluorocíclico, trifosfaceno fenoxipentafluorocíclico y tetrafosfaceno etoxiheptafluorocíclico.

En algunas realizaciones, con base en el peso total del electrolito, el contenido de fosfonitrilo es de aproximadamente 0,01 % en peso a aproximadamente 5 % en peso, y más preferentemente de aproximadamente 0,1 % en peso a aproximadamente 3 % en peso. En algunas realizaciones, en función del peso total del electrolito, el contenido de fosfonitrilo es de aproximadamente 0,01 % en peso, aproximadamente 0,05 % en peso, aproximadamente 0,1 % en peso, aproximadamente 0,2 % en peso, aproximadamente 0,3 % en peso, aproximadamente 0,4 % en peso, aproximadamente 0,5 % en peso, aproximadamente 1,0 % en peso, aproximadamente 2,0 % en peso, aproximadamente 3,0 % en peso, aproximadamente 4,0 % en peso, aproximadamente 5,0 % en peso o un rango formado por cualquiera de los dos valores numéricos mencionados anteriormente. Mientras el contenido de fosfonitrilo esté en dicho rango, la estabilidad química del electrolito puede mejorarse aún más.

8. Disolvente orgánico

El electrolito también puede contener un disolvente orgánico. En algunas realizaciones, el disolvente orgánico se selecciona entre uno o más de carbonato de etileno (EC), carbonato de propileno (PC), carbonato de dietilo (DEC), carbonato de etilo y metilo (EMC), carbonato de dimetilo (DMC), acetato de etilo (EA), propionato de etilo (EP), propanoato de propilo (PP), etil vinil sulfona, metil isopropil sulfona y isopropil sec-butil sulfona.

En algunas realizaciones, el electrolito incluye uno o más de los compuestos que contienen grupos ciano mencionados anteriormente. En algunas realizaciones, el electrolito contiene: uno o más de los compuestos que contienen grupos ciano mencionados anteriormente y uno o más de los compuestos que contienen dobles enlaces azufre-oxígeno mencionados anteriormente. En algunas realizaciones, el electrolito contiene: uno o más de los compuestos que contienen grupos ciano mencionados anteriormente y uno o más de los compuestos aromáticos mencionados anteriormente. En algunas realizaciones, el electrolito contiene: uno o más de los compuestos que contienen grupos ciano mencionados anteriormente y uno o más de los fosfatos/fosfitos mencionados anteriormente. En algunas realizaciones, el electrolito contiene: uno o más de los compuestos que contienen grupos ciano mencionados anteriormente y el compuesto de carbonato cíclico.

En algunas realizaciones, el electrolito contiene: uno o más de los compuestos que contienen grupos ciano mencionados anteriormente, uno o más de los compuestos que contienen dobles enlaces azufre-oxígeno mencionados anteriormente y uno o más de los compuestos aromáticos mencionados anteriormente. En algunas realizaciones, el electrolito contiene: uno o más de los compuestos que contienen grupos ciano mencionados anteriormente, uno o más de los compuestos que contienen dobles enlaces azufre-oxígeno mencionados anteriormente y uno o más de los fosfatos/fosfitos mencionados anteriormente. En algunas realizaciones, el electrolito contiene: uno o más de los compuestos que contienen grupos ciano mencionados anteriormente, uno o más de los compuestos aromáticos mencionados anteriormente y uno o más de los fosfatos/fosfitos mencionados anteriormente. En algunas realizaciones, el electrolito contiene: uno o más de los compuestos que contienen grupos ciano mencionados anteriormente, uno o más de los compuestos que contienen dobles enlaces azufre-oxígeno mencionados anteriormente, uno o más de los compuestos aromáticos mencionados anteriormente y uno o más de los fosfatos/fosfitos mencionados anteriormente.

9. Sal electrolítica

En algunas realizaciones, el electrolito también puede contener sal electrolítica. En algunas realizaciones, el electrolito incluye, pero no se limita a, una sal de litio inorgánica, por ejemplo, LiClO_4 , LiAsF_6 , LiPF_6 , LiBF_4 , LiSbF_6 , LiSO_3F , $\text{LiN}(\text{FSO}_2)_2$ y similares; una sal orgánica de litio que contiene flúor, por ejemplo, LiCF_3SO_3 , $\text{LiN}(\text{FSO}_2)(\text{CF}_3\text{SO}_2)$, $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$, $\text{LiN}(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2$, disulfonimida de litio de ciclo-1,3-hexafluoropropano, disulfonimida de litio de ciclo-1,2-tetrafluoroetano, $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)(\text{C}_4\text{F}_9\text{SO}_2)$, $\text{LiC}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_3$, $\text{LiPF}_3\text{4}(\text{CF}_3)_2$, $\text{LiPF}_3\text{4}(\text{C}_2\text{F}_5)_2$, $\text{LiPF}_4(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$, $\text{LiPF}_4(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2$, $\text{LiBF}_2(\text{CF}_3)_2$, $\text{LiBF}_2(\text{C}_2\text{F}_5)_2$, $\text{LiBF}_2(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$, $\text{LiBF}_2(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2$ y similares; y complejos de ácido dicarboxílico que contienen una sal de litio, por ejemplo, bi(oxalato)borato de litio, difluorooxalatoborato de litio, tri(oxalato)fosfato de litio, difluorobi(oxalato)fosfato de litio, tetrafluoro(oxalato)fosfato de litio. En algunas realizaciones, el electrolito contiene una o más de las sales mencionadas anteriormente. En algunas realizaciones, el electrolito contiene LiPF_6 y LiBF_4 . En algunas realizaciones, el electrolito contiene una combinación de una sal de litio inorgánica tal como LiPF_6 o LiBF_4 y una sal de litio orgánica que contiene flúor tal como LiCF_3SO_3 , $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$ o $\text{LiN}(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2$. En algunas realizaciones, la concentración de la sal de electrolito está en un rango de aproximadamente 0,8 mol/L a aproximadamente 3 mol/L, por ejemplo, en un rango de aproximadamente 0,8 mol/L a aproximadamente 2,5 mol/L, un rango de aproximadamente 0,8 mol/L a aproximadamente 2,0 mol/L, un rango de aproximadamente 1 mol/L a aproximadamente 2 mol/L, y para otro ejemplo, es aproximadamente 1 mol/L, aproximadamente 1,15 mol/L, aproximadamente 1,2 mol/L, aproximadamente 1,5 mol/L, aproximadamente 2 mol/L o aproximadamente 2,5 mol/L.

II. Separador

El dispositivo electroquímico de la presente solicitud también incluye un separador, que incluye un sustrato.

El sustrato del separador incluye una primera capa porosa y una segunda capa porosa.

En algunas realizaciones, la primera capa porosa o la segunda capa porosa incluye uno o más de los siguientes componentes: polietileno, polipropileno, tereftalato de polietilenglicol, tereftalato de polibutileno, poli(fenilentalamida), poliéster, poliacetal, poliacetal, policarbonato, poliimida, poliéter-éter-cetona, poliariletercetona, polieterimida, poliamida-imida, polibencimidazol, poliéter sulfona, polifeniléter, copolímero de cicloolefina, sulfuro de polifenileno y polietilen naftaleno.

En algunas realizaciones, el material de la primera capa porosa y el material de la segunda capa porosa son iguales o diferentes en composición.

En la presente solicitud, la temperatura de cierre de poros de la primera capa porosa del separador es de aproximadamente 125 °C a aproximadamente 134 °C, por ejemplo, aproximadamente 127 °C, aproximadamente 129 °C, aproximadamente 131 °C o aproximadamente 133 °C. La temperatura de cierre de poros de la segunda capa porosa del separador es de aproximadamente 133 °C a aproximadamente 145 °C, por ejemplo, aproximadamente 136 °C, aproximadamente 138 °C, aproximadamente 141 °C o aproximadamente 143 °C. En algunas realizaciones, la temperatura de cierre de poros de la primera capa porosa es diferente de la de la segunda capa porosa, por ejemplo, la temperatura de cierre de poros de la segunda capa porosa es más alta que la de la primera capa porosa. La temperatura de cierre de poros de la primera capa porosa es inferior a la de la segunda capa porosa, de modo que se evita el cortocircuito causado por la contracción del separador en el proceso de cierre de poros.

En algunas realizaciones, la primera capa porosa y la segunda capa porosa tienen un tamaño de poro promedio de aproximadamente 0,001 μm a aproximadamente 10 μm , por ejemplo, aproximadamente 0,005 μm , aproximadamente 0,01 μm , aproximadamente 0,1 μm , aproximadamente 0,5 μm , aproximadamente 1,0 μm , aproximadamente 2,0 μm , aproximadamente 3,0 μm , aproximadamente 4,0 μm , aproximadamente 5,0 μm , aproximadamente 6,0 μm , aproximadamente 7,0 μm , aproximadamente 8,0 μm , aproximadamente 9,0 μm o cualquier rango entre ellos.

La primera capa porosa y la segunda capa porosa tienen una porosidad de aproximadamente 5 % a aproximadamente 45 %, por ejemplo, aproximadamente 6 %, aproximadamente 7 %, aproximadamente 8 %, aproximadamente 9 %, aproximadamente 10 %, aproximadamente 15 %, aproximadamente 20 %, aproximadamente 30 %, aproximadamente 35 %, aproximadamente 38 %, aproximadamente 40 % o cualquier rango entre ellos.

Según la presente invención, la primera capa porosa tiene un espesor de 0,05 μm a 10 μm , por ejemplo, aproximadamente 1,0 μm , aproximadamente 2,0 μm , aproximadamente 3,0 μm , aproximadamente 4,0 μm , aproximadamente 5,0 μm , aproximadamente 8,0 μm y aproximadamente 10 μm o cualquier rango entre ellos.

En algunas realizaciones, la segunda capa porosa tiene un espesor de aproximadamente 0,05 μm a aproximadamente 50 μm , un espesor de aproximadamente 0,05 μm a aproximadamente 45 μm , un espesor

de aproximadamente 0,05 μm a aproximadamente 40 μm , un espesor de aproximadamente 0,05 μm a aproximadamente 35 μm , un espesor de aproximadamente 0,05 μm a aproximadamente 30 μm , un espesor de aproximadamente 0,05 μm a aproximadamente 25 μm , un espesor de aproximadamente 0,05 μm a aproximadamente 20 μm , un espesor de aproximadamente 0,05 μm a aproximadamente 15 μm o un espesor de aproximadamente 0,05 μm a aproximadamente 10 μm , por ejemplo, aproximadamente 1,0 μm , aproximadamente 2,0 μm , aproximadamente 3,0 μm , aproximadamente 4,0 μm , aproximadamente 5,0 μm , aproximadamente 8,0 μm , aproximadamente 10 μm , aproximadamente 15 μm , aproximadamente 20 μm , aproximadamente 25 μm , aproximadamente 30 μm , aproximadamente 35 μm , aproximadamente 40 μm , aproximadamente 45 μm o cualquier rango entre ellos.

Según la presente invención, el separador tiene también un revestimiento, que se dispone en uno o dos lados de la primera capa porosa. En algunas realizaciones, la primera capa porosa está adyacente a la segunda capa porosa. En la presente solicitud, el recubrimiento del separador contiene partículas inorgánicas, polímeros o una combinación de los mismos.

En algunas realizaciones, las partículas inorgánicas del recubrimiento están conectadas entre sí y fijadas por los polímeros. Las estructuras porosas se forman con volúmenes intersticiales entre las partículas inorgánicas. Las partículas inorgánicas tienen una conductividad iónica lo más alta posible, ya que dichas partículas inorgánicas pueden mejorar la conductividad iónica del dispositivo electroquímico (por ejemplo, una batería secundaria de litio). Las partículas inorgánicas tienen una densidad lo más pequeña posible, ya que cuando se utilizan partículas inorgánicas de baja densidad, las partículas inorgánicas se dispersan fácilmente en un paso de recubrimiento y pueden reducir el peso del dispositivo electroquímico (por ejemplo, la batería secundaria de litio) a fabricar. El uso de partículas inorgánicas con constantes dieléctricas altas es favorable para aumentar el grado de disociación de la sal electrolítica en el electrolito líquido, a fin de mejorar la conductividad iónica del electrolito. El uso de partículas inorgánicas con baja conductividad electrónica puede aislar eficazmente los electrones y reducir el espesor del recubrimiento mientras se logra el mismo efecto de aislamiento de electrones, de modo que se mejora la densidad de energía del dispositivo electroquímico (por ejemplo, la batería secundaria de litio). Por las razones anteriores, en la presente solicitud se utilizan partículas inorgánicas con una constante dieléctrica alta de 5 o superior, partículas inorgánicas con piezoelectricidad, partículas inorgánicas con conductividad de iones de litio o mezclas de las mismas. Además, las partículas inorgánicas también pueden seleccionarse entre al menos uno de boehmita e hidróxido de magnesio.

En algunas realizaciones, las partículas inorgánicas con constante dieléctrica de 5 o superior se seleccionan entre uno o más de SrTiO_3 , SnO_2 , CeO_2 , MgO , NiO , CaO , ZnO , ZrO_2 , Y_2O_3 , Al_2O_3 , TiO_2 y SiC .

En general, los "materiales con piezoelectricidad" se refieren a materiales que son aislantes bajo presión normal pero que permiten el paso de la corriente debido al cambio de su estructura interna cuando se les aplica una presión de un cierto rango. Las partículas inorgánicas con piezoelectricidad muestran constantes dieléctricas elevadas de hasta 100 o más. Cuando se aplica presión en un cierto rango para estirar o comprimir las partículas inorgánicas, se carga electricidad positiva en una superficie de las partículas inorgánicas y electricidad negativa en la otra superficie de las mismas. Por lo tanto, se genera una diferencia de potencial entre dos superficies de las partículas inorgánicas con piezoelectricidad. Cuando se utilizan partículas inorgánicas con las características anteriores en el recubrimiento, y cuando se produce un cortocircuito interno entre dos electrodos debido al impacto externo de un laminado parcial, clavos o similares, las partículas inorgánicas esparcidas en el separador impiden el contacto directo entre el ánodo y el cátodo. Además, la piezoelectricidad de las partículas inorgánicas puede permitir que se generen diferencias de potencial en las partículas y, por lo tanto, permitir que los electrones se muevan, es decir, con un pequeño flujo de corriente entre dos electrodos. Por lo tanto, se puede lograr una reducción lenta del voltaje del dispositivo electroquímico (por ejemplo, la batería secundaria de litio) y se puede mejorar la seguridad del dispositivo electroquímico. Los ejemplos no limitativos de partículas inorgánicas con piezoelectricidad incluyen BaTiO_3 , $\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$ (PZT), $\text{Pb}_{1-x}\text{La}_x\text{Zr}_{1-y}\text{Ti}_y\text{O}_3$ (PLZT), $\text{PB}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ - PbTiO_3 (PMN-PT), óxido de hafnio (HfO_2) o mezclas de los mismos.

El término "partículas inorgánicas con conductividad de iones de litio" se refiere a partículas inorgánicas que contienen elementos de litio y tienen la capacidad de conducir iones de litio en lugar de almacenar litio. Las partículas inorgánicas con conductividad de iones de litio son capaces de conducir y mover iones de litio debido a los defectos en sus estructuras, lo que puede mejorar la conductividad de iones de litio del dispositivo electroquímico. Los ejemplos no restringidos de partículas inorgánicas con conductividad de iones de litio incluyen: fosfato de litio (Li_3PO_4), fosfato de litio y titanio ($\text{Li}_x\text{Ti}_3\text{y}(\text{PO}_4)_3$, $0 < x < 2$, $0 < y < 3$), fosfato de litio y titanio y aluminio ($\text{Li}_x\text{Al}_y\text{Ti}_z(\text{PO}_4)_3$, $0 < x < 2$, $0 < y < 1$, $0 < z < 3$), vidrio tipo ($\text{LiAlTiP})_x\text{O}_y$ ($0 < x < 4$, $0 < y < 13$) como $14\text{Li}_2\text{O}$ - $9\text{Al}_2\text{O}_3$ - 38TiO_2 - $39\text{P}_2\text{O}_5$, titanato de litio y lantano ($\text{Li}_x\text{La}_y\text{TiO}_3$, $0 < x < 2$, $0 < y < 3$), tiofosfato de litio y germanio ($\text{Li}_x\text{Ge}_y\text{P}_z\text{S}_w$, $0 < x < 4$, $0 < y < 1$, $0 < z < 1$, $0 < w < 5$) como $\text{Li}_{5,25}\text{Ge}_{0,25}\text{P}_{0,75}\text{S}_4$, nitrato de litio (Li_xN_y , $0 < x < 4$, $0 < y < 2$) como Li_3N , Vidrio tipo SiS_2 ($\text{Li}_x\text{Si}_y\text{S}_z$, $0 < x < 3$, $0 < y < 2$, $0 < z < 4$) tal como Li_3PO_4 - Li_2S - SiS_2 , vidrio tipo P_2S_5 ($\text{Li}_x\text{P}_y\text{S}_z$, $0 < x < 3$, $0 < y < 3$, $0 < z < 7$) tal como LiI - Li_2S - P_2S_5 , o mezclas de los mismos.

Las partículas inorgánicas con una constante dieléctrica alta, las partículas inorgánicas con piezoelectricidad y las partículas inorgánicas con conductividad de iones de litio pueden actuar en combinación para mejorar el rendimiento del separador del dispositivo electroquímico. Aunque no existe una limitación especial para el tamaño de las partículas inorgánicas, con el propósito de formar un recubrimiento con un espesor uniforme y proporcionar una porosidad adecuada en la distribución del tamaño de partícula en función del volumen, el tamaño de partícula de las partículas inorgánicas que alcanzan el 50 % del volumen acumulado desde el lado con un tamaño de partícula pequeño (Dv50) es de aproximadamente 0,001 μm a aproximadamente 15 μm . Cuando el tamaño de partícula es menor a 0,001 μm , las partículas inorgánicas tienen poca dispersión y son propensas a conglomerarse, de modo que el rendimiento físico del recubrimiento no se puede controlar fácilmente. Cuando el tamaño de partícula es superior a aproximadamente 15 μm , el separador obtenido bajo el mismo peso de sólido es demasiado grueso y da como resultado poros demasiado grandes, que posiblemente conducen electrones de tal manera que el recubrimiento intercala litio en el recubrimiento demasiado pronto y el efecto de prevención del crecimiento de dendritas de litio disminuye, mientras que, por otro lado, la densidad de energía del dispositivo electroquímico puede reducirse.

El contenido de partículas inorgánicas no está específicamente limitado. Sin embargo, con base en el peso total de la mezcla de las partículas inorgánicas y los polímeros, que es 100 %, el porcentaje en peso de las partículas inorgánicas es de aproximadamente 30 % en peso a aproximadamente 98 % en peso, por ejemplo, aproximadamente 45 % en peso, aproximadamente 50 % en peso, aproximadamente 55 % en peso, aproximadamente 60 % en peso, aproximadamente 65 % en peso, aproximadamente 70 % en peso, aproximadamente 80 % en peso, aproximadamente 90 % en peso, aproximadamente 95 % en peso, o un rango formado por cualquiera de los dos valores numéricos mencionados anteriormente. Si el porcentaje en peso de las partículas inorgánicas es inferior al 30 % en peso, existe una gran cantidad de polímeros. Luego, el volumen intersticial formado entre las partículas inorgánicas se reduce, y el diámetro de los poros y la porosidad se reducen, lo que da como resultado una desaceleración de la conducción de los iones de litio y una degradación del rendimiento del dispositivo electroquímico. Si el porcentaje en peso de las partículas inorgánicas es superior al 98 %, el contenido de polímeros es demasiado bajo. En consecuencia, las partículas inorgánicas no pueden adherirse lo suficiente y el separador finalmente formado reduce su rendimiento mecánico.

En el separador de la presente solicitud, los polímeros pueden seleccionarse para que tengan una temperatura de transición vítrea (T_g) lo más baja posible, por ejemplo, una T_g entre aproximadamente -200 $^{\circ}\text{C}$ y aproximadamente 200 $^{\circ}\text{C}$. La razón para seleccionar los polímeros con la T_g mencionada anteriormente es que son capaces de mejorar el rendimiento mecánico, como la flexibilidad, la elasticidad y similares, del separador finalmente formado. Los polímeros desempeñan la función de conectar mutuamente y fijar de forma estable las partículas inorgánicas en sí, las partículas inorgánicas y el recubrimiento, así como el sustrato. De esta manera, la primera capa porosa, la segunda capa porosa y el revestimiento pueden formar un cuerpo integrado.

En las realizaciones de la presente solicitud, los polímeros pueden seleccionarse entre uno o más de un copolímero de fluoruro de vinilideno-hexafluoropropileno, un copolímero de fluoruro de vinilideno-tricloroetileno, poliestireno, poliacrilato, ácido poliacrílico, poliacrilonitrilo, polivinilpirrolidona, acetato de polivinilo, un copolímero de etileno-acetato de vinilo, poliimida, polibenzoilbencenodiamina, un copolímero de acrilonitrilo-estireno-butadieno, alcohol polivinílico, un copolímero de estireno-butadieno y fluoruro de polivinilideno. En algunas realizaciones, los polímeros contenidos en el recubrimiento no solo son capaces de aislar electrones, sino que también son capaces de unir el separador con el cátodo o el ánodo a través de los polímeros contenidos, a fin de lograr la integración. En algunas realizaciones, los polímeros (por ejemplo, polibenzoil bencenodiamina) contenidos en el recubrimiento no solo pueden aislar electrones, sino que también pueden mejorar sustancialmente el rendimiento de resistencia a altas temperaturas del separador.

En el separador de la presente solicitud, el recubrimiento desempeña las funciones de aislar electrones y conducir iones de litio. Cuando el recubrimiento es demasiado fino, la eficiencia inicial se verá afectada. Cuando el recubrimiento es demasiado grueso, la densidad de energía del dispositivo electroquímico se verá gravemente afectada. Según la presente invención el espesor del recubrimiento es de 0,06 μm a 4 μm . En algunas realizaciones, el espesor del recubrimiento es de aproximadamente 0,5 μm , aproximadamente 1,0 μm , aproximadamente 2 μm , aproximadamente 3 μm , aproximadamente 4 μm , o un rango formado por cualquiera de los dos valores numéricos mencionados anteriormente.

En algunas realizaciones, el separador es un separador de cierre de poros de baja temperatura, que puede descongelarse o contraerse térmicamente a una temperatura relativamente baja para formar poros cerrados, y de ese modo mejorar aún más el rendimiento de sobrecarga y caja caliente del dispositivo electroquímico. Por ejemplo, en la batería de iones de litio, después de que la temperatura de la batería alcanza una determinada temperatura, se produce el cierre de poros en el separador de cierre de poros de baja temperatura, de modo que la impedancia de transferencia de iones de litio aumenta rápidamente para suprimir la transferencia de iones de litio. Durante el proceso de sobrecarga, un aumento de impedancia hace que la etapa de carga de corriente constante entre en una etapa de voltaje constante por adelantado, lo que

reduce la generación de calor y restringe las reacciones en cadena posteriores. En algunas realizaciones, la temperatura de cierre de poros del separador es de aproximadamente 125 °C a aproximadamente 145 °C.

- 5 En algunas realizaciones, la primera capa porosa es una mezcla de polipropileno (PP) y polietileno (PE), en donde el contenido de PP es de aproximadamente 1 % a aproximadamente 3 %, por ejemplo, aproximadamente 1,5 %, aproximadamente 2,0 % o aproximadamente 2,5 %, y el peso molecular de PP es de aproximadamente $1,0 \times 10^5$ a aproximadamente $9,0 \times 10^5$. En algunas realizaciones, la segunda capa porosa es PE que tiene un peso molecular Mw de aproximadamente $1,0 \times 10^5$ a aproximadamente $9,0 \times 10^5$.
- 10 En algunas realizaciones, la primera capa porosa es PE de bajo peso molecular que tiene un peso molecular Mw en el rango de aproximadamente $5,0 \times 10^3$ a aproximadamente $4,0 \times 10^5$, la segunda capa porosa es PE de alto peso molecular que tiene un peso molecular Mw en un rango de aproximadamente $9,0 \times 10^5$ a aproximadamente $4,0 \times 10^6$.
- 15 En algunas realizaciones, la primera capa porosa es PE de bajo peso molecular que tiene un peso molecular Mw de aproximadamente $5,0 \times 10^3$ a aproximadamente $4,0 \times 10^5$. En algunas realizaciones, la segunda capa porosa es un copolímero PP-PE que tiene un peso molecular Mw de aproximadamente $1,0 \times 10^5$ a aproximadamente $9,0 \times 10^5$, y en el copolímero, el PP tiene un contenido de aproximadamente 7 a 15 %, por ejemplo, aproximadamente 7,5 %, aproximadamente 8,0 %, aproximadamente 8,5 %, aproximadamente 9 %, aproximadamente 10 %, aproximadamente 11 %, aproximadamente 12 %, aproximadamente 13 % o aproximadamente 14 %.
- 20

III. Otros

- 25 El dispositivo electroquímico de la presente solicitud incluye un cátodo, un ánodo y el separador y el electrolito descritos en este documento, en donde el separador se proporciona entre una lámina de cátodo y una lámina de ánodo a intervalos; el cátodo incluye un colector de corriente de cátodo y una película de cátodo recubierta sobre el colector de corriente de cátodo, y el ánodo incluye un colector de corriente de ánodo y una película de ánodo recubierta sobre el colector de corriente de ánodo.
- 30 En algunas realizaciones, la película de cátodo de la presente solicitud incluye un material activo de cátodo, un adhesivo y un agente conductor.
- 35 En algunas realizaciones, el material activo del cátodo de la presente solicitud se selecciona de al menos uno de los siguientes materiales: materiales ternarios ricos en níquel (NCM, $\text{Ni} \geq 0,50$), óxidos de litio y cobalto LiCoO_2 (LCO), fosfato de hierro y litio, manganato de litio, espinela de alta presión $\text{LiNi}_{0,5}\text{Mn}_{1,5}\text{Cr}_x\text{O}_4$ y materiales de cátodo ternario ricos en litio ($\text{Li}_{1+w}\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z\text{O}_2$) (NCM, $0,50 \leq x < 1$, $0 \leq y \leq 0,5$, $0 \leq z \leq 0,5$).
- 40 En algunas realizaciones, los materiales activos de cátodo de la presente solicitud son materiales de ánodo ternario ricos en níquel ($\text{LiNi}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z\text{O}_2$, NCM, $x \geq 0,50$, $0 \leq y \leq 0,5$, $0 \leq z \leq 0,5$).
- 45 En el dispositivo electroquímico, el material de ánodo ternario rico en níquel ($\text{LiNi}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z\text{O}_2$ (NCM), $0,50 \leq x < 1$) se puede utilizar para mejorar la densidad de energía del dispositivo electroquímico debido a la energía específica gravimétrica relativamente alta. Sin embargo, las redes cristalinas del material del cátodo ternario rico en níquel son propensas a liberar oxígeno bajo un alto voltaje, especialmente en condiciones de sobrecarga. La oxigenación del electrolito genera gas y calor. Durante la sobrecarga, la precipitación de litio en el ánodo aumenta gradualmente y la estabilidad térmica del ánodo se reduce gradualmente. Cuando la temperatura de la batería aumenta durante la carga y alcanza un cierto valor crítico, se producen más reacciones secundarias entre el ánodo con precipitado de litio y el electrolito, lo que da como resultado un descontrol térmico de la batería y causa problemas de seguridad como explosión de la batería, ignición y similares. El inventor de la presente solicitud descubrió sorprendentemente que cuando se utiliza la combinación del electrolito y el separador compuesto de la presente solicitud, se mejoran el rendimiento de sobrecarga, el rendimiento de caja caliente y el rendimiento de ciclos del dispositivo electroquímico mientras que se promueve la densidad de energía (por ejemplo, la densidad de energía se promueve mediante el uso del material de ánodo ternario rico en níquel).
- 50 En algunas realizaciones, la película de ánodo de la presente solicitud incluye un material activo de ánodo, un adhesivo y/o un agente conductor.
- 55 En algunas realizaciones, el material activo del ánodo de la presente solicitud es grafito sintético, grafito natural, carbono duro, silicio elemental, un compuesto de silicio-oxígeno, una aleación de silicio, un compuesto de silicio-carbono, un compuesto de silicio-nitrógeno o una combinación de los mismos. En algunas realizaciones, la superficie del grafito sintético, el grafito natural o el carbono duro del material activo del ánodo puede estar recubierta con carbono amorfo. La relación $1(110)/1(002)$ de la intensidad del pico de difracción de rayos X $1(002)$ de la cara de cristal (002) del material activo del ánodo con respecto a la intensidad del pico de difracción de rayos X $1(110)$ de la cara de cristal (110) está en un rango de
- 60
- 65

aproximadamente 0,002 a aproximadamente 0,5. En algunas realizaciones, las superficies de los materiales activos del ánodo son silicio elemental, el compuesto de silicio-oxígeno, la aleación de silicio, el compuesto de silicio-carbono y el compuesto de silicio-nitrógeno también contienen un compuesto de silicato de litio, tal como Li_2SiO_3 , $\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ y Li_4SiO_4 .

Se describirán o mostrarán aspectos y ventajas adicionales de las realizaciones de la presente solicitud en la siguiente descripción o se interpretarán implementando los ejemplos de la presente solicitud.

EJEMPLOS

Las realizaciones de la presente solicitud se ilustrarán en combinación con los ejemplos siguientes. Se debe entender que estos ejemplos solo se utilizan para ilustrar la presente solicitud en lugar de limitar el alcance de protección de las reivindicaciones de la presente solicitud.

Método de preparación

1) Preparación del electrolito

En una caja de guantes con atmósfera de argón con un contenido de agua inferior a 10 ppm, se mezclaron uniformemente carbonato de etileno (abreviado como EC), carbonato de propileno (abreviado como PC), carbonato de dietilo (abreviado como DEC) y carbonato de etilo y metilo (abreviado como EMC) en una proporción de peso de 3:3:6:8. Luego, la sal de litio LiPF_6 suficientemente seca (1 mol/L) se disolvió en el disolvente no acuoso anterior. Finalmente se añadió una cierta masa del aditivo, para así preparar el electrolito de los ejemplos.

Al electrolito básico anterior se le añadió el compuesto que contiene de 2 a 3 grupos ciano o se le añadieron adicionalmente otros aditivos formadores de película SEI.

2) Separador

Los separadores compuestos ejemplares utilizados en los ejemplos son los siguientes separadores de cierre de poros de baja temperatura (LTS-1, LTS-2 y LTS-3):

LTS-1: formado por la combinación de tres capas, en el que se proporcionó una segunda capa porosa entre dos primeras capas porosas. Las primeras capas porosas se prepararon mezclando una pequeña cantidad de PP y PE, el peso molecular del PE fue de aproximadamente $5,0 \times 10^3$ a aproximadamente $4,0 \times 10^5$, el peso molecular del PP fue de aproximadamente $1,0 \times 10^5$ a aproximadamente $9,0 \times 10^5$, el contenido de PP fue de aproximadamente 1 % a aproximadamente 3 %, y la segunda capa porosa fue PE con un peso molecular de aproximadamente $1,0 \times 10^5$ a aproximadamente $9,0 \times 10^5$. El espesor de la primera capa porosa es de aproximadamente 4 μm , y el espesor de la segunda capa porosa es de aproximadamente 4 μm . Se proporcionó un recubrimiento sobre las primeras capas porosas. El espesor del recubrimiento fue de aproximadamente 1,5 μm . El recubrimiento tenía partículas inorgánicas de Al_2O_3 y un polímero de fluoruro de polivinilideno. La temperatura de cierre de los poros de las primeras capas porosas fue de aproximadamente 131 ± 2 °C.

LTS-2: formado por la combinación de tres capas, en el que se proporcionó una segunda capa porosa entre dos primeras capas porosas. Las primeras capas porosas utilizaron PE de bajo peso molecular con un peso molecular de aproximadamente $5,0 \times 10^3$ a aproximadamente $4,0 \times 10^5$. La segunda capa porosa utilizó PE de alto peso molecular con un peso molecular de aproximadamente $9,0 \times 10^5$ a aproximadamente $4,0 \times 10^6$. El espesor de las primeras capas porosas fue de aproximadamente 4 μm , y el espesor de la segunda capa porosa fue de aproximadamente 4 μm . Se proporcionó un recubrimiento sobre las primeras capas porosas. El espesor del recubrimiento fue de aproximadamente 1,5 μm . El recubrimiento tenía partículas inorgánicas de hidróxido de magnesio y un polímero de fluoruro de polivinilideno. La temperatura de cierre de los poros fue de aproximadamente 129 ± 2 °C.

LTS-3: formado por la combinación de tres capas, en el que se proporcionó una segunda capa porosa entre dos primeras capas porosas. Las primeras capas porosas utilizaron PE de bajo peso molecular con un peso molecular de aproximadamente $5,0 \times 10^3$ a aproximadamente $4,0 \times 10^5$. La segunda capa porosa utilizó un copolímero PP-PE, que tiene un contenido de PE de aproximadamente 7 a aproximadamente 15 % y un peso molecular de aproximadamente $1,0 \times 10^5$ a aproximadamente $9,0 \times 10^5$. El espesor de la primera capa porosa es de aproximadamente 4 μm , y el espesor de la segunda capa porosa es de aproximadamente 4 μm . Se proporcionó un recubrimiento sobre las primeras capas porosas. El espesor del recubrimiento fue de aproximadamente 1,5 μm . El recubrimiento tenía partículas inorgánicas de boehmita y un polímero de fluoruro de polivinilideno. La temperatura de cierre de los poros de las primeras capas porosas fue de aproximadamente 129 ± 2 °C.

LTS-4: tiene composiciones similares al LTS-1 con la diferencia de que las primeras capas porosas del LTS-4 no tienen recubrimiento.

5 LTS-5: tiene una composición similar a LTS-2 con la diferencia de que las primeras capas porosas de LTS-5 no tienen recubrimiento.

LTS-6: tiene una composición similar al LTS-3 con la diferencia de que las primeras capas porosas del LTS-6 no tienen recubrimiento.

10 Se utilizaron separadores de PE monocapa convencionales (S, con un peso molecular de $9,0 \times 10^5$ a $4,0 \times 10^6$) como separador para los grupos de control.

3) Preparación del cátodo

15 Un material activo de cátodo de NCM (que tiene una fórmula molecular de $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$), un agente conductor de negro de acetileno y un adhesivo de fluoruro de polivinilideno (abreviado como PVDF) se agitaron y mezclaron suficientemente en una proporción de peso de 96:2:2 en una cantidad adecuada de disolvente de N-metilpirrolidona (abreviado como NMP) para formar una suspensión de cátodo uniforme. La
20 suspensión se aplicó al colector de corriente del cátodo de lámina de Al que se secó y prensó en frío para obtener la placa del cátodo.

4) Preparación del ánodo

25 Un material activo de ánodo, grafito, un adhesivo de caucho de estireno butadieno (abreviado como SBR) y un espesante de carboximetilcelulosa sódica (abreviado como CMC), se agitaron y mezclaron suficientemente en una relación de peso de 97,4:1,4:1,2 en una cantidad adecuada de disolvente de agua desionizada para formar una suspensión de ánodo uniforme. La suspensión se aplicó al colector de corriente del ánodo de lámina de Cu que se secó y prensó en frío para obtener la lámina del ánodo.

30 5) Preparación de la batería de iones de litio

La lámina catódica, el separador y la lámina anódica se laminaron de tal manera que el separador estuviera ubicado entre la lámina catódica y la lámina anódica para proporcionar la función aislante. A continuación, se
35 enrollaron para obtener una batería desnuda. La batería desnuda se colocó dentro de una lámina de embalaje externa. El electrolito preparado se inyectó en la batería seca, que luego se sometió a los procedimientos de envasado al vacío, reposo, formación, modelado y similares. Se finalizó la preparación de la batería de iones de litio (8Ah).

40 Los electrolitos y las baterías de iones de litio de los ejemplos 1 a 8, 13 a 43, 45 a 59, 61 a 74 y 76 a 89, los ejemplos de referencia 9 a 12, 44, 60, 75 y 90 y de los ejemplos comparativos se prepararon de acuerdo con el método de preparación mencionado anteriormente; y se realizó una prueba de sobrecarga y una prueba de almacenamiento a alta temperatura para la batería.

Métodos de prueba

45 Proceso de prueba de sobrecarga: la batería se descargó a 2,8 V a 0,5 C a 25 °C, a continuación se cargó bajo diferentes voltajes como se muestra en la tabla a una corriente constante de 2 C y luego se cargó a un voltaje constante durante 3 h. Se monitoreó el cambio de temperatura en la superficie de la batería. No se determinó que la ignición ni el humo pasaran la prueba. Se probaron 10 baterías en este experimento y se
50 registró el número de pruebas superadas.

Proceso de prueba de caja caliente: la batería se cargó a 4,2 V a una corriente constante de 0,5 C y a continuación se cargó a un voltaje constante de 4,2 V hasta que la corriente fuera de 0,005 C. La batería se dejó reposar durante 60 minutos a 25 °C. Se inspeccionó y fotografió su apariencia. La temperatura se
55 aumentó a 140 °C a una velocidad de 5 °C/min y se mantuvo durante 120 min. Una vez finalizada la prueba, se inspeccionó y fotografió la apariencia, mientras que se monitorearon el voltaje y la temperatura durante el proceso de prueba. No se determinó que la ignición ni el humo pasaran la prueba. Se probaron 10 baterías en este experimento y se registró el número de pruebas superadas.

60 Proceso de prueba cíclica de 25 °C: la batería se descargó a 2,8 V a 6 C a una temperatura de 25 °C y a continuación se cargó a una corriente de 2 C hasta que el voltaje fue de 4,2 V. Después de realizar el ciclo de esta manera, se calculó el porcentaje de tasa de retención de capacidad de descarga del ciclo 600 tomando como base la capacidad de descarga del ciclo 1. El método de cálculo es el siguiente:

65 tasa de retención de capacidad cíclica = capacidad de descarga del ciclo 600/capacidad de descarga del ciclo 1 $\times 100$ %.

Proceso de prueba de almacenamiento a alta temperatura: la batería se cargó a 4,2 V a una corriente constante de 2 C a 25 °C y a continuación se cargó hasta un estado de llenado a un voltaje constante de 0,05 C. La batería se colocó en un horno a 85 °C y se cargó completamente durante 6 horas. Se monitoreó el cambio de espesor. Se tomó como estándar el espesor del SOC inicial del 50 %.

El término "1 C" se refiere a un valor actual en el cual la capacidad de la batería se descarga completamente en 1 hora.

Los ejemplos 1 a 8 y 13 a 24, así como los ejemplos de referencia 9 a 12 ilustran el electrolito que incluye los compuestos que contienen grupos ciano, y los resultados de las pruebas de rendimiento de los mismos se muestran en la tabla 1 a continuación.

Tabla 1 Electrolitos de los ejemplos 1 a 8 y 13 a 24, ejemplos de referencia 9 a 12 y ejemplos comparativos y resultados de las pruebas

	Separador	Compuesto que contiene grupos ciano		Prueba de sobrecarga		Prueba de caja caliente Número pasado
		Fórmula estructural	Contenido	Voltaje	Número pasado	
Ejemplo 1	LTS-2	II-1	0,1	8V	7	6
Ejemplo 2	LTS-2	II-1	0,3	8V	10	9
Ejemplo 3	LTS-2	II-1	0,5	9V	9	10
Ejemplo 4	LTS-2	II-1	1	10V	6	10
Ejemplo 5	LTS-2	II-1	2	10V	10	10
Ejemplo 6-A	LTS-2	II-1	3	10V	10	10
Ejemplo 6-B	LTS-2	II-1	3	11V	0	
Ejemplo 7	LTS-2	II-1	5	11V	0	10
Ejemplo 8	LTS-2	II-1	10	11V	0	10
Ejemplo de referencia 9	LTS-4	II-2	2	9V	7	6
Ejemplo de referencia 10	LTS-5	II-2	2	9V	8	7
Ejemplo de referencia 11	LTS-6	II-2	2	9V	8	6
Ejemplo de referencia 12	LTS-4	II-1	2	9V	7	6
Ejemplo 13-A	LTS-2	I-1	2	9V	9	8
Ejemplo 13-B	LTS-2	I-1	2	10V	0	
Ejemplo 14	LTS-2	I-2	2	9V	0	7
Ejemplo 15	LTS-2	I-3	2	9V	8	7
Ejemplo 16-A	LTS-2	II-2	2	10V	10	10
Ejemplo 16-B	LTS-2	II-2	2	11V	3	
Ejemplo 17-A	LTS-2	II-3	2	10V	6	10
Ejemplo 17-B	LTS-2	II-3	2	11V	0	
Ejemplo 18	LTS-2	II-2+I-3	1+1	10V	8	10
Ejemplo 19A	LTS-2	II-2+I-2	1+1	10V	10	10
Ejemplo 19B	LTS-2	II-2+I-2	1+1	11V	0	
Ejemplo 20	LTS-2	II-2+I-2	1+1	10	7	10
Ejemplo 21	LTS-1	II-1	2	10V	8	9
Ejemplo 22	LTS-1	II-2	2	10V	9	10
Ejemplo 23	LTS-3	II-1	2	10V	8	10
Ejemplo 24	LTS-3	II-2	2	10V	9	10
Ejemplo comparativo 1	S	-	-	5V	0	0
Ejemplo comparativo 2	S	II-2	2	5V	6	0
Ejemplo comparativo 3-A	LTS-1	-	-	6V	10	5
Ejemplo comparativo 3-B	LTS-1	-	-	7V	8	
Ejemplo comparativo 3-C	LTS-1	-	-	8V	0	
Ejemplo comparativo 4-A	LTS-2	-	-	7V	10	5

	Separador	Compuesto que contiene grupos ciano		Prueba de sobrecarga		Prueba de caja caliente Número pasado
		Fórmula estructural	Contenido	Voltaje	Número pasado	
Ejemplo comparativo 4-B	LTS-2	-	-	8V	7	5
Ejemplo comparativo 5-A	LTS-3	-	-	6V	9	
Ejemplo comparativo 5-B	LTS-3	-	-	7V	3	

Se puede observar en los ejemplos, ejemplos de referencia y los ejemplos comparativos 1 y 2 de la tabla 1 que los ejemplos comparativos 1 y 2 utilizaron separadores comunes (separador monocapa, S), que no pasaron la prueba de sobrecarga de 2C, 5 V y la prueba de caja caliente. Al utilizar el separador (el separador compuesto) proporcionado por la presente solicitud, se mejoraron sustancialmente el rendimiento de sobrecarga y el rendimiento de la caja caliente. Cuando se agregaron al electrolito compuestos que contenían de 2 a 3 grupos ciano, el rendimiento de sobrecarga y el rendimiento de la caja caliente del dispositivo mejoraron sustancialmente.

5

10

La combinación de los compuestos que contienen los grupos ciano y el diafragma de cierre de poros de baja temperatura proporcionaron efectos sinérgicos. Los compuestos que contienen grupos ciano pueden mejorar la estabilidad de la interfaz del material del cátodo y, de ese modo, reducir la descomposición del electrolito en la superficie del electrodo y ralentizar el aumento de temperatura durante el proceso de sobrecarga y el proceso de caja caliente. Cuando la temperatura aumenta hasta que los poros del separador se cierran, la transferencia de iones de litio se puede suprimir o suprimir por completo para detener la carga adicional. Sin embargo, al utilizar el separador de cierre de poros de baja temperatura, los poros se cerraron a una temperatura relativamente baja, evitando así el descontrol térmico y proporcionando los efectos de mejorar el rendimiento de la caja caliente y la sobrecarga.

15

20

Los ejemplos 25 a 43 y el ejemplo de referencia 44 ilustran el uso combinado de los compuestos que contienen los grupos ciano y los compuestos que contienen grupos funcionales de doble enlace azufre-oxígeno. Las baterías preparadas fueron probadas para comprobar su rendimiento de sobrecarga. Los resultados de la prueba se muestran en la tabla 2 a continuación.

25

Tabla 2 Electrolito de los ejemplos 16 y 25 a 43 y ejemplo de referencia 44 y resultados de la prueba

	Separador	Compuesto que contiene grupos ciano		Compuesto que contiene grupos funcionales de doble enlace azufre-oxígeno		Prueba de sobrecarga		Conservado a 85 °C
		Fórmula estructural	Contenido	Fórmula estructural	Contenido	Voltaje	Número pasado	
Ejemplo 16-A	LTS-2	II-2	2	-	-	10 V	10	15,0 %
Ejemplo 16-B	LTS-2	II-2	2	-	-	11 V	3	
Ejemplo 25	LTS-2	II-2	2	III-5	0.1	11 V	3	14,6 %
Ejemplo 26	LTS-2	II-2	2	III-5	0.5	11 V	3	14,1 %
Ejemplo 27	LTS-2	II-2	2	III-5	1	11 V	4	13,3 %
Ejemplo 28	LTS-2	II-2	2	III-5	3	11 V	7	12,9 %
Ejemplo 29	LTS-2	II-2	2	III-5	4	11 V	7	12,7 %
Ejemplo 30	LTS-2	II-2	2	III-5	5	11 V	10	12,6 %
Ejemplo 31-A	LTS-2	II-2	2	III-5	8	12 V	7	11,9 %
Ejemplo 31-B	LTS-2	II-2	2	III-5	8	15 V	0	
Ejemplo 32	LTS-2	II-2	2	III-5	20	12 V	10	12,7 %
Ejemplo 33	LTS-2	II-2	1	III-5	1	11 V	5	13,5 %
Ejemplo 34	LTS-2	II-2	1	III-11	1	11 V	4	12,6 %
Ejemplo 35	LTS-2	II-2	1	III-11	2	11 V	5	12,2 %
Ejemplo 36	LTS-2	II-2	1	III-11	3	10 V	10	12,5 %
Ejemplo 37	LTS-2	II-2	1	III-13	1	11 V	5	13,6 %
Ejemplo 38	LTS-2	II-2	1	III-13	2	10 V	7	12,5 %
Ejemplo 39	LTS-2	II-2	1	III-12	1	10 V	3	11,6 %

	Separador	Compuesto que contiene grupos ciano		Compuesto que contiene grupos funcionales de doble enlace azufre-oxígeno		Prueba de sobrecarga		Conservado a 85 °C
		Fórmula estructural	Contenido	Fórmula estructural	Contenido	Voltaje	Número pasado	
Ejemplo 40	LTS-2	II-2	1	III-12	2	10 V	6	12,7 %
Ejemplo 41	LTS-2	II-2	1	III-12	3	10 V	10	12,2 %
Ejemplo 42	LTS-2	II-1	2	III-5	5	12 V	6	11,8 %
Ejemplo 43	LTS-1	II-1	2	III-5	8	12 V	6	11,7 %
Ejemplo de referencia 44	LTS-4	II-2	2	III-5	8	11 V	4	14,2 %

Se puede observar en los ejemplos de la tabla 2 que los compuestos que contienen grupos funcionales de doble enlace azufre-oxígeno y los compuestos que contienen grupos ciano, así como el separador de cierre de poros de baja temperatura, proporcionaron efectos sinérgicos. Los compuestos que contienen grupos ciano y los compuestos que contienen grupos funcionales de doble enlace azufre-oxígeno protegieron respectivamente las interfaces del ánodo y del cátodo. Cuando la temperatura es demasiado alta, el separador puede suprimir la transferencia de iones de litio y mientras tanto reducir la contracción del separador y evitar un cortocircuito causado por el contacto del ánodo y el cátodo. Los tres actuaron en conjunto para evitar el descontrol térmico durante el proceso de sobrecarga o caja caliente. Esto fue posible porque la acción combinada de los tres puede mejorar aún más la resistencia a la oxidación del electrolito y, al mismo tiempo, se formó una película protectora estable en la superficie del electrodo del ánodo. En concreto, se formó una membrana de pasivación en la superficie de las dendritas de litio. Preferentemente, la cantidad agregada de los compuestos que contienen grupos funcionales de doble enlace azufre-oxígeno fue de aproximadamente 3 % a aproximadamente 8 %, y se obtuvo un mejor efecto de mejora para la sobrecarga en dicho rango.

Los ejemplos 45 a 59 y el ejemplo de referencia 60 ilustran el electrolito que incluye los compuestos que contienen grupos ciano y fluorobenceno. Para estos ejemplos se probó el rendimiento de sobrecarga y el rendimiento del ciclo. Los resultados de la prueba se muestran en la tabla 3 a continuación.

Tabla 3 Electrolito de los ejemplos 16 y 45 a 59 y ejemplo de referencia 60 y resultados de la prueba

Ejemplos	Separador	Compuesto que contiene grupos ciano		Compuesto aromático		Prueba de sobrecarga		Tasa de retención de capacidad cíclica
		Fórmula estructural	Contenido	Fórmula estructural	Contenido	Voltaje	Número pasado	
Ejemplo 16-A	LTS-2	II-2	2			10V	10	84,9 %
Ejemplo 16-B	LTS-2	II-2	2			11V	3	
Ejemplo 45	LTS-2	II-2	2	PFP	0,1	10V	10	85,3 %
Ejemplo 46	LTS-2	II-2	2	PFP	0,5	10V	10	85,9 %
Ejemplo 47	LTS-2	II-2	2	PFP	1	11V	6	86,7 %
Ejemplo 48-A	LTS-2	II-2	2	PFP	2	11V	10	87,5 %
Ejemplo 48-B	LTS-2	II-2	2	PFP	2	12V	0	
Ejemplo 49	LTS-2	II-2	2	PFP	3	12V	0	87,6 %
Ejemplo 50	LTS-2	II-2	2	PFP	5	12V	0	87,0 %
Ejemplo 51-A	LTS-1	II-2	2	PFP	2	10V	10	88,6 %
Ejemplo 51-B	LTS-1	II-2	2	PFP	2	11V	4	
Ejemplo 52	LTS-2	II-2	2	DFBP	0,1	10V	10	85,1 %
Ejemplo 53	LTS-2	II-2	2	DFBP	0,5	10V	10	85,6 %
Ejemplo 54	LTS-2	II-2	2	DFBP	1	11V	6	86,9 %
Ejemplo 55	LTS-2	II-2	2	DFBP	2	11V	10	87,9 %
Ejemplo 56	LTS-2	II-2	2	DFBP	3	12V	4	88,7 %
Ejemplo 57	LTS-2	II-2	2	DFBP	5	12V	3	88,3 %
Ejemplo 58	LTS-2	II-1	2	PFP	2	11V	9	88,2 %
Ejemplo 59	LTS-1	II-1	2	PFP	2	10V	10	87,5 %

Ejemplos	Separador	Compuesto que contiene grupos ciano		Compuesto aromático		Prueba de sobrecarga		Tasa de retención de capacidad cíclica
		Fórmula estructural	Contenido	Fórmula estructural	Contenido	Voltaje	Número pasado	
Ejemplo de referencia 60	LTS-4	II-1	2	PFP	2	10V	8	85,5 %

De los datos de la tabla 3 se puede observar que, después de añadir fluorobenceno (por ejemplo, PFT, DFBP), la tasa de retención de capacidad cíclica de la batería mejoró hasta cierto punto, posiblemente debido al hecho de que la combinación de los compuestos que contienen grupos ciano, el diafragma de cierre de poros de baja temperatura y el fluorobenceno pueden reducir una disminución de la conductividad causada por la sobrecarga y evitar la producción excesiva de gas en una condición de almacenamiento a alta temperatura. Durante el proceso de sobrecarga, se electropolimerizaron para formar una membrana conductora y así mejoraron el rendimiento de sobrecarga y el rendimiento del ciclo del electrolito. Además, estos materiales en ciertos rangos de contenido pueden mantener el espesor de las películas protectoras del ánodo y del cátodo en un rango adecuado para reducir un aumento de impedancia y, por lo tanto, afectar el rendimiento del ciclo.

Los ejemplos 61 a 74 y el ejemplo de referencia 75 ilustran los electrolitos que comprenden los compuestos que contienen los grupos ciano y el fosfato/fosfito. La siguiente tabla 4 proporciona los resultados de las pruebas de rendimiento.

Tabla 4 Electrolito de los ejemplos 16 y 61 a 74 y ejemplo de referencia 75 y resultados de la prueba

Ejemplos	Separador	Compuesto que contiene grupos ciano		Fosfato/fosfito		Prueba de sobrecarga		Conservado a 85 °C
		Fórmula estructural	Contenido	Fórmula estructural	Contenido	Voltaje	Número pasado	
Ejemplo 16	LTS-2	II-2	2	-	-	11V	3	15,0 %
Ejemplo 61	LTS-2	II-2	2	TPP	0,1	11V	3	14,2 %
Ejemplo 62	LTS-2	II-2	2	TPP	0,5	11V	3	13,6 %
Ejemplo 63	LTS-2	II-2	2	TPP	1	11V	5	11,0 %
Ejemplo 64-A	LTS-2	II-2	2	TPP	2	11V	10	9,5 %
Ejemplo 64-B	LTS-2	II-2	2	TPP	2	12V	1	
Ejemplo 65	LTS-2	II-2	2	TPP	3	11V	10	9,6 %
Ejemplo 66	LTS-2	II-2	2	TPP	5	11V	10	9,3 %
Ejemplo 67	LTS-2	II-2	2	TTFEP	0,1	11V	4	14,5 %
Ejemplo 68	LTS-2	II-2	2	TTFEP	0,5	11V	4	130 %
Ejemplo 69	LTS-2	II-2	2	TTFEP	1	11V	7	10,7 %
Ejemplo 70	LTS-2	II-2	2	TTFEP	2	11V	7	10,4 %
Ejemplo 71	LTS-2	II-2	2	TTFEP	3	12V	0	9,4 %
Ejemplo 72	LTS-2	II-2	2	TTFEP	5	12V	2	9,3 %
Ejemplo 73	LTS-2	II-1	2	TPP	2	11V	10	9,8 %
Ejemplo 74	LTS-1	II-1	2	TPP	2	11V	10	9,4 %
Ejemplo de referencia 75	LTS-4	II-2	2	TPP	2	11V	1	12,3 %

Se puede observar de los datos de la tabla 4 que, añadiendo además el compuesto de fosfato o fosfito al electrolito se pueden lograr los efectos de mejorar aún más la protección contra sobrecarga y se puede mejorar sustancialmente el rendimiento de almacenamiento a alta temperatura, posiblemente debido al hecho de que la combinación de los compuestos que contienen los grupos ciano, el separador de cierre de poros de baja temperatura y el fluorobenceno pueden mejorar sustancialmente el rendimiento de la interfaz del electrolito y el separador en la batería, reducir la descomposición de la membrana SEI y suprimir la formación de dendritas de litio.

El dispositivo electroquímico proporcionado por los ejemplos 76 a 90 y el ejemplo de referencia 91 incluía el separador y el electrolito que comprendía al menos tres aditivos seleccionados entre los siguientes compuestos: el compuesto que contiene grupos ciano, el compuesto que contiene dobles enlaces azufre-oxígeno, el compuesto de fluorobenceno y el compuesto de fosfato o fosfito. Los resultados de las pruebas de rendimiento se proporcionan en la tabla 5 a continuación.

5 Los aditivos involucrados en la tabla 5 incluyen: 1,2,3-tri(2-cianoetoxi)propano (TCEP), 1,3,6-hexanotricarbonitrilo (HTCN), 1,2,5-pentanotricarbonitrilo (PTCN), 2,4-difluorobifenilo (DFBP), p-fluorotolueno (PFT), fosfato de trifenilo (TPP), fosfito de tris(2,2,2-trifluoroetilo) (TTFEP), sulfolano (fórmula III-5) y 1,3-propano sultona (fórmula III-11).

Se adoptó un voltaje de 12 V para la prueba de sobrecarga en la tabla 5, a menos que se indique lo contrario.

Tabla 5 Electrolito de los ejemplos 16 y 76 a 90 y ejemplo de referencia 90 y resultados de la prueba

Ejemplos	Separador	Compuesto que contiene grupos ciano		Compuesto que contiene enlaces dobles azufre-oxígeno		Compuesto aromático		Fosfato/fosfito		Prueba de sobrecarga Número pasado	Conservado a 85 °C
		Fórmula estructural	Contenido	Fórmula estructural	Contenido	Fórmula estructural	Contenido	Fórmula estructural	Contenido		
Ejemplo 16	LTS-2	II-2	2	-	-	-	-	-	-	0	15,0 %
Ejemplo 76-A	LTS-2	II-2	2	III-5	8	PFP	3	-	-	9	10,9 %
Ejemplo 76-B	LTS-2	II-2	2	III-5	8	PFP	3	-	-	0 (15 V)	
Ejemplo 77	LTS-2	II-2	2	III-5	8	DFBP	3	-	-	8	10,8 %
Ejemplo 78	LTS-2	II-2	2	III-11	2	PFP	3	-	-	0	11,2 %
Ejemplo 79	LTS-2	II-2	2	III-5	8	-	-	TPP	3	7	6,9 %
Ejemplo 80	LTS-2	II-2	2	III-5	8	-	-	TFEP	3	7	5,9 %
Ejemplo 81	LTS-2	II-2	2	-	-	PFP	3	TFEP	3	5	6,7 %
Ejemplo 82	LTS-2	I-1+II-2	1+1	III-5	8	-	-	TFEP	3	7	6,9 %
Ejemplo 83	LTS-2	II-1	2	-	-	PFP	3	TFEP	3	3	7,1 %
Ejemplo 84	LTS-2	II-3	2	-	-	PFP	3	TFEP	3	4	7,5 %
Ejemplo 85	LTS-2	II-2	2	III-5	8	PFP	3	TFEP	3	10	8,1 %
Ejemplo 86	LTS-2	II-2	2	III-5	8	PFP + DFBP	1+2	-	-	9	10,2 %
Ejemplo 87	LTS-2	II-2	2	III-5	8	PFP + DFBP	2+2	-	-	9	13,2 %
Ejemplo 88	LTS-2	I-1+II-2	1+1	III-5	8	PFP	3	-	-	10	12,6 %
Ejemplo 89	LTS-1	I-1+II-2	1+1	III-5	8	PFP	3	TFEP	3	10	9,2 %
Ejemplo de referencia 90	LTS-4	II-2	2	III-5	8	PFP	3	TFEP	3	1	11,1 %

De los datos de la tabla 5 se puede observar que la combinación de al menos tres de los compuestos que contienen grupos ciano, los compuestos que contienen enlaces dobles azufre-oxígeno, el compuesto de fluorobenceno y el compuesto de fosfato o fosfito logró una mejora en el rendimiento de sobrecarga y el rendimiento de almacenamiento a alta temperatura.

5

Las referencias a "algunas realizaciones", "parte de las realizaciones", "una realización", "otro ejemplo", "ejemplo", "ejemplo específico" o "parte de los ejemplos" en toda la descripción significan que al menos una realización o ejemplo en la solicitud comprende características, estructuras, materiales o características específicas descritas en las realizaciones o ejemplos. Así, las descripciones aparecen a lo largo de la descripción, tales como "en algunas realizaciones", "en una realización", "en una realización", "en otro ejemplo", "en un ejemplo", "en un ejemplo específico" o "un ejemplo", lo que no necesariamente se refiere a la misma realización o ejemplo en la presente solicitud. Además, las características, estructuras, materiales o características específicas de las descripciones se pueden combinar de cualquier manera adecuada en una o más realizaciones o ejemplos.

10
15

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo electroquímico, que comprende:

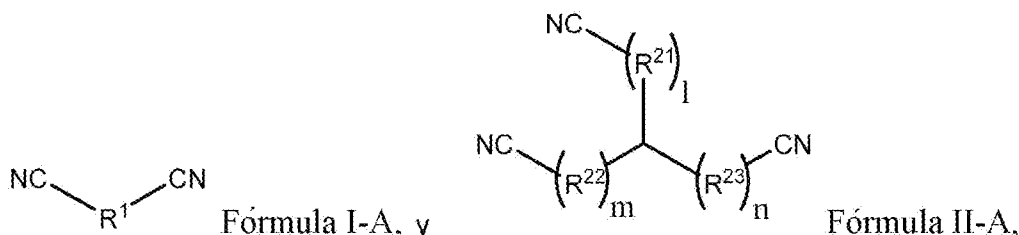
un separador, que comprende una primera capa porosa y una segunda capa porosa; y un electrolito, que comprende al menos un compuesto que contiene de 2 a 3 grupos ciano, **caracterizado por que** el separador comprende además un revestimiento dispuesto sobre la primera capa porosa, y el revestimiento comprende una partícula inorgánica y un polímero, en el que el espesor de la primera capa porosa es de 0,05 μm a 10 μm , y el espesor del revestimiento es de 0,06 μm a 4 μm .

2. Dispositivo electroquímico, según la reivindicación 1, en el que la temperatura de cierre de poros de la primera capa porosa es diferente de la temperatura de cierre de poros de la segunda capa porosa.

3. Dispositivo electroquímico, según la reivindicación 1, en el que la primera capa porosa está adyacente a la segunda capa porosa, y la temperatura de cierre de poros de la segunda capa porosa es mayor que la temperatura de cierre de poros de la primera capa porosa.

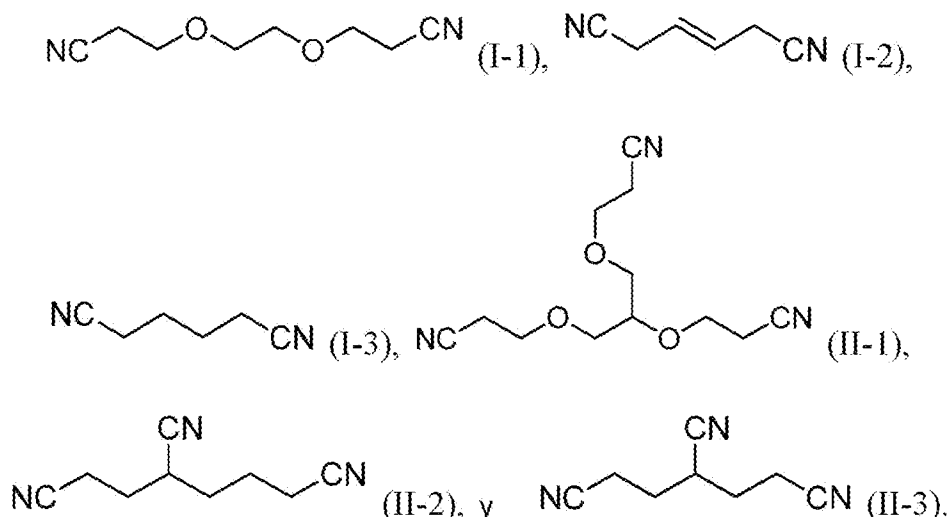
4. Dispositivo electroquímico, según la reivindicación 1, en el que la primera capa porosa o la segunda capa porosa comprende al menos uno de los siguientes polímeros: polietileno, polipropileno, tereftalato de polietilenglicol, tereftalato de polibutileno, poli(fenilenoftalamida), poliéster, poliactal, poliamida, policarbonato, poliimida, poliéter-éter-cetona, poliarilétercetona, polieterimida, poliamida-imida, polibencimidazol, poliéter sulfona, polifeniléter, copolímero de cicloolefina, sulfuro de polifenileno y polietilennafthaleno.

5. Dispositivo electroquímico, según la reivindicación 1, en el que el compuesto que contiene de 2 a 3 grupos ciano comprende al menos uno de los compuestos que tienen la fórmula I-A o II-A:



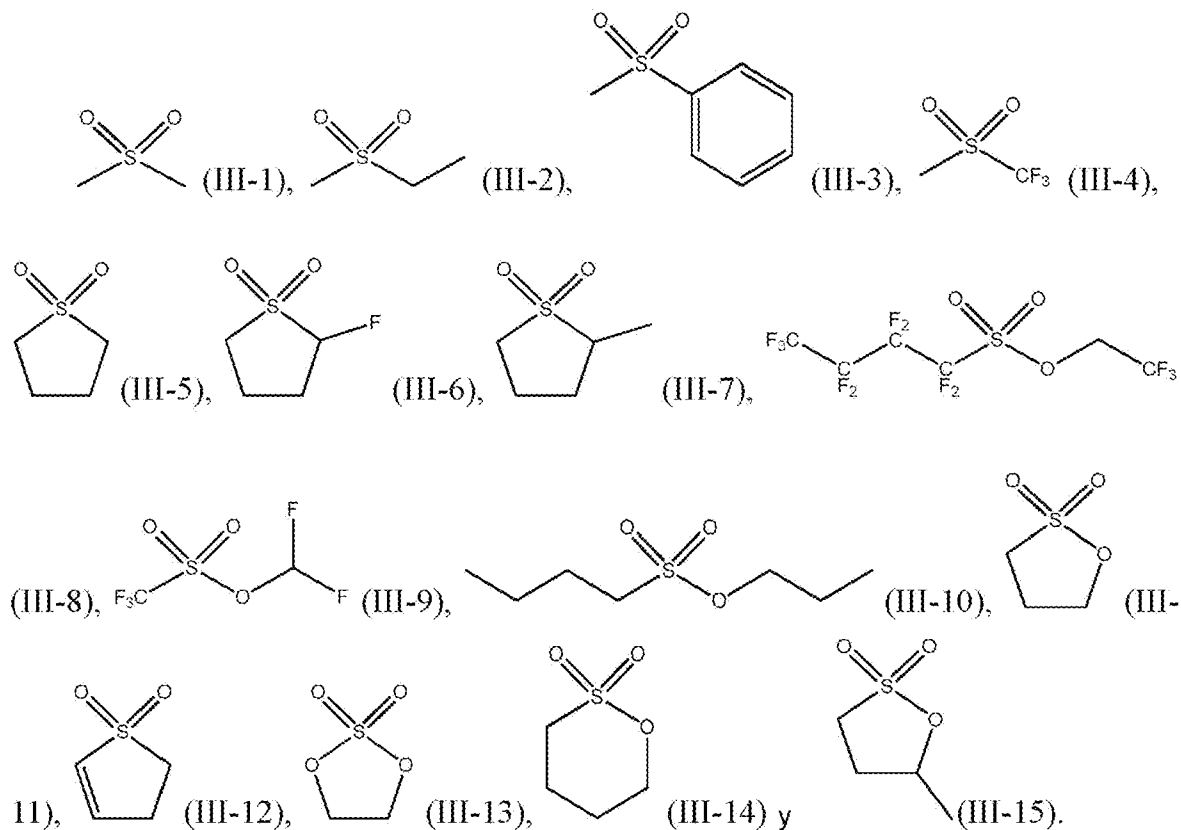
en las que R^1 , R^{21} , R^{22} , R^{23} se seleccionan respectivamente independientemente de alquileo C_1 - C_{10} sustituido o no sustituido, alquilenoxi C_1 - C_{10} sustituido o no sustituido, alqueno C_2 - C_{10} sustituido o no sustituido, arilo C_6 - C_{10} sustituido o no sustituido, y cicloalquilo C_3 - C_{10} sustituido o no sustituido, n , m y l se seleccionan cada uno independientemente de 0 o 1, y al menos dos de los cuales no son 0.

6. Dispositivo electroquímico, según la reivindicación 1, en el que el compuesto que contiene de 2 a 3 grupos ciano comprende al menos uno de los siguientes compuestos:



7. Dispositivo electroquímico, según la reivindicación 1, en el que el electrolito comprende además un

compuesto que contiene enlaces dobles azufre-oxígeno que incluye al menos uno de los siguientes compuestos:



5

8. Dispositivo electroquímico, según la reivindicación 7, en el que el compuesto que contiene dobles enlaces azufre-oxígeno comprende un compuesto de sulfona.

10

9. Dispositivo electroquímico, según la reivindicación 1, en el que el electrolito comprende además al menos uno de un compuesto aromático y un compuesto de fósforo, en el que el compuesto aromático comprende al menos uno de los siguientes compuestos:

15

2-fluorotolueno, 3-fluorotolueno, 4-fluorotolueno, 2,4-difluorotolueno, 2-fluorobifenilo, 3-fluorobifenilo, 4-fluorobifenilo, 4,4'-difluorobifenilo, 2,4-difluorobifenilo, o-ciclohexilfluorobenceno, p-ciclohexilfluorobenceno, 2,4-difluoroanisol, 2,5-difluoroanisol, 2,6-difluoroanisol y 3,5-difluoroanisol; y

20

el compuesto de fósforo comprende al menos uno de los siguientes compuestos: fosfato de tri(2-terc-pentilfenilo), fosfato de tri(3-terc-pentilfenilo), fosfato de tri(4-terc-pentilfenilo), fosfato de tri(2-ciclohexilfenilo), fosfato de tri(3-ciclohexilfenilo), fosfato de tri(4-ciclohexilfenilo), fosfato de trifenilo, fosfato de tri(2-metilfenilo), fosfato de tri(2-terc-butilfenilo), fosfato de tris(2,2,2-trifluoroetilo) (TFEP), fosfito de tri(2-terc-pentilfenilo), fosfito de tri(3-terc-pentilfenilo), fosfito de tri(4-terc-pentilfenilo), fosfito de tri(2-ciclohexilfenilo), fosfito de tri(3-ciclohexilfenilo), fosfito de tri(4-ciclohexilfenilo), fosfito de trifenilo, fosfito de tri(2-metilfenilo), fosfito de tri(2-terc-butilfenilo) y fosfito de tri(2,2,2-trifluoroetilo).

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

Esta lista de referencias citada por el solicitante es únicamente para mayor comodidad del lector. No forman parte del documento de la Patente Europea. Incluso teniendo en cuenta que la compilación de las referencias se ha efectuado con gran cuidado, los errores u omisiones no pueden descartarse; la EPO se exime de toda responsabilidad al respecto.

Documentos de patentes citados en la descripción

- US 2008220336 A1
- JP 5369568 B
- US 2016301103 A1
- CN 109301326 A