

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 023 546**

51 Int. Cl.:

**H01M 10/0525** (2010.01)

**H01M 10/0567** (2010.01)

**H01M 10/0569** (2010.01)

**H01M 10/48** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.05.2019** E 21193613 (3)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.01.2025** EP 3940844

54 Título: **Electrolito y dispositivo electroquímico que incluye el mismo**

30 Prioridad:

**21.09.2018 CN 201811106537**

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

**02.06.2025**

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:

**WANG, KEFEI**

74 Agente/Representante:

**DURAN-CORRETJER, S.L.P**

**ES 3 023 546 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**

Electrolito y dispositivo electroquímico que incluye el mismo

**5 ESTADO DE LA TÉCNICA ANTERIOR**

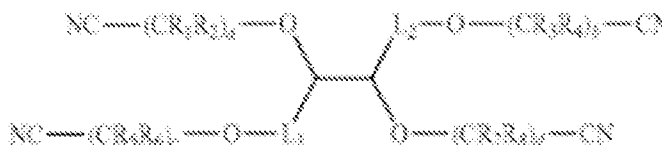
**1. Sector de la invención**

10 La presente solicitud se refiere al sector técnico de las tecnologías de almacenamiento de energía y, más específicamente, a un electrolito y a un dispositivo electroquímico que comprende el electrolito, en concreto, una batería de iones de litio.

**2. Descripción de la técnica relacionada**

15 Con el rápido desarrollo de productos electrónicos inteligentes, se imponen cada vez mayores requisitos en cuanto a la densidad de energía de los dispositivos electroquímicos. El desarrollo de un dispositivo electroquímico de alto voltaje es uno de los procedimientos eficaces. No obstante, a un alto voltaje, aumenta la capacidad de oxidación del material del cátodo, y disminuye su estabilidad, lo que provoca que el electrolito no acuoso se descomponga fácilmente en la superficie del cátodo o que se deteriore el material de la batería, dando lugar a una disminución de su capacidad. El fenómeno en el que un dispositivo electroquímico se carga continuamente después de su carga completa, de modo que el dispositivo electroquímico se encuentra en un estado de alta carga durante un tiempo prolongado, se denomina carga flotante. El rendimiento de carga flotante del dispositivo electroquímico afecta directamente a su fiabilidad, por ejemplo, hinchamiento, grosor adicional y atenuación de su capacidad.

25 La Patente US 2018/233778 A1 da a conocer un electrolito para una batería secundaria de litio y una batería secundaria de litio que incluye el mismo, en la que el electrolito puede mejorar la característica de RI-CC y la característica de almacenamiento de la batería, y puede mejorar la estabilidad a alta temperatura, la característica a baja temperatura y la característica de la vida útil, para ser así utilizado de manera eficaz para la fabricación de una batería secundaria. El electrolito comprende una sal de litio, un disolvente orgánico no acuoso y un compuesto de nitrilo representado por la siguiente fórmula:



35 en el que L<sub>1</sub> y L<sub>2</sub> son cada uno, independientemente, alquileo (C1-C10); R<sub>1</sub> a R<sub>8</sub> son cada uno, independientemente, hidrógeno, alquilo (C1-C7), alcoxi (C1-C7), alcoxicarbonilo (C1-C7) o arilo (C6-C12); y a a d son cada uno, independientemente, un número entero de 1 a 10.

40 La Patente US 2018/108947 A9 se refiere a un electrolito y a una batería de iones de litio que contiene el mismo, en la que el electrolito comprende una sal de litio, un disolvente orgánico no acuoso y aditivos, comprendiendo el disolvente orgánico no acuoso un compuesto de carboxilato, y comprendiendo los aditivos un compuesto de fluoroéter y un compuesto de dinitrilo que comprende un enlace éter. El electrolito aplicado a la batería de iones de litio, en particular a una batería de iones de litio de forma irregular, puede mejorar el rendimiento de almacenamiento a alta temperatura, el rendimiento del ciclo de vida a alta temperatura y los rendimientos de tasa de la batería de iones de litio.

50 La Patente US 2016/301103 A1 se refiere a un electrolito para una batería secundaria de litio de alto voltaje y un alto voltaje que no puede oxidarse ni descomponerse al mantenerse a alto voltaje y a alta temperatura para prevenir el hinchamiento de una batería mediante la supresión de la generación de gas, teniendo así excelentes características de almacenamiento a alta temperatura y excelentes características de descarga a baja temperatura, a la vez que disminuye la tasa de aumento de grosor de la batería. El electrolito comprende: una sal de litio, un disolvente orgánico no acuoso y un compuesto multinitrilo representado por la siguiente fórmula química:



55 en la fórmula química 1, R<sub>1</sub> a R<sub>3</sub> son cada uno, independientemente, ciano, -(CH<sub>2</sub>)<sub>a</sub>-CN, -(CH<sub>2</sub>)<sub>b</sub>-O-(CH<sub>2</sub>)<sub>c</sub>-CN o alcoxicarbonilo (C1-C5); R<sub>4</sub> es hidrógeno, ciano, -(CH<sub>2</sub>)<sub>a</sub>-CN o -(CH<sub>2</sub>)<sub>b</sub>-O-(CH<sub>2</sub>)<sub>c</sub>-CN; y a y c son cada uno, independientemente, números enteros de 2 a 10, y b es un número entero de 1 a 10; siendo, como mínimo,

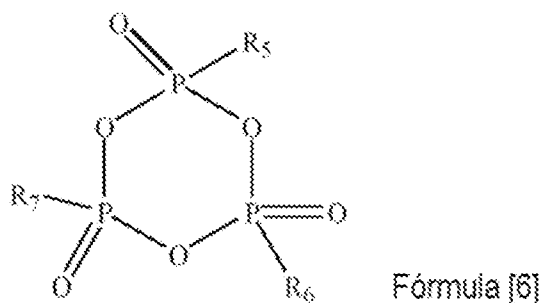
dos de R<sub>1</sub> a R<sub>4</sub> -(CH<sub>2</sub>)<sub>m</sub>-CN o -(CH<sub>2</sub>)<sub>m</sub>-O-(CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>-CN.

Para resolver los problemas anteriores, es definitivamente necesario dar a conocer un dispositivo electroquímico que tenga excelentes rendimientos de ciclo, almacenamiento y/o carga flotante, que pueden lograrse con un electrolito mejorado.

### CARACTERÍSTICAS

La presente invención se define en las reivindicaciones adjuntas. Una realización de la presente solicitud da a conocer un electrolito y un dispositivo electroquímico que comprende el electrolito, para resolver, por lo menos, uno de los problemas existentes en la técnica anterior. El electrolito de la presente solicitud puede controlar la expansión del dispositivo electroquímico, de modo que el dispositivo electroquímico tenga excelentes rendimientos de ciclo, almacenamiento y/o carga flotante.

En una realización, la presente solicitud da a conocer un electrolito, que incluye un carbonato cíclico fluorado, un compuesto multinitrilo que tiene un enlace éter y un anhídrido fosfónico cíclico, en el que basándose en el peso total del electrolito, el porcentaje en peso (C<sub>f</sub>) del carbonato cíclico fluorado es mayor que el porcentaje en peso (C<sub>n</sub>) del compuesto multinitrilo que tiene el enlace éter, y en el que el anhídrido fosfónico cíclico se selecciona entre compuestos representados por la fórmula [6]:

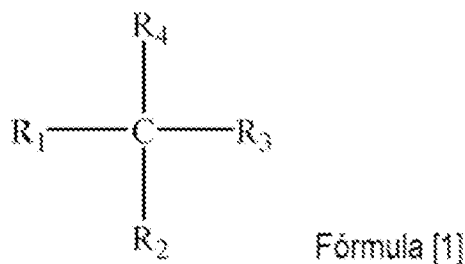


en el que,

R<sub>5</sub>, R<sub>6</sub> y R<sub>7</sub> se seleccionan cada uno, independientemente, entre hidrógeno, un grupo alquilo que tiene de 1 a 20 átomos de carbono o un grupo arilo que tiene de 6 a 26 átomos de carbono.

Según la realización de la presente solicitud, basándose en el peso total del electrolito, C<sub>f</sub> es de aproximadamente el 0,1 % en peso a aproximadamente el 10 % en peso, y C<sub>n</sub> es de aproximadamente el 0,1 % en peso a aproximadamente el 5 % en peso.

Según la realización de la presente solicitud, el compuesto multinitrilo que tiene el enlace éter se selecciona entre un compuesto representado por la fórmula [1]:



en el que:

R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> y R<sub>3</sub> representan, cada uno, -(CH<sub>2</sub>)<sub>a</sub>-CN o -(CH<sub>2</sub>)<sub>b</sub>-O-(CH<sub>2</sub>)<sub>c</sub>-CN;

R<sub>4</sub> representa hidrógeno, un grupo alquilo que tiene de 1 a 5 átomos de carbono, -(CH<sub>2</sub>)<sub>a</sub>-CN o -(CH<sub>2</sub>)<sub>b</sub>-O-(CH<sub>2</sub>)<sub>c</sub>-CN;

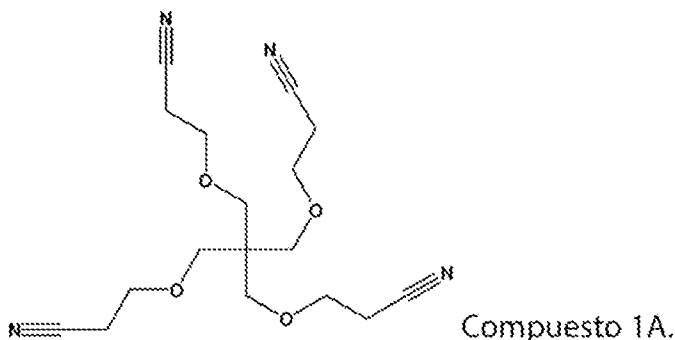
como mínimo, uno de R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> y R<sub>4</sub> es -(CH<sub>2</sub>)<sub>b</sub>-O-(CH<sub>2</sub>)<sub>c</sub>-CN; y

a, b y c son cada uno, independientemente, un número entero de 0 a 10.

## ES 3 023 546 T3

Según la realización de la presente solicitud, el compuesto multinitrilo que tiene el enlace éter se selecciona entre, como mínimo, uno del grupo que consiste en 1,2,3-tris(2-cianoetoxi)propano, 1,2,4-tris(2-cianoetoxi)butano, 1,1,1-tris(2-cianoetoximetileno)etano, 1,1,1-tris(2-cianoetoximetileno)propano, 3-metil-1,3,5-tris(2-cianoetoxi)pentano, 1,2,7-tris(2-cianoetoxi)heptano, 1,2,6-tris(2-cianoetoxi)hexano y 1,2,5-tris(2-cianoetoxi)pentano.

Según la realización de la presente solicitud, el compuesto multinitrilo que tiene el enlace éter incluye, además, el compuesto 1A:



Según la realización de la presente solicitud, el carbonato cíclico fluorado se selecciona entre el grupo que consiste en un carbonato cíclico fluorado que tiene un grupo alquileo con 2 a 6 átomos de carbono.

Según la realización de la presente solicitud, el carbonato cíclico fluorado se selecciona entre, como mínimo, uno del grupo que consiste en carbonato de fluoroetileno, carbonato de 4,4-difluoroetileno, carbonato de 4,5-difluoroetileno, carbonato de 4-fluoro-4-metiletileno, carbonato de 4,5-difluoro-4-metiletileno, carbonato de 4-fluoro-5-metiletileno, carbonato de 4,4-difluoro-5-metiletileno, carbonato de 4-(fluorometil)-etileno, carbonato de 4-(difluorometil)-etileno, carbonato de 4-(trifluorometil)-etileno, carbonato de 4-(fluorometil)-4-fluoroetileno, carbonato de 4-(fluorometil)-5-fluoroetileno, carbonato de 4-fluoro-4,5-dimetiletileno, carbonato de 4,5-difluoro-4,5-dimetiletileno y carbonato de 4,4-difluoro-5,5-dimetiletileno.

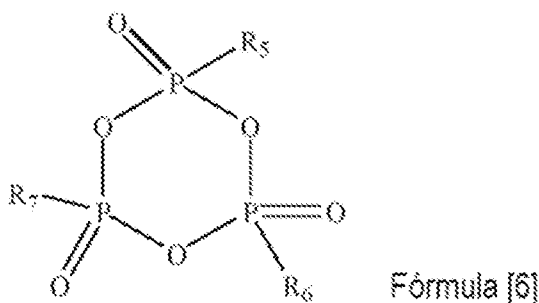
Según la realización de la presente solicitud, el electrolito incluye, además, un fluoroéter seleccionado entre los compuestos de las fórmulas [2], [3], [4] o [5]:



o una combinación de los mismos, en los que:

en las fórmulas [2], [3], [4] y [5], Rf1 y Rf2 son, cada uno, independientemente, un grupo fluoroalquilo C<sub>1</sub> a C<sub>12</sub> lineal o ramificado, que tiene, como mínimo, un átomo de hidrógeno sustituido por flúor, R es un grupo alquilo C<sub>1</sub> a C<sub>12</sub> lineal o ramificado y R' es un grupo alquileo C<sub>1</sub> a C<sub>5</sub> lineal o ramificado, y n es un número entero de 1 a 5.

Según la presente invención, el electrolito incluye un anhídrido fosfónico cíclico, que se selecciona entre los compuestos representados por la fórmula [6]:



en la que:

R<sub>5</sub>, R<sub>6</sub> y R<sub>7</sub> se seleccionan, cada uno, independientemente, entre hidrógeno, un grupo alquilo que tiene de 1 a 20 átomos de carbono y un grupo arilo que tiene de 6 a 26 átomos de carbono; y, en particular,

R<sub>5</sub>, R<sub>6</sub> y R<sub>7</sub> son idénticos o diferentes entre sí o dos de ellos son idénticos.

5

Según la realización de la presente solicitud, el electrolito incluye, además, como mínimo, uno de un carbonato cíclico que tiene un doble enlace carbono-carbono, un carbonato alifático fluorado, un compuesto de dinitrilo y un compuesto que tiene un doble enlace azufre-oxígeno.

10

Según la realización de la presente solicitud, el electrolito incluye, además, como mínimo, uno de un carbonato cíclico, un carbonato alifático, un carboxilato cíclico, un carboxilato alifático, un éter cíclico, un éter alifático, un disolvente orgánico a base de fósforo, un disolvente orgánico que contiene azufre y un disolvente aromático que contiene flúor.

15

En otra realización, la presente solicitud da a conocer un dispositivo electroquímico que incluye un electrodo y el electrolito, tal como se ha descrito anteriormente.

20

Según la realización de la presente solicitud, el electrolito incluye, como mínimo, uno de propionato de etilo, propionato de propilo y  $\gamma$ -butirolactona, que está presente en un contenido de aproximadamente el 1 % en peso a aproximadamente el 60 % en peso, basándose en el peso total del electrolito.

25

Según una realización de la presente solicitud, el electrolito incluye propionato de propilo, que está presente en un contenido de aproximadamente el 10 % en peso a aproximadamente el 50 % en peso, basándose en el peso total del electrolito.

30

Según la realización de la presente solicitud, el electrodo incluye un colector de corriente y un revestimiento que es, como mínimo, uno seleccionado entre el grupo que consiste en:

35

un revestimiento de una sola cara formado al revestir solo una superficie del colector de corriente con una suspensión; y

40

un revestimiento de doble cara formado al revestir dos superficies opuestas del colector de corriente con una suspensión,

45

donde el electrodo que incluye el revestimiento de una sola cara tiene una densidad de compactación de electrodo D1, el electrodo que incluye el revestimiento de doble cara tiene una densidad de compactación de electrodo D2, y D1 y D2 cumplen la relación: aproximadamente  $0,8 \leq D1/D2 \leq$  aproximadamente 1,2.

50

Según la realización de la presente solicitud, los electrodos incluyen un cátodo y un ánodo. En algunas realizaciones, cuando el electrodo es un cátodo, D2 cumple la fórmula: aproximadamente  $3,5 \text{ g/cm}^3 \leq D2 \leq$  aproximadamente  $4,3 \text{ g/cm}^3$ . En algunas otras realizaciones, cuando el electrodo es un ánodo, D2 cumple la fórmula: aproximadamente  $1,2 \text{ g/cm}^3 \leq D2 \leq 1,8 \text{ g/cm}^3$ .

55

En otra realización, la presente solicitud da a conocer un dispositivo electrónico que incluye el dispositivo electroquímico, tal como se ha descrito anteriormente.

60

Otros aspectos y ventajas de las realizaciones de la presente solicitud se describirán, mostrarán o explicarán parcialmente, a modo de ejemplo, en la siguiente descripción.

65

## **DESCRIPCIÓN BREVE DE LOS DIBUJOS**

Los dibujos necesarios para describir las realizaciones de la presente solicitud o el estado de la técnica anterior se describirán brevemente a continuación para facilitar la descripción de las realizaciones de la presente solicitud. Obviamente, los dibujos de la siguiente descripción solo muestran algunas realizaciones de la presente solicitud. Los expertos en la materia pueden obtener sin esfuerzos creativos los dibujos de otras realizaciones según las estructuras mostradas en los dibujos.

70

La figura 1 es una vista que muestra, de forma esquemática, la estructura de un electrodo A con un revestimiento de una sola cara según una realización de la presente solicitud.

75

La figura 2 es una vista que muestra, de forma esquemática, la estructura de un electrodo B con un revestimiento de doble cara según una realización de la presente solicitud.

80

La figura 3 es una vista que muestra, de forma esquemática, la estructura de un electrodo C con un revestimiento híbrido de una sola cara y de doble cara según una realización de la presente solicitud.

**DESCRIPCIÓN DETALLADA**

5 A continuación, se describirán en detalle las realizaciones de la presente solicitud. En toda la memoria descriptiva de la presente solicitud, los componentes idénticos o similares y los componentes que tienen funciones idénticas o similares se indican mediante los mismos números de referencia. Las realizaciones descritas en el presente documento con respecto a las figuras son explicativas e ilustrativas, y se proporcionan para facilitar la comprensión básica de la solicitud. Las realizaciones de la presente solicitud no deben interpretarse como limitaciones de la misma.

10 A menos que se indique expresamente lo contrario, los siguientes términos utilizados en el presente documento tienen el significado que se indica a continuación.

15 El término "aproximadamente" se utiliza para describir y mostrar pequeños cambios. Cuando se utiliza en relación a un evento o una circunstancia, el término puede hacer referencia a un ejemplo en el que el evento o la circunstancia ocurre de forma exacta, y a un ejemplo en el que el evento o la circunstancia ocurre de forma aproximada. Por ejemplo, cuando se utiliza en relación con un valor, el término puede hacer referencia a un intervalo de variación menor o igual al  $\pm 10\%$  de dicho valor, tal como menor o igual al  $\pm 5\%$ , menor o igual al  $\pm 4\%$ , menor o igual al  $\pm 3\%$ , menor o igual al  $\pm 2\%$ , menor o igual al  $\pm 1\%$ , menor o igual al  $\pm 0,5\%$ , menor o igual al  $\pm 0,1\%$  o menor o igual al  $\pm 0,05\%$ . Además, en la presente solicitud las cantidades, relaciones y otros valores se presentan a veces en un formato de intervalo. Se debe comprender que dicho formato de intervalo se proporciona en aras de la comodidad y la simplicidad, y debe entenderse de forma flexible que incluye no solo los valores numéricos que se definen explícitamente en el intervalo, sino también todos los valores individuales o subintervalos que están incluidos en el intervalo, como si se especificara explícitamente cada valor y subintervalo.

25 El término "grupo hidrocarburo" abarca los grupos alquilo, alqueniilo y alquinilo.

30 El término "grupo alquilo" pretende ser una estructura de hidrocarburo lineal saturado que tiene de 1 a 20 átomos de carbono. El grupo alquilo también pretende ser una estructura de hidrocarburo cíclica o ramificada que tiene de 3 a 20 átomos de carbono. Cuando se define un grupo alquilo que tiene un número específico de átomos de carbono, se pretende abarcar todos los isómeros geométricos que tienen dicho número de carbonos. Por tanto, por ejemplo, "butilo" hace referencia a n-butilo, sec-butilo, isobutilo, terc-butilo y ciclobutilo; y "propilo" incluye n-propilo, isopropilo y ciclopropilo. Los ejemplos del grupo alquilo incluyen, sin limitación a los mismos, metilo, etilo, n-propilo, isopropilo, ciclopropilo, n-butilo, isobutilo, sec-butilo, terc-butilo, ciclobutilo, n-pentilo, isoamilo, neopentilo, ciclopentilo, metilciclopentilo, etilciclopentilo, n-hexilo, isohexilo, ciclohexilo, n-heptilo, octilo, ciclopropilo, ciclobutilo, norbornanilo y similares.

40 El término "grupo alqueniilo" hace referencia a un grupo de hidrocarburo monovalente insaturado que puede ser lineal o ramificado y que tiene, como mínimo, uno y normalmente 1, 2 o 3 enlaces dobles carbono-carbono. A menos que se defina de otro modo, el grupo alqueniilo contiene habitualmente de 2 a 20 átomos de carbono e incluye (por ejemplo) un grupo alqueniilo  $-C_{2-4}$ , un grupo alqueniilo  $-C_{2-6}$  y un grupo alqueniilo  $-C_{2-10}$ . Los grupos alqueniilo representativos incluyen (por ejemplo) etenilo, n-propeniilo, isopropeniilo, n-but-2-enilo, butil-3-enilo, n-hex-3-enilo y similares.

45 El término "grupo alquinilo" hace referencia a un grupo de hidrocarburo monovalente insaturado que puede ser lineal o ramificado y que tiene, como mínimo, uno y normalmente 1, 2 o 3 enlaces triples carbono-carbono. A menos que se defina de otro modo, el grupo alquinilo contiene habitualmente de 2 a 20 átomos de carbono e incluye (por ejemplo) un grupo alquinilo  $-C_{2-4}$ , un grupo alquinilo  $-C_{3-6}$  y un grupo alquinilo  $-C_{3-10}$ . Los grupos alquinilo representativos incluyen (por ejemplo) etinilo, prop-2-inilo (n-propinilo), n-but-2-inilo, n-hex-3-inilo y similares.

50 El término "grupo alquilenilo" hace referencia a un grupo de hidrocarburo divalente saturado lineal o ramificado. A menos que se defina de otro modo, el grupo alquilenilo habitualmente contiene de 2 a 10 átomos de carbono e incluye (por ejemplo) alquilenilo  $-C_{2-3}$  y alquilenilo  $-C_{2-6}$ . Los grupos alquilenilo representativos incluyen (por ejemplo) metileno, etano-1,2-diilo ("etileno"), propano-1,2-diilo, propano-1,3-diilo, butano-1,4-diilo, pentano-1,5-diilo y similares.

60 El término "grupo arilo" hace referencia a un grupo de hidrocarburo aromático monovalente que tiene un solo anillo (por ejemplo, fenilo) o un anillo fusionado. El sistema de anillos fusionados incluye un sistema de anillos completamente insaturados (por ejemplo, naftaleno) y un sistema de anillos parcialmente insaturados (por ejemplo, 1,2,3,4-tetrahidronaftaleno). A menos que se defina de otro modo, el grupo arilo contiene habitualmente de 6 a 26 átomos de carbono en el anillo e incluye (por ejemplo) un grupo arilo  $-C_{6-10}$ . Los grupos arilo representativos incluyen (por ejemplo) fenilo, metilfenilo, propilfenilo, isopropilfenilo, bencilo y naftalen-1-ilo, naftalen-2-ilo y similares.

65 Tal como se utiliza en el presente documento, el contenido de cada componente se basa en el peso total del

electrolito.

### I. Electrolito

5 La presente solicitud da a conocer un electrolito, que incluye un electrolito y un disolvente en el que está disuelto el electrolito. El electrolito de la presente solicitud está caracterizado principalmente por incluir un carbonato cíclico fluorado y un compuesto multinitrilo que tiene un enlace éter.

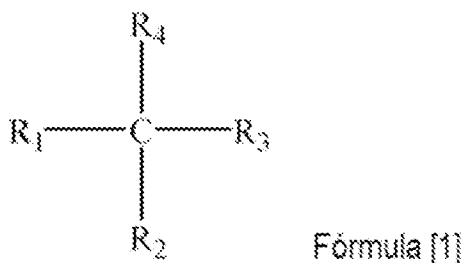
10 Los inventores de la presente solicitud descubrieron que una película de interfaz de electrolito sólido compuesto (película SEI) formada por un carbonato cíclico fluorado y un compuesto multinitrilo que tiene un enlace éter tiene baja impedancia y no es susceptible de descomponerse durante el ciclo de la batería y, por tanto, la interfaz entre el electrolito y los electrodos es estable.

15 El electrolito de la presente solicitud está caracterizado, además, principalmente, por que basándose en el peso total del electrolito, el porcentaje en peso ( $C_f$ ) de carbonato cíclico fluorado es mayor que el porcentaje en peso ( $C_n$ ) del compuesto multinitrilo que tiene el enlace éter. Cuando los porcentajes en peso del carbonato cíclico fluorado y del compuesto multinitrilo que tiene el enlace éter cumplen la relación  $C_f > C_n$ , se puede suprimir la expansión del grosor de la celda de la batería. Cuando  $C_f$  y  $C_n$  cumplen aproximadamente  $0,3 \leq (C_f + C_n) \leq$  aproximadamente 12 y aproximadamente  $1 \leq (C_f / C_n) \leq$  aproximadamente 20, el efecto inhibitor es más evidente. Cuando  $C_f$  y  $C_n$  cumplen aproximadamente  $2 \leq (C_f + C_n) \leq$  aproximadamente 8 y aproximadamente  $2 \leq (C_f / C_n) \leq$  aproximadamente 10, el efecto inhibitor es particularmente más evidente.

25 El electrolito de la presente solicitud juega un papel importante en el control de la expansión del grosor de la celda de la batería del dispositivo electroquímico durante los ciclos repetidos de carga y descarga. Al utilizar el electrolito de la presente solicitud, se pueden obtener dispositivos electroquímicos con excelentes rendimientos de ciclo, almacenamiento y carga flotante.

#### 1. Compuesto multinitrilo que tiene un enlace éter

30 En algunas realizaciones, el compuesto multinitrilo que tiene un enlace éter se selecciona entre un compuesto representado por la fórmula [1]:



35 en la que:

$R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$  representan, cada uno,  $-(CH_2)_a-CN$  o  $-(CH_2)_b-O-(CH_2)_c-CN$ ;

40  $R_4$  representa hidrógeno, un grupo alquilo que tiene de 1 a 5 átomos de carbono,  $-(CH_2)_a-CN$  o  $-(CH_2)_b-O-(CH_2)_c-CN$ ;

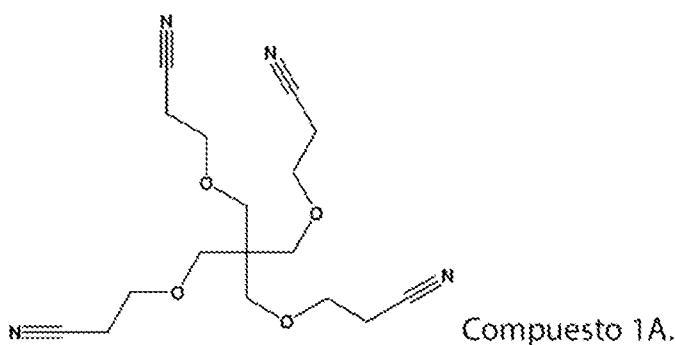
como mínimo, uno de  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  y  $R_4$  es  $-(CH_2)_b-O-(CH_2)_c-CN$ ; y

45 a, b y c son cada uno, independientemente, un número entero de 0 a 10.

En algunas realizaciones, el compuesto multinitrilo que tiene el enlace éter incluye, sin limitación a los mismos, 1,2,3-tris(2-cianoetoxi)propano, 1,2,4-tris(2-cianoetoxi)butano, 1,1,1-tris(cianoetoximetileno)etano, 1,1,1-tris(cianoetoximetileno)propano, 3-metil-1,3,5-tris(cianoetoxi)pentano, 1,2,7-tris(cianoetoxi)heptano, 1,2,6-tris(cianoetoxi)hexano y 1,2,5-tris(cianoetoxi)pentano. En algunas realizaciones, el compuesto multinitrilo que tiene el enlace éter incluye uno o más de los descritos anteriormente.

En algunas realizaciones, el compuesto multinitrilo que tiene el enlace éter incluye, además, el compuesto 1A:

55



En algunas realizaciones, el contenido  $C_n$  del compuesto multinitrilo que tiene el enlace éter es de aproximadamente el 0,1 % en peso o más. En algunas realizaciones,  $C_n$  es de aproximadamente el 0,2 % en peso o más. En algunas realizaciones,  $C_n$  es de aproximadamente el 0,3 % en peso o más. En algunas realizaciones,  $C_n$  es de aproximadamente el 0,5 % en peso o más. En algunas realizaciones,  $C_n$  es de aproximadamente el 5 % en peso o menos. En algunas realizaciones,  $C_n$  es de aproximadamente el 4 % en peso o menos. En algunas realizaciones,  $C_n$  es de aproximadamente el 3 % en peso o menos. En algunas realizaciones,  $C_n$  es de aproximadamente el 0,1 % en peso a aproximadamente el 5 % en peso.

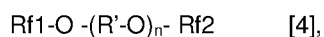
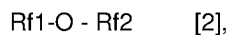
## 2. Carbonato cíclico fluorado

En algunas realizaciones, el carbonato cíclico fluorado se selecciona entre un carbonato cíclico fluorado que tiene un grupo alquileo con 2 a 6 átomos de carbono. En algunas realizaciones, el carbonato cíclico fluorado incluye, sin limitación a los mismos, carbonato de fluoroetileno, carbonato de 4,4-difluoroetileno, carbonato de 4,5-difluoroetileno, carbonato de 4-fluoro-4-metiletileno, carbonato de 4,5-difluoro-4-metiletileno, carbonato de 4-fluoro-5-metiletileno, carbonato de 4,4-difluoro-5-metiletileno, carbonato de 4-(fluorometil)-etileno, carbonato de 4-(difluorometil)-etileno, carbonato de 4-(trifluorometil)-etileno, carbonato de 4-(fluorometil)-4-fluoroetileno, carbonato de 4-(difluorometil)-5-fluoroetileno, carbonato de 4-fluoro-4,5-dimetiletileno, carbonato de 4,5-difluoro-4,5-dimetiletileno y carbonato de 4,4-difluoro-5,5-dimetiletileno. En algunas realizaciones, el carbonato cíclico fluorado incluye uno o más de los descritos anteriormente.

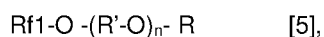
En algunas realizaciones, el contenido  $C_e$  del carbonato cíclico fluorado es de aproximadamente el 0,1 % en peso o más. En algunas realizaciones,  $C_e$  es de aproximadamente el 0,2 % en peso o más. En algunas realizaciones,  $C_f$  es de aproximadamente el 0,3 % en peso o más. En algunas realizaciones,  $C_f$  es de aproximadamente el 0,5 % en peso o más. En algunas realizaciones,  $C_f$  es de aproximadamente el 10 % en peso o menos. En algunas realizaciones,  $C_e$  es de aproximadamente el 8 % en peso o menos. En algunas realizaciones,  $C_e$  es de aproximadamente el 6 % en peso o menos. En algunas realizaciones,  $C_f$  es de aproximadamente el 0,1 % en peso a aproximadamente el 10 % en peso.

## 3. Fluoroéter

En algunas realizaciones, el electrolito de la presente solicitud incluye, además, un fluoroéter que se selecciona entre los compuestos de las fórmulas [2], [3], [4] o [5]:



y



o una combinación de los mismos,

en los que:

Rf1 y Rf2 son, cada uno, independientemente, un grupo fluoroalquilo  $C_1$  a  $C_{12}$  lineal o ramificado, que tiene, como mínimo, un átomo de hidrógeno sustituido por flúor, R es un grupo alquilo  $C_1$  a  $C_{12}$  lineal o ramificado y R' es un grupo alquileo  $C_1$  a  $C_5$  lineal o ramificado con, y n es un número entero de 1 a 5.

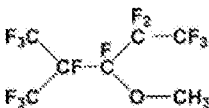
En algunas realizaciones, el fluoroéter incluye, sin limitación a los mismos:  $\text{HCF}_2\text{CF}_2\text{CH}_2\text{OCF}_2\text{CF}_2\text{H}$  (FEPE),  $(\text{CF}_3)_2\text{CFCF}(\text{CF}_2\text{CF}_3)(\text{OCH}_3)$  (TMMMP),  $\text{CF}_3\text{CHF}_2\text{CF}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{OCF}_2\text{CHF}_2\text{CF}_3$  (TPTP),

- 5 HCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCHF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H,  
 HCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCHF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H,  
 HCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCHF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H,  
 CH<sub>3</sub>OCH<sub>2</sub>CH(CH<sub>3</sub>)OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>F,  
 FCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH(CH<sub>3</sub>)OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>F,  
 HCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>,  
 HCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCHF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H,  
 CH<sub>3</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>F,  
 CH<sub>3</sub>OCH<sub>2</sub>CH(CH<sub>3</sub>)OCH<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>,  
 FCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>F,  
 HCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCHF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H,  
 HCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCHF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H,  
 CH<sub>3</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>,  
 FCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>F,  
 CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>O(CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CF<sub>3</sub> y CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH(CH<sub>3</sub>)OCH<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>.

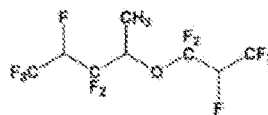
Las fórmulas estructurales de FEPE, TMMP y TPTP se muestran a continuación:



10 1,1-difluoro-2,2-difluoro  
 etil-2',2'-difluoro-3,3'-  
 difluoro propil éter  
 (FEPE)



2-trifluorometil-3-metoxi  
 perfluoropentano  
 (TMMP)



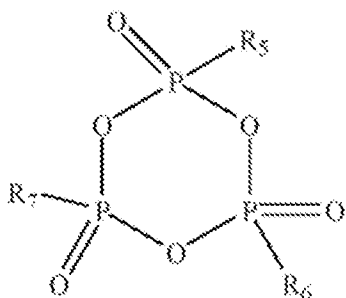
2-(trifluoro-2-fluoro-3-  
 difluoropropoxi)-3-difluoro-4-  
 fluoro-5-trifluoropentano  
 (TPTP)

En algunas realizaciones, el fluoroéter incluye uno o varios de los descritos anteriormente.

- 15 En algunas realizaciones, el contenido del fluoroéter es de aproximadamente el 0,01 % en peso o más. En algunas realizaciones, el contenido del fluoroéter es de aproximadamente el 0,1 % en peso o más. En algunas realizaciones, el contenido del fluoroéter es de aproximadamente el 0,3 % en peso o más. En algunas realizaciones, el contenido del fluoroéter es de aproximadamente el 0,5 % en peso o más. En algunas realizaciones, el contenido del fluoroéter es de aproximadamente el 5 % en peso o menos. En algunas realizaciones, el contenido del fluoroéter es de aproximadamente el 4 % en peso o menos. En algunas realizaciones, el contenido del fluoroéter es de aproximadamente el 3 % en peso o menos. En algunas realizaciones, el contenido del fluoroéter es de aproximadamente el 0,01 % en peso a aproximadamente el 5 % en peso.

#### 4. Anhídrido fosfónico cíclico

- 25 El electrolito de la presente invención incluye, además, un anhídrido fosfónico cíclico, que se selecciona entre los compuestos representados por la fórmula [6]:

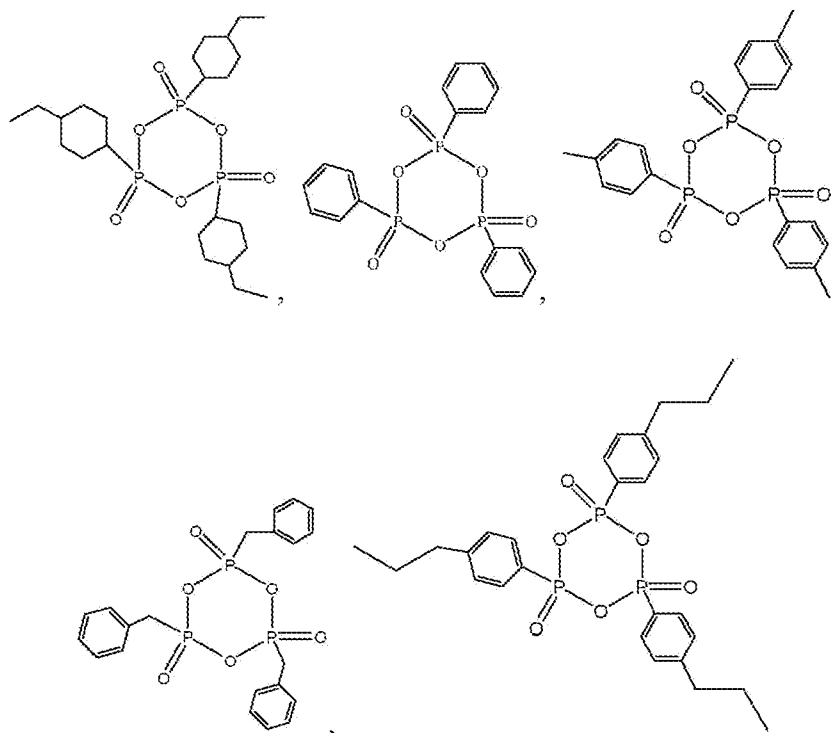


Fórmula [6]

- 30 en la que:  
 R<sub>5</sub>, R<sub>6</sub> y R<sub>7</sub> se seleccionan, cada uno, independientemente, entre hidrógeno, un grupo alquilo que tiene de 1 a 20 átomos de carbono o un grupo arilo que tiene de 6 a 26 átomos de carbono.
- 35 En algunas realizaciones, R<sub>5</sub>, R<sub>6</sub> y R<sub>7</sub> se seleccionan, cada uno, independientemente, entre metilo, etilo, n-propilo, isopropilo, n-butilo, isobutilo, terc-butilo, n-pentilo, isopentilo, n-hexilo, isohexilo, ciclopentilo, 3-metilciclopentilo, 3-etilciclopentilo, ciclohexilo, 4-metilciclohexilo, 4-etilciclohexilo, fenilo, metilbenceno, 4-metilfenilo, 4-propilfenilo o 4-isopropilfenilo.
- 40 En algunas realizaciones, R<sub>5</sub>, R<sub>6</sub> y R<sub>7</sub> de la fórmula [6] son idénticos o diferentes entre sí o dos de ellos son idénticos.

En algunas realizaciones, el anhídrido fosfónico cíclico incluye, sin limitación a las mismas, las siguientes estructuras:





y

5 En algunas realizaciones, el anhídrido fosfónico cíclico incluye uno o varios de los descritos anteriormente.

10 En algunas realizaciones, el contenido del anhídrido fosfónico cíclico es de aproximadamente el 0,01 % en peso o más. En algunas realizaciones, el contenido del anhídrido fosfónico cíclico es de aproximadamente el 0,1 % en peso o más. En algunas realizaciones, el contenido del anhídrido fosfónico cíclico es de aproximadamente el 0,3 % en peso o más. En algunas realizaciones, el contenido del anhídrido fosfónico cíclico es de aproximadamente el 0,5 % en peso o más. En algunas realizaciones, el contenido del anhídrido fosfónico cíclico es de aproximadamente el 3 % en peso o menos. En algunas realizaciones, el contenido del anhídrido fosfónico cíclico es de aproximadamente el 0,01 % en peso a aproximadamente el 3 % en peso.

## 15 5. Otros aditivos

20 En algunas realizaciones, el electrolito de la presente solicitud incluye, además, como mínimo, uno de un carbonato cíclico que tiene un doble enlace carbono-carbono, un carbonato alifático fluorado, un compuesto de dinitrilo y un compuesto que tiene un doble enlace azufre-oxígeno. Después de añadir los aditivos anteriores al electrolito de la presente solicitud, estos aditivos forman, junto con el carbonato cíclico fluorado y el compuesto multinitrilo que tiene el enlace éter, una fuerte película protectora que no es susceptible de descomponerse en la interfaz del electrodo del dispositivo electroquímico, por lo que, además, suprime el aumento de la resistencia interna a la corriente continua del dispositivo electroquímico, reduciendo la expansión del grosor de la celda de la batería y mejorando así el rendimiento de almacenamiento a elevada temperatura y/o la tasa de retención de la capacidad del dispositivo electroquímico.

### (1) Carbonato cíclico que tiene un doble enlace carbono-carbono

30 En algunas realizaciones, el carbonato cíclico que tiene un doble enlace carbono-carbono incluye, sin limitación a los mismos, carbonato de vinileno, carbonato de metil vinileno, carbonato de etil vinileno, carbonato de 1,2-dimetil vinileno, carbonato de 1,2-dietil vinileno, carbonato de fluorovinileno y carbonato de trifluorometilvinileno; carbonato de vinil etileno, carbonato de 1-metil-2-viniletileno, carbonato de 1-etil-2-viniletileno, carbonato de 1-n-propil-2-viniletileno, carbonato de 1-metil-2-viniletileno, carbonato de 1,1-diviniletileno y carbonato de 1,2-diviniletileno; y carbonato de 1,1-dimetil-2-metileno etileno y carbonato de 1,1-dietil-2-metileno etileno. En algunas realizaciones, el carbonato cíclico que tiene un doble enlace de carbono-carbono incluye uno o varios de los descritos anteriormente.

40 En algunas realizaciones, el contenido del carbonato cíclico que tiene un doble enlace carbono-carbono es de aproximadamente el 0,01 % en peso o más. En algunas realizaciones, el contenido del carbonato cíclico que tiene un doble enlace carbono-carbono es de aproximadamente el 0,1 % en peso o más. En algunas

realizaciones, el contenido del carbonato cíclico que tiene un doble enlace carbono-carbono es de aproximadamente el 0,3 % en peso o más. En algunas realizaciones, el contenido del carbonato cíclico que tiene un doble enlace carbono-carbono es de aproximadamente el 0,5 % en peso o más. En algunas realizaciones, el contenido del carbonato cíclico que tiene un doble enlace carbono-carbono es de aproximadamente el 5 % en peso o menos. En algunas realizaciones, el contenido de carbonato cíclico que tiene un doble enlace carbono-carbono es de aproximadamente el 3 % en peso o menos. En algunas realizaciones, el contenido del carbonato cíclico que tiene un doble enlace carbono-carbono es de aproximadamente el 0,01 % en peso a aproximadamente el 5 % en peso.

## 10 (2) Carbonato alifático fluorado

En algunas realizaciones, el carbonato alifático fluorado incluye, sin limitación a los mismos, carbonato de fluorometilmetilo, carbonato de difluorometilmetilo, carbonato de trifluorometilmetilo, carbonato de trifluoroetilmetilo y carbonato de bis(trifluoroetilo). En algunas realizaciones, el carbonato alifático fluorado incluye uno o varios de los descritos anteriormente.

En algunas realizaciones, el contenido del carbonato alifático fluorado es de aproximadamente el 0,01 % en peso o más. En algunas realizaciones, el contenido del carbonato alifático fluorado es de aproximadamente el 0,1 % en peso o más. En algunas realizaciones, el contenido del carbonato alifático fluorado es de aproximadamente el 0,3 % en peso o más. En algunas realizaciones, el contenido del carbonato alifático fluorado es de aproximadamente el 0,5 % en peso o más. En algunas realizaciones, el contenido del carbonato alifático fluorado es de aproximadamente el 5 % en peso o menos. En algunas realizaciones, el contenido del carbonato alifático fluorado es de aproximadamente el 3 % en peso o menos. En algunas realizaciones, el contenido del carbonato alifático fluorado es de aproximadamente el 1 % en peso o menos. En algunas realizaciones, el contenido del carbonato alifático fluorado es de aproximadamente el 0,01 % en peso a aproximadamente el 5 % en peso.

## (3) Compuesto de dinitrilo

En algunas realizaciones, el compuesto de dinitrilo incluye, sin limitarse a los mismos, glutaronitrilo, adiponitrilo, 1,5-dicianopentano, 1,6-dicianohexano, 1,7-dicianoheptano, 1,8-dicianooctano, 1,9-dicianononano, 1,10-dicianododecano, 1,12-dicianododecano, tetrametilbutanodinitrilo, 2-metilglutaronitrilo, 2,4-dimetilglutaronitrilo, 2,2,4,4-tetrametilglutaronitrilo, 1,4-dicianopentano, 2,5-dimetil-2,5-hexanodinitrilo, 2,6-dicianoheptano, 2,7-dicianooctano, 2,8-dicianononano, 1,6-dicianodecano, 1,2-dicianobenceno, 1,3-dicianobenceno, 1,4-dicianobenceno, 3,5-dioxa-pimelonitrilo, 1,4-bis(cianoetoxi)butano, bis(2-cianoetil)éter de etilenglicol, bis(2-cianoetil)éter de dietilenglicol, bis(2-cianoetil)éter de trietilenglicol, bis(2-cianoetil)éter de tetraetilenglicol, 3,6,9,12,15,18-hexaoxaeicosanoico dinitrilo, 1,3-bis(2-cianoetoxi)propano, 1,4-bis(2-cianoetoxi)butano, 1,5-bis(2-cianoetoxi)pentano, bis(4-cianobutil)éter de etilenglicol, 1,4-diciano-2-buteno, 1,4-diciano-2-metil-2-buteno, 1,4-diciano-2-etil-2-buteno, 1,4-diciano-2,3-dimetil-2-buteno, 1,4-diciano-2,3-dietil-2-buteno, 1,6-diciano-3-hexeno, 1,6-diciano-2-metil-3-hexeno y 1,6-diciano-2-metil-5-metil-3-hexeno. En algunas realizaciones, el compuesto de dinitrilo incluye uno o varios de los descritos anteriormente.

En algunas realizaciones, el contenido del compuesto de dinitrilo es de aproximadamente el 0,1 % en peso o más. En algunas realizaciones, el contenido del compuesto de dinitrilo es de aproximadamente el 0,5 % en peso o más. En algunas realizaciones, el contenido del compuesto de dinitrilo es de aproximadamente el 2 % en peso o más. En algunas realizaciones, el contenido del compuesto de dinitrilo es de aproximadamente el 4 % en peso o más. En algunas realizaciones, el contenido del compuesto de dinitrilo es de aproximadamente el 15 % en peso o menos basándose en el peso total del electrolito. En algunas realizaciones, el contenido del compuesto de dinitrilo es de aproximadamente el 10 % en peso o menos. En algunas realizaciones, el contenido del compuesto de dinitrilo es de aproximadamente el 8 % en peso o menos. En algunas realizaciones, el contenido del compuesto de dinitrilo es de aproximadamente el 0,1 % en peso a aproximadamente el 15 % en peso.

## 55 (4) Compuesto que tiene un doble enlace azufre-oxígeno

En algunas realizaciones, el compuesto que tiene un doble enlace azufre-oxígeno incluye, sin limitación a los mismos, como mínimo, uno de un sulfato cíclico, un sulfato alifático, un sulfonato alifático, un sulfonato cíclico, un sulfito alifático y un sulfito cíclico.

En algunas realizaciones, el sulfato cíclico incluye, sin limitación a los mismos, sulfato de 1,2-etileno, sulfato de 1,2-propileno, sulfato de 1,3-propileno, sulfato de 1,2-butileno, sulfato de 1,3-butileno, sulfato de 1,4-butileno, sulfato de 1,2-pentileno, sulfato de 1,3-pentileno, sulfato de 1,4-pentileno y sulfato de 1,5-pentileno. En algunas realizaciones, el sulfato cíclico incluye uno o varios de los descritos anteriormente.

En algunas realizaciones, el sulfato alifático incluye, sin limitación a los mismos, sulfato de dimetilo, sulfato de

metil etilo y sulfato de dietilo. En algunas realizaciones, el sulfato alifático incluye uno o varios de los descritos anteriormente.

5 En algunas realizaciones, el sulfonato alifático incluye, sin limitación a los mismos, un fluorosulfonato, tal como fluorosulfonato de metilo y fluorosulfonato de etilo, metanosulfonato de metilo, metanosulfonato de etilo, dimesilato de butilo, 2-(metilsulfonilo)propionato de metilo y 2-(metilsulfonilo)propionato de etilo. En algunas realizaciones, el sulfonato alifático incluye uno o varios de los descritos anteriormente.

10 En algunas realizaciones, el sulfonato cíclico incluye, sin limitación a los mismos, 1,3-propanosultona, 1-fluoro-1,3-propanosultona, 2-fluoro-1,3-propanosultona, 3-fluoro-1,3-propanosultona, 1-metil-1,3-propanosultona, 2-metil-1,3-propanosultona, 3-metil-1,3-propanosultona, 1-propeno-1,3-sultona, 2-propeno-1,3-sultona, 1-fluoro-1-propeno-1,3-sultona, 2-fluoro-1-propeno-1,3-sultona, 3-fluoro-1-propeno-1,3-sultona, 1-fluoro-2-propeno-1,3-sultona, 2-fluoro-2-propeno-1,3-sultona, 3-fluoro-2-propeno-1,3-sultona, 1-metil-1-propeno-1,3-sultona, 2-metil-1-propeno-1,3-sultona, 3-metil-1-propeno-1,3-sultona, 1-metil-2-propeno-1,3-sultona, 2-metil-2-propeno-1,3-sultona, 3-metil-2-propeno-1,3-sultona, 1,4-butano sultona, 1,5-pentano sultona, metanodisulfonato de metileno y metanodisulfonato de etileno. En algunas realizaciones, el sulfonato cíclico incluye uno o varios de los descritos anteriormente.

20 En algunas realizaciones, el sulfito alifático incluye, sin limitación a los mismos, sulfito de dimetilo, sulfito de metiletilo y sulfito de dietilo. En algunas realizaciones el sulfito alifático incluye uno o varios de los descritos anteriormente.

25 En algunas realizaciones, el sulfito cíclico incluye, sin limitación a los mismos, sulfito de 1,2-etileno, sulfito de 1,2-propileno, sulfito de 1,3-propileno, sulfito de 1,2-butileno, sulfito de 1,3-butileno, sulfito de 1,4-butileno, sulfito de 1,2-pentileno, sulfito de 1,3-pentileno, sulfito de 1,4-pentileno y sulfito de 1,5-pentileno. En algunas realizaciones, el sulfito cíclico incluye uno o varios de los descritos anteriormente.

30 En algunas realizaciones el contenido del compuesto que tiene el doble enlace azufre-oxígeno es de aproximadamente el 0,01 % en peso o más. En algunas realizaciones el contenido del compuesto que tiene el doble enlace azufre-oxígeno es de aproximadamente el 0,1 % en peso o más. En algunas realizaciones el contenido del compuesto que tiene el doble enlace azufre-oxígeno es de aproximadamente el 0,3 % en peso o más. En algunas realizaciones el contenido del compuesto que tiene el doble enlace azufre-oxígeno es de aproximadamente el 0,5 % en peso o más. En algunas realizaciones el contenido del compuesto que tiene el doble enlace azufre-oxígeno es de aproximadamente el 5 % en peso o menos. En algunas realizaciones el contenido del compuesto que tiene el doble enlace azufre-oxígeno es de aproximadamente el 4 % en peso o menos. En algunas realizaciones el contenido del compuesto que tiene el doble enlace azufre-oxígeno es de aproximadamente el 3 % en peso o menos. En algunas realizaciones el contenido del compuesto que tiene el doble enlace azufre-oxígeno es de aproximadamente el 0,01 % en peso a aproximadamente el 5 % en peso basándose en el peso total del electrolito.

40

## 6. Electrolito

El electrolito según la presente solicitud no está limitado, y puede ser cualquier electrolito conocido en la técnica. En algunas realizaciones, el electrolito incluye, sin limitación a los mismos, una sal de litio inorgánica, por ejemplo,  $\text{LiClO}_4$ ,  $\text{LiAsF}_6$ ,  $\text{LiPF}_6$ ,  $\text{LiBF}_4$ ,  $\text{LiSbF}_6$ ,  $\text{LiSO}_3\text{F}$  y  $\text{LiN}(\text{FSO}_2)_2$  y similares; una sal de litio orgánica que contiene flúor, por ejemplo,  $\text{LiCF}_3\text{SO}_3$ ,  $\text{LiN}(\text{FSO}_2)(\text{CF}_3\text{SO}_2)$ ,  $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$ ,  $\text{LiN}(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2$ , 1,3-hexafluoropropano disulfonimida de litio cíclica, 1,2-tetrafluoroetano disulfonimida de litio cíclica,  $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)(\text{C}_4\text{F}_9\text{SO}_2)$ ,  $\text{LiC}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_3$ ,  $\text{LiPF}_4(\text{CF}_3)_2$ ,  $\text{LiPF}_4(\text{C}_2\text{F}_5)_2$ ,  $\text{LiPF}_4(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$ ,  $\text{LiPF}_4(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2$ ,  $\text{LiBF}_2(\text{CF}_3)_2$ ,  $\text{LiBF}_2(\text{C}_2\text{F}_5)_2$ ,  $\text{LiBF}_2(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$  y  $\text{LiBF}_2(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2$  y similares; y una sal de litio que contiene un complejo de ácido dicarboxílico, por ejemplo, bis(oxalato)borato de litio, difluoro(oxalato)borato de litio, tris(oxalato)fosfato de litio, difluorobis(oxalato)fosfato de litio y tetrafluoro(oxalato)fosfato de litio y similares. En algunas realizaciones, el electrolito incluye uno o varios de los descritos anteriormente. En algunas realizaciones, el electrolito incluye  $\text{LiPF}_6$  y  $\text{LiBF}_4$ . En algunas realizaciones, el electrolito incluye una combinación de una sal de litio inorgánica, tal como  $\text{LiPF}_6$  o  $\text{LiBF}_4$  y una sal de litio orgánica que contiene flúor, tal como  $\text{LiCF}_3\text{SO}_3$ ,  $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$  o  $\text{LiN}(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2$ . En algunas realizaciones, la concentración del electrolito se encuentra en el intervalo de aproximadamente 0,8 mol/l a aproximadamente 3 mol/l, por ejemplo, de aproximadamente 0,8 mol/l a aproximadamente 2,5 mol/l, de aproximadamente 0,8 mol/l a aproximadamente 2 mol/l, de aproximadamente 1 mol/l a aproximadamente 2 mol/l, por ejemplo, 1 mol/l, 1,15 mol/l, 1,2 mol/l, 1,5 mol/l, 2 mol/l o 2,5 mol/l.

60

## 7. Disolvente

El disolvente utilizado en el electrolito de la presente solicitud puede ser cualquier disolvente no acuoso conocido en la técnica que puede ser utilizado como disolvente para un electrolito.

65

En algunas realizaciones, el disolvente no acuoso incluye, sin limitación a los mismos, un carbonato cíclico,

un carbonato alifático, un carboxilato cíclico, un carboxilato alifático, un éter cíclico, un éter alifático, un disolvente orgánico a base de fósforo, un disolvente orgánico que contiene azufre y un disolvente aromático que contiene flúor.

5 En algunas realizaciones, el carbonato cíclico incluye, sin limitación a los mismos, carbonato de etileno (EC), carbonato de propileno (PC) y carbonato de butileno. En algunas realizaciones, el carbonato cíclico tiene de 3 a 6 átomos de carbono.

10 En algunas realizaciones, el carbonato alifático incluye, sin limitación a los mismos, carbonato de dimetilo, carbonato de etil metilo, carbonato de dietilo (DEC), carbonato de metil n-propilo, carbonato de etil n-propilo y carbonato de di-n-propilo y similares; y un carbonato alifático fluorado, por ejemplo, carbonato de bis(fluorometilo), carbonato de bis(difluorometilo), carbonato de bis(trifluorometilo), carbonato de bis(2-fluoroetilo), carbonato de bis(2,2-difluoroetilo), carbonato de bis(2,2,2-trifluoroetilo), carbonato de 2-fluoroetilmétilo, carbonato de 2,2-difluoroetilmétilo y carbonato de 2,2,2-trifluoroetilmétilo.

15 En algunas realizaciones, el carboxilato cíclico incluye, sin limitación a los mismos,  $\gamma$ -butirolactona y  $\gamma$ -valerolactona. En algunas realizaciones, algunos de los átomos de hidrógeno del carboxilato cíclico pueden ser sustituidos por flúor.

20 En algunas realizaciones, el carboxilato alifático incluye, sin limitación a los mismos, acetato de metilo, acetato de etilo, acetato de propilo, acetato de isopropilo, acetato de butilo, acetato de sec-butilo, acetato de isobutilo, acetato de terc-butilo, propionato de metilo, propionato de etilo, propionato de propilo, propionato de isopropilo, butirato de metilo, butirato de etilo, butirato de propilo, isobutirato de metilo, isobutirato de etilo, valerato de metilo, valerato de etilo, pivalato de metilo y pivalato de etilo. En algunas realizaciones, algunos de los átomos de hidrógeno del carboxilato alifático pueden ser sustituidos por flúor. En algunas realizaciones, el carboxilato alifático fluorado incluye, sin limitación a los mismos, trifluoroacetato de metilo, trifluoroacetato de etilo, trifluoroacetato de propilo, trifluoroacetato de butilo y trifluoroacetato de 2,2,2-trifluoroetilo.

30 En algunas realizaciones, el éter cíclico incluye, sin limitación a los mismos, tetrahidrofurano, 2-metiltetrahidrofurano, 1,3-dioxolano, 2-metil-1,3-dioxolano, 4-metil-1,3-dioxolano, 1,3-dioxano, 1,4-dioxano y dimetoxipropano.

35 En algunas realizaciones, el éter alifático incluye, sin limitación a los mismos, dimetoximetano, 1,1-dimetoxietano, 1,2-dimetoxietano, dietoximetano, 1,1-dietoxietano, 1,2-dietoxietano, etoximetoximetano, 1,1-etoximetoxietano y 1,2-etoximetoxietano.

40 En algunas realizaciones, el disolvente orgánico que contiene fósforo incluye, sin limitación a los mismos, fosfato de trimetilo, fosfato de trietilo, fosfato de dimetiletilo, fosfato de metildietilo, fosfato de etileno metilo, fosfato de etileno etilo, fosfato de trifenilo, fosfito de trimetilo, fosfito de trietilo, fosfito de trifenilo, fosfato de tris(2,2,2-trifluoroetilo) y fosfato de tris(2,2,3,3,3-pentafluoropropilo).

45 En algunas realizaciones, el disolvente orgánico que contiene azufre incluye, sin limitación a los mismos, sulfolano, 2-metilsulfolano, 3-metilsulfolano, dimetilsulfona, dietilsulfona, etilmétilsulfona, metilpropilsulfona, dimetilsulfóxido, metanosulfonato de metilo, metanosulfonato de etilo, etanosulfonato de metilo, etanosulfonato de etilo, sulfato de dimetilo, sulfato de dietilo y sulfato de dibutilo. En algunas realizaciones, algunos de los átomos de hidrógeno del disolvente orgánico que contiene azufre pueden ser sustituidos por flúor.

50 En algunas realizaciones, el disolvente orgánico aromático que contiene flúor incluye, sin limitación a los mismos, fluorobenceno, difluorobenceno, trifluorobenceno, tetrafluorobenceno, pentafluorobenceno, hexafluorobenceno y trifluorometilbenceno.

55 En algunas realizaciones, el disolvente utilizado en el electrolito de la presente solicitud incluye uno o varios de los descritos anteriormente. En algunas realizaciones, el disolvente utilizado en el electrolito de la presente solicitud incluye un carbonato cíclico, un carbonato alifático, un carboxilato cíclico, un carboxilato alifático y una combinación de los mismos. En algunas realizaciones, el disolvente utilizado en el electrolito de la presente solicitud incluye un disolvente orgánico seleccionado entre el grupo compuesto por carbonato de etileno, carbonato de propileno, carbonato de dietilo, propionato de etilo, propionato de propilo, acetato de n-propilo, acetato de etilo y una combinación de los mismos. En algunas realizaciones, el disolvente utilizado en el electrolito de la presente solicitud incluye carbonato de etileno, carbonato de propileno, carbonato de dietilo, propionato de etilo, propionato de propilo,  $\gamma$ -butirolactona y una combinación de los mismos.

65 Después de añadir el carboxilato alifático y/o el carboxilato cíclico al electrolito de la presente solicitud, el carboxilato alifático y/o el carboxilato cíclico pueden formar una película pasivada en la superficie del electrodo, mejorando de este modo la tasa de retención de la capacidad después de los ciclos de carga

intermitentes del dispositivo electroquímico. En algunas realizaciones, el electrolito de la presente solicitud incluye aproximadamente del 1 % en peso a aproximadamente el 60 % en peso del carboxilato alifático, el carboxilato cíclico o una combinación de los mismos. En algunas realizaciones, el electrolito de la presente solicitud incluye de aproximadamente del 1 % en peso a aproximadamente el 60 % en peso, de aproximadamente el 10 % en peso a aproximadamente el 60 % en peso, de aproximadamente el 10 % en peso a aproximadamente el 50 % en peso y de aproximadamente el 20 % en peso a aproximadamente el 50 % en peso de propionato de etilo, propionato de propilo,  $\gamma$ -butirolactona o una combinación de los mismos. En algunas realizaciones, el electrolito de la presente solicitud incluye de aproximadamente el 1 % en peso a aproximadamente el 60 % en peso, de aproximadamente el 10 % en peso a aproximadamente el 60 % en peso, de aproximadamente el 20 % en peso a aproximadamente el 50 % en peso, de aproximadamente el 20 % a aproximadamente el 40 % o aproximadamente el 30 % en peso de propionato de propilo.

## II. Dispositivo electroquímico

El dispositivo electroquímico de la presente solicitud incluye cualquier dispositivo en el que tiene lugar una reacción electroquímica, y ejemplos específicos incluyen todo tipo de baterías primarias, baterías secundarias, celdas de combustible, celdas solares o condensadores. En concreto, el dispositivo electroquímico es una batería secundaria de litio que incluye una batería secundaria de metal de litio, una batería secundaria de iones de litio, una batería secundaria de polímero de litio o una batería secundaria de polímero de iones de litio. En algunas realizaciones, el dispositivo electroquímico de la presente solicitud incluye un cátodo que tiene un material activo de cátodo capaz de absorber y liberar iones metálicos; un ánodo que tiene un material activo de ánodo capaz de absorber y liberar iones metálicos y un electrolito de la presente solicitud.

### 1. Electrolito

El electrolito utilizado en la batería de iones de litio de la presente solicitud es cualquiera de los electrolitos descritos anteriormente en la presente solicitud. Además, el electrolito utilizado en la batería de iones de litio de la presente solicitud puede incluir otros electrolitos que entran dentro del alcance de la presente solicitud.

### 2. Electroodos

#### (1) Ánodo

El material de ánodo utilizado en el dispositivo electroquímico de la presente solicitud, y los procedimientos de construcción y de fabricación del mismo no están particularmente limitados y pueden ser cualquiera de las técnicas dadas a conocer en la técnica anterior. En algunas realizaciones, el ánodo puede ser uno descrito en la Patente US9812739B.

En algunas realizaciones, el material activo de ánodo es cualquier sustancia capaz de absorber y liberar electroquímicamente un ion metálico, tal como un ion de litio. En algunas realizaciones, el material activo de ánodo incluye un material carbonoso, un material de silicio-carbono, un material de aleación o un material de óxido compuesto de metal que contiene litio. En algunas realizaciones, el material activo de ánodo incluye uno o varios de los descritos anteriormente.

En algunas realizaciones, el ánodo puede ser fabricado mediante cualquier procedimiento conocido en la técnica. En algunas realizaciones, el ánodo puede formarse añadiendo un aglutinante y un disolvente al material activo de ánodo y, en caso necesario, añadiendo un espesante, un material conductor, un relleno o similares, para preparar una suspensión, aplicando la suspensión a un colector de corriente, secando y prensando posteriormente.

En algunas realizaciones, cuando el ánodo incluye un material de aleación, se puede formar una capa de material activo de ánodo mediante deposición por vapor, pulverización o chapado.

En algunas realizaciones, cuando el ánodo incluye metal de litio, se forma una capa de material activo de ánodo mediante, por ejemplo, un esqueleto conductor de una forma esférica retorcida y partículas de metal dispersas en el esqueleto conductor, donde el esqueleto conductor de la forma esférica retorcida puede tener una porosidad de aproximadamente el 5 % a aproximadamente el 85 %, y una capa protectora puede disponerse, además, sobre la capa de material activo de ánodo de metal de litio.

#### (2) Cátodo

El material de cátodo utilizado en el dispositivo electroquímico de la presente solicitud, y los procedimientos de construcción y de fabricación del mismo no están particularmente limitados y pueden ser cualquiera de las técnicas dadas a conocer en la técnica anterior. En algunas realizaciones, el cátodo puede ser uno descrito en la Patente US9812739B.

En algunas realizaciones, el material activo de cátodo incluye, sin limitación a los mismos, un sulfuro, un compuesto de fosfato y un óxido compuesto de litio-metal de transición. En algunas realizaciones, el material activo de cátodo incluye un compuesto de litio-metal de transición que tiene una estructura capaz de desintercalar e intercalar iones de litio.

En algunas realizaciones, el cátodo incluye cualquiera de las construcciones dadas a conocer en la técnica anterior. En algunas realizaciones, el cátodo tiene la estructura descrita en la Patente US9812739B.

En algunas realizaciones, el cátodo se prepara formando un material de cátodo con una capa de material activo de cátodo que incluye un polvo de compuesto de litio-metal de transición y un aglutinante sobre un colector de corriente.

En algunas realizaciones, la capa de material activo de cátodo se fabrica generalmente mezclando en seco un material de cátodo y un aglutinante (y, además, un material conductor y un espesante, en caso necesario) para formar escamas, y prensando las escamas obtenidas sobre un colector de corriente de cátodo; o disolviendo o dispersando el material en un medio líquido para formar una suspensión, revistiendo la suspensión sobre un colector de corriente de cátodo y secando. En algunas realizaciones, la capa de material activo de cátodo incluye cualquiera de los materiales dados a conocer en la técnica anterior. En algunas realizaciones, la capa de material activo de cátodo incluye materiales descritos en la Patente US9812739B.

### (3) Densidad de compactación del electrodo

El electrodo utilizado en el dispositivo electroquímico de la presente solicitud incluye un colector de corriente y un revestimiento que incluye un revestimiento de una sola cara o un revestimiento de doble cara. En algunas realizaciones, tal como se muestra mediante un electrodo A en la figura 1, un lado de un colector de corriente 1 es revestido con una suspensión para formar un revestimiento 2 (es decir, el electrodo incluye solo un revestimiento de una sola cara). En algunas realizaciones, tal como se muestra mediante un electrodo B de la figura 2, se revisten dos caras opuestas de un colector de corriente 1 con una suspensión para formar un revestimiento 2 (es decir, el electrodo incluye un revestimiento de doble cara). En algunas realizaciones, tal como se muestra mediante un electrodo C de la figura 3, se reviste una cara de una parte de un colector de corriente 1 con una suspensión para formar un revestimiento 2, y se revisten las dos caras opuestas de la otra parte del colector de corriente 1 con una suspensión para formar un revestimiento 2 (es decir, el electrodo incluye tanto un revestimiento de una sola cara como un revestimiento de doble cara).

En una batería enrollada, el cátodo y el ánodo normalmente son enrollados cada uno a partir un electrodo alargado, de modo que a veces en el electrodo alargado se encuentran presentes tanto el revestimiento de una sola cara como el revestimiento de doble cara. En una batería laminada, el cátodo y el ánodo se forman normalmente mediante la laminación de electrodos en forma de lámina y en el electrodo puede haber un revestimiento de una sola cara o un revestimiento de doble cara. En una batería en la que los electrodos enrollados y laminados son montados de forma combinada, el cátodo y el ánodo incluyen, generalmente, cada uno, un electrodo alargado que tiene tanto un revestimiento de una sola cara como un revestimiento de doble cara, y un electrodo en forma de lámina que tiene solamente un revestimiento de una sola cara o un revestimiento de doble cara. En general, tanto la batería laminada como la batería enrollada tienen un revestimiento de una sola cara y un revestimiento de doble cara.

En algunas realizaciones, el electrodo tiene una densidad de compactación del electrodo. La densidad de compactación del electrodo se obtiene mediante el siguiente procedimiento: determinar el grosor de un electrodo utilizando una herramienta de medición precisa, tal como un micrómetro de diezmilésimas; posteriormente, tomando el electrodo de un área y midiendo con precisión el área y el peso; y calculando la densidad de compactación del electrodo mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad de compactación del electrodo} = (\text{Peso del electrodo} - \text{Peso del colector de corriente}) / \text{Área del electrodo} / (\text{Grosor del electrodo} - \text{Grosor del colector de corriente})$$

Una densidad de compactación del electrodo menor hace que la porosidad sea mayor, provocando que algunas de las partículas estén en un estado aislado y queden excluidas de la carga y la descarga, dando lugar a una baja capacidad de descarga específica, afectando de este modo al rendimiento del dispositivo electroquímico. Una densidad de compactación del electrodo demasiado alta puede provocar dificultades en la infiltrabilidad del electrolito y una disminución de la retención del electrolito, de modo que no se pueden garantizar el rendimiento del ciclo y de la tasa. Un control adecuado de la densidad de compactación del electrodo de los revestimientos de una sola cara y de doble cara es muy importante para obtener dispositivos electroquímicos con una alta densidad de capacidad y excelentes rendimientos de ciclo y de almacenamiento. En un dispositivo electroquímico de alto voltaje, la relación de la densidad de compactación del electrodo del revestimiento de una sola cara con respecto a la densidad de compactación del electrodo del revestimiento de doble cara es uno de los principales factores que afectan al rendimiento del dispositivo

electroquímico. Una relación de densidad de compactación demasiado alta o demasiado baja afectarán al rendimiento del dispositivo electroquímico.

5 En algunas realizaciones, el electrodo con el revestimiento de una sola cara tiene una densidad de compactación del electrodo D1 y el electrodo con el revestimiento de doble cara tiene una densidad de compactación del electrodo D2, donde D1 y D2 cumplen la relación: aproximadamente  $0,8 \leq D1/D2 \leq$  aproximadamente 1,2. Cuando D1 y D2 cumplen la relación, se ejercen mejor los papeles de materiales activos de cátodo y de ánodo, la expansión del grosor de la celda de la batería es controlada eficazmente y electrodo consigue una buena conductividad eléctrica. El dispositivo electroquímico obtenido de este modo  
10 tiene una alta densidad de capacidad y excelentes rendimientos de ciclo y de almacenamiento.

En algunas realizaciones, D1 y D2 cumplen, además, la relación: aproximadamente  $0,9 \leq D1/D2 \leq$  aproximadamente 1,1. En este caso, el rendimiento del dispositivo electroquímico puede mejorarse aún más.

15 En algunas realizaciones, D1 y D2 cumplen, además, la relación: aproximadamente  $0,95 \leq D1/D2 \leq$  aproximadamente 1,05. En este caso, la distribución del tamaño de los poros y de los poros en el revestimiento de una sola cara y el revestimiento de doble cara son obviamente más uniformes, la distribución del agente conductor y del aglutinante son también más uniformes, de modo que la resistencia de contacto y la resistencia de intercambio de carga del electrodo se reducen, y el área activa que participa en la  
20 reacción aumenta, mejorando de este modo significativamente el rendimiento electroquímico del material y mejorando, además, el rendimiento del dispositivo electroquímico.

En algunas realizaciones, el electrodo puede ser un cátodo o un ánodo. Cuando el electrodo es un cátodo, D2 cumple la fórmula: aproximadamente  $3,5 \text{ g/cm}^3 \leq D2 \leq$  aproximadamente  $4,3 \text{ g/cm}^3$ , de tal modo  
25 que se ejerce mejor el papel del material activo de cátodo y el cátodo consigue una buena conductividad eléctrica. Cuando el electrodo es un ánodo, D2 cumple la fórmula: aproximadamente  $1,2 \text{ g/cm}^3 \leq D2 \leq$  aproximadamente  $1,8 \text{ g/cm}^3$ , de modo que el ánodo tiene una mayor resistencia a la rotura, impidiendo de este modo eficazmente que las partículas del electrodo se desprendan durante el ciclo.

### 30 3. Separador

En algunas realizaciones, el dispositivo electroquímico de la presente solicitud está dotado de un separador entre el cátodo y el ánodo para impedir un cortocircuito. El material y la forma del separador utilizado en el  
35 dispositivo electroquímico de la presente solicitud no están particularmente limitados y pueden utilizarse cualquiera de las técnicas dadas a conocer en la técnica anterior. En algunas realizaciones, el separador incluye un polímero o una sustancia inorgánica o similares formados por un material que es estable frente el electrolito de la presente solicitud.

Por ejemplo, el separador puede incluir una capa de sustrato y una capa de tratamiento superficial. La capa  
40 de sustrato es una tela no tejida, una película o una película de material compuesto que tiene una estructura porosa y el material de la capa de sustrato es, como mínimo, uno seleccionado entre polietileno, polipropileno, tereftalato de polietileno y poliimida. Particularmente, se puede utilizar una película porosa de polipropileno, una película porosa de polietileno, una tela no tejida de polipropileno, una tela no tejida de polietileno y una película porosa compuesta de polipropileno-polietileno-polipropileno.  
45

Como mínimo, una superficie de la capa de sustrato está dotada de una capa de tratamiento superficial, que puede ser una capa polimérica o una capa inorgánica, o una capa formada mezclando un polímero y un material inorgánico.

50 La capa inorgánica incluye partículas inorgánicas y un aglutinante. Las partículas inorgánicas son, como mínimo, una seleccionada de entre alúmina, sílice, magnesita, titania, dióxido de hafnio, óxido de estaño, dióxido de cerio, óxido de níquel, óxido de zinc, óxido de calcio, zirconia, itria, carburo de silicio, eboehmita, hidróxido de aluminio, hidróxido de magnesio, hidróxido de calcio y sulfato de bario, o una combinación de más de uno de ellos. El aglutinante es uno seleccionado entre fluoruro de polivinilideno, un copolímero de  
55 fluoruro de vinilideno-hexafluoropropileno, una poliamida, poliacrilonitrilo, un éster de poliacrilato, ácido poliacrílico, una sal de poliacrilato, polivinilpirrolidona, éter de polivinilo, polimetilmetacrilato, politetrafluoroetileno y polihexafluoropropileno o una combinación de más de uno de ellos.

La capa polimérica contiene un polímero, y el material del polímero incluye, como mínimo, uno de una  
60 poliamida, poliacrilonitrilo, un éster de poliacrilato, ácido poliacrílico, una sal de poliacrilato, polivinilpirrolidona, éter de polivinilo, fluoruro de polivinilideno o poli(fluoruro de vinilideno-hexafluoropropileno).

### III. Aplicación

65 El electrolito según la presente solicitud puede inhibir el aumento de la resistencia interna a la CC del

dispositivo electroquímico, de modo que el dispositivo electroquímico fabricado de este modo es adecuado para ser utilizado en dispositivos electrónicos en diversos sectores.

5 La utilización del dispositivo electroquímico según la presente solicitud no está particularmente limitada y puede ser utilizado para cualquier propósito conocido en la técnica. En una realización, el dispositivo electroquímico según la presente solicitud es aplicable, sin limitación a los mismos, a ordenadores portátiles, ordenadores táctiles, ordenadores móviles, reproductores de libros electrónicos, teléfonos portátiles, máquinas de fax portátiles, fotocopiadoras portátiles, impresoras portátiles, auriculares estéreo de diadema, grabadoras de vídeo, televisores LCD, limpiadoras portátiles, reproductores de CD portátiles, minidiscos, 10 transceptores, agendas electrónicas, calculadoras, tarjetas de memoria, grabadoras portátiles, radios, fuentes de energía de reserva, motores, vehículos, motocicletas, patinetes, bicicletas, aparatos de iluminación, juguetes, consolas de juegos, relojes, herramientas eléctricas, luces intermitentes, cámaras, baterías grande para uso doméstico y condensadores de iones de litio.

## 15 **Ejemplos**

A continuación, se describe la evaluación del rendimiento de las baterías de iones de litio de los ejemplos y los ejemplos comparativos de la presente solicitud.

### 20 **1. Preparación de una batería de iones de litio**

#### (1) Preparación del ánodo

25 Se mezcló grafito natural, negro de humo conductor (Super-P), caucho de estireno-butadieno y carboximetilcelulosa (CMC) de sodio con una relación en peso de 95:2:2:1 en agua desionizada como disolvente, y se agitó hasta ser uniforme, para obtener una suspensión de ánodo. La suspensión de ánodo se revistió sobre una lámina de cobre con un grosor de 12  $\mu\text{m}$ , se secó, prensó y cortó y, posteriormente, se soldó una lengüeta para obtener un ánodo.

#### 30 (2) Preparación del cátodo

35 Se mezcló cobaltato de litio ( $\text{LiCoO}_2$ ), negro de humo conductor (Super-P) y fluoruro de polivinilideno (PVDF) con una relación en peso de 95:2:3 en N-metilpirrolidona (NMP) como disolvente, y se agitó hasta ser uniforme, para obtener una suspensión de cátodo. La suspensión de cátodo se revistió en una lámina de aluminio con un grosor de 12  $\mu\text{m}$ , se secó, prensó y cortó y, posteriormente, se soldó una lengüeta para obtener un cátodo.

#### (3) Preparación del electrolito

40 Bajo una atmósfera seca de argón, posteriormente, se añadió  $\text{LiPF}_6$  a un disolvente mezcla de EC, PC y DEC (en una relación en peso de aproximadamente 1:1:1) y se mezcló hasta ser uniforme, para formar un electrolito básico, en el que la concentración de  $\text{LiPF}_6$  fue de 1,15 mol/l. Los electrolitos se configuraron según los siguientes ejemplos y ejemplos comparativos.

#### 45 (4) Preparación del separador

Se utilizó una película porosa de polímero PE como separador.

#### (5) Preparación de la batería de iones de litio

50 El cátodo, el ánodo y el separador obtenidos se enrollaron secuencialmente en una batería de iones de litio. La batería de iones de litio se cerró de forma estanca en su parte superior y lateral con una película plástica de aluminio, dejando un orificio de inyección de líquido. Se fabricó una batería de iones de litio inyectando el electrolito a través del orificio de inyección de líquido, encapsulando, conformando, posteriormente, y 55 clasificando su capacidad.

### **2. Procedimiento de prueba**

#### (1) Procedimiento de prueba para el rendimiento de la carga flotante de la batería de iones de litio

60 La batería de iones de litio se descargó hasta 3,0 V a 0,5 C, se cargó a 4,45 V a 0,5 C y, posteriormente, a 0,05 C a un voltaje constante de 4,45 V a 25  $^{\circ}\text{C}$ , se colocó en un horno a 50  $^{\circ}\text{C}$  y se cargó continuamente a una corriente de corte de 20 mV a un voltaje constante de 4,45 V. Se supervisó el cambio del grosor de la celda de la batería. Se utilizó como referencia el grosor inicial al 50 % del estado de carga (SOC, *state of charge*) y se consideró como punto de fallo un aumento del grosor de la batería superior al 20 %.

(2) Procedimiento de prueba para el rendimiento de almacenamiento a alta temperatura de la batería de iones de litio

5 Se dejó reposar a la batería de iones de litio a 25 °C durante 30 minutos, se cargó a 4,45 V a una corriente constante de 0,5 C y, posteriormente, a 0,05 C a un voltaje constante de 4,45 V, se dejó reposar durante 5 minutos y, posteriormente, se almacenó a 60 °C durante 21 días. Se midió el grosor de la celda de la batería y se calculó la tasa de expansión del grosor de la celda de la batería mediante la siguiente fórmula:

10 Tasa de expansión del grosor = [(Grosor tras el almacenamiento – Grosor antes del almacenamiento)/Grosor antes del almacenamiento] x 100 %

(3) Procedimiento de prueba para la tasa de retención de la capacidad de la batería de iones de litio

15 A 45 °C, se cargó la batería de iones de litio a 4,45 V a una corriente constante de 1 C y, posteriormente, a una corriente de 0,05 C a un voltaje constante, se descargó hasta 3,0 V a una corriente constante de 1 C. Esto fue el primer ciclo y se realizaron múltiples ciclos en la batería bajo las condiciones anteriores. Se calcularon, de forma separada, la tasa de retención de la capacidad de una batería de iones de litio nueva (es decir, la batería de iones de litio que ha completado el proceso de fabricación mencionado anteriormente y está lista para su envío) y de la batería después de 200 y 400 ciclos. La tasa de retención de la capacidad después del ciclo se calcula según la siguiente fórmula:

20 Tasa de retención de la capacidad después del ciclo = (Capacidad de descarga de un ciclo correspondiente / Capacidad de descarga del primer ciclo) x 100 %

25 (4) Procedimiento de prueba para la caída de voltaje de una batería de iones de litio

30 A 25 °C, se cargó la batería de iones de litio a 4,45 V a una corriente constante de 1 C y, posteriormente, a una corriente de 0,05 C a un voltaje constante, se descargó hasta 3,2 V a una corriente constante de 1 C, se dejó reposar durante 5 minutos. Posteriormente, se comprobó la tensión, y tras 24 horas de almacenamiento a 85 °C, se volvió a comprobar el voltaje. La caída de voltaje de la batería de iones de litio se calcula según la siguiente fórmula:

Caída de voltaje = Voltaje antes del almacenamiento – Voltaje después del almacenamiento

35 (5) Procedimiento de prueba del ciclo intermitente de la batería de iones de litio

40 A 50 °C, se cargó la batería de iones de litio a 4,45 V a un voltaje constante de 0,5 C y, posteriormente, a una corriente de corte de 0,05 C a una corriente constante, se dejó reposar durante 20 horas y, posteriormente, se descargó hasta 3,0 V a una corriente constante de 0,5 C. Se realizaron múltiples ciclos de carga y descarga en la batería bajo las condiciones anteriores. Se calcularon, de forma separada, las tasas de retención de la capacidad de una batería de iones de litio nueva y de la batería tras 30, 50 y 100 ciclos. La tasa de retención de la capacidad después del ciclo se calcula según la siguiente fórmula:

45 Tasa de retención de la capacidad después del ciclo = (Capacidad de descarga de un ciclo correspondiente / Capacidad de descarga del primer ciclo) x 100 %

### 3. Resultados de las pruebas

50 (1) Efecto del carbonato cíclico fluorado y del compuesto multinitrilo que tiene un enlace éter sobre el rendimiento de la batería de iones de litio

55 La tabla 1 compara el rendimiento de una batería de iones de litio (ejemplo comparativo D1-1) preparada con un electrolito que no contiene carbonato cíclico fluorado ni compuestos multinitrilo con enlace éter, y baterías de iones de litio (ejemplos S1-1 y S1-2, no se encuentran dentro del alcance de la presente invención) preparadas con un electrolito que incluye un carbonato cíclico fluorado y un compuesto multinitrilo con enlace éter según la presente solicitud.

Tabla 1

Ejemplo S/Ejemplo comparativo D	Carbonato cíclico fluorado (% en peso)	Compuesto multinitrilo que tiene un enlace éter (% en peso)	Tasa de expansión del grosor tras almacenamiento a 60 °C	Tiempo (horas) de carga flotante hasta el fallo a 50 °C
S1-1	0,2 % A1	0,1 % B1	6,8 %	420
S1-2	2 % A1	1 % B1	4,3 %	540
D1-1	-	-	25,0 %	90

## ES 3 023 546 T3

Tal como se muestra en la tabla 1, los ejemplos S1-1 y S1-2 (no se encuentran dentro del alcance de la presente invención) tienen una tasa de expansión del grosor significativamente reducida después del almacenamiento a 60 °C y/o un tiempo de carga flotante hasta el fallo a 50 °C significativamente mayor en comparación con el ejemplo comparativo D1-1.

La tabla 2 muestra las composiciones de los electrolitos utilizados en los respectivos ejemplos comparativos y ejemplos, y el rendimiento de las baterías de iones de litio, en las que el contenido de cada componente se basa en el peso total del electrolito. En la tabla 2, el ejemplo S1-4 no se encuentra dentro del alcance de la presente invención.

Tabla 2

Ejemplo S/Ejemplo comparativo D	Carbonato cíclico	Compuesto multinitrilo	Tasa de expansión del grosor tras almacenamiento a 60 °C	Tiempo (horas) de carga flotante hasta el fallo a 50 °C
S1-4	4 % A1	1 % B1	5,5 %	519
D1-1	-	-	25,0 %	90
D1-2	4 % A1	-	23,4 %	160
D1-3	-	1 % B1	17,3 %	256
D1-4	1 % VC	1 % SN	21,4 %	178
D1-5	4 % A1	1 % SN	13,7 %	367
D1-6	1 % VC	1 % EDN	16,5 %	216
D1-7	1 % VC	1 % B1	15,6 %	318
D1-8	4 % VC	1 % B1	23,7 %	320

Tal como se muestra en la tabla 2, los electrolitos del ejemplo S1-4 (no se encuentra dentro del alcance de la presente invención) contienen el carbonato cíclico fluorado A1 y el compuesto multinitrilo que tiene el enlace éter B1. El electrolito del ejemplo comparativo D1-1 no contiene un carbonato cíclico fluorado ni un compuesto multinitrilo que tiene un enlace éter. El electrolito del ejemplo comparativo D1-2 simplemente contiene el carbonato cíclico fluorado (A1). El electrolito del ejemplo comparativo D1-3 simplemente contiene el compuesto multinitrilo que tiene el enlace éter (B1). El electrolito del ejemplo comparativo D1-4 contiene el carbonato cíclico no fluorado (VC) y el compuesto multinitrilo sin enlace éter (SN). El electrolito del ejemplo comparativo D1-5 contiene el carbonato cíclico fluorado (A1) y el compuesto multinitrilo sin enlace éter (SN). Los electrolitos de los ejemplos comparativos D1-6, D1-7 y D1-8 contienen el carbonato cíclico no fluorado (VC) y el compuesto multinitrilo que tiene el enlace éter (EDN o B1).

Los resultados muestran que la batería de iones de litio (ejemplo S1-4, no se encuentra dentro del alcance de la presente invención) preparada con un electrolito que contiene un carbonato cíclico fluorado y un compuesto multinitrilo que tiene un enlace éter según la presente solicitud tiene una tasa de expansión del grosor significativamente menor después del almacenamiento a 60 °C y/o un tiempo de carga flotante hasta el fallo a 50 °C significativamente mayor que las baterías de iones de litio (ejemplos comparativos D1-1 a D1-8) preparadas con un electrolito que no contiene un carbonato cíclico fluorado ni compuestos multinitrilo que tienen el enlace éter. Es decir, la batería de iones de litio fabricada con el electrolito de la presente solicitud tiene un rendimiento de almacenamiento y/o de carga flotante más excelentes.

(2) Efecto del porcentaje en peso ( $C_i$ ) del carbonato cíclico fluorado y el porcentaje en peso ( $C_n$ ) del compuesto multinitrilo que tiene el enlace éter sobre el rendimiento de las baterías de litio.

La tabla 3 muestra las composiciones de los electrolitos utilizados en los respectivos ejemplos comparativos y ejemplos, y el rendimiento de almacenamiento y de carga flotante de las baterías de iones de litio.

En la tabla 3, los ejemplos S1-1 a S1-21 no se encuentran dentro del alcance de la presente invención.

Tabla 3

Ejemplo S/Ejemplo comparativo D	Carbonato cíclico fluorado	Compuesto multinitrilo que tiene un enlace éter	Tasa de expansión del grosor tras almacenamiento a 60 °C	Tiempo (horas) de carga flotante hasta el fallo a 50 °C
S1-1	0,2 % A1	0,1 % B1	6,8 %	420
S1-2	2 % A1	1 % B1	4,3 %	540
S1-3	3 % A1	1 % B1	5,4 %	520
S1-4	4 % A1	1 % B1	5,5 %	519

### ES 3 023 546 T3

Ejemplo S/Ejemplo comparativo D	Carbonato cíclico fluorado	Compuesto multinitrilo que tiene un enlace éter	Tasa de expansión del grosor tras almacenamiento a 60 °C	Tiempo (horas) de carga flotante hasta el fallo a 50 °C
S1-5	5 % A1	1 % B1	5,8 %	521
S1-6	6 % A1	1 % B1	6,3 %	517
S1-7	10 % A1	0,5 % B1	7,5 %	480
S1-8	5 % A1	2 % B1	4,8 %	620
S1-9	4 % A1	2 % B1	4,1 %	780
S1-10	4 % A2	2 % B2	4,3 %	660
S1-11	4 % A2	0,5 % B2	5,8 %	490
S1-12	4 % A2	0,2 % B2	6,3 %	469
S1-13	4 % A3	2 % B3	4,4 %	580
S1-14	2 % A3	1 % B3	5,3 %	520
S1-15	2 % A4	1 % B4	5,4 %	510
S1-16	2 % A1	1 % Compuesto 1A	4,1 %	598
S1-17	2 % A2	1 % Compuesto 1A	4,3 %	591
S1-18	11 % A1	2 % B1	8,5 %	489
S1-19	10 % A1	5 % B1	8,8 %	450
S1-20	10 % A1	0,4 % B1	9,1 %	467
S1-21	10 % A1	0,2 % B1	10,6 %	435
D1-9	1 % A1	5 % B1	12,1 %	340

5 Tal como se muestra en la tabla 3,  $C_e$  es menor que  $C_n$  en el electrolito utilizado en el ejemplo comparativo D1-9. Los resultados de los ejemplos S1-1 a S1-21 (no se encuentran dentro del alcance de la presente invención) de la tabla 3 indican que, en comparación con el ejemplo comparativo D1-9, cuando  $C_f$  y  $C_n$  en el electrolito se ajustaron para cumplir  $C_f > C_n$ , la batería de iones de litio preparada con el electrolito de la presente solicitud tiene una menor tasa de expansión del grosor después del almacenamiento a 60 °C y/o un mayor tiempo de carga flotante hasta el fallo a 50 °C. En comparación con los ejemplos S1-18 y S1-19, cuando  $C_f$  y  $C_n$  cumplen aproximadamente 0,3 % en peso  $\leq (C_f + C_n) \leq$  aproximadamente 12 % en peso, la batería de iones de litio preparada con el electrolito de la presente solicitud tiene una tasa de expansión del grosor significativamente menor después del almacenamiento a 60 °C y/o un tiempo de carga flotante hasta el fallo a 50 °C significativamente mayor. En comparación con los ejemplos S1-20 y S1-21, cuando  $C_f$  y  $C_n$  cumplen aproximadamente  $1 \leq (C_f + C_n) \leq$  aproximadamente 20, la batería de iones de litio preparada con el electrolito de la presente solicitud tiene una tasa de expansión del grosor significativamente menor después del almacenamiento a 60 °C y/o un tiempo de carga flotante hasta el fallo a 50 °C significativamente mayor. Cuando  $C_f$  y  $C_n$  cumplen aproximadamente 2 % en peso  $\leq (C_f + C_n) \leq$  aproximadamente 8 % en peso y/o aproximadamente  $2 \leq (C_f/C_n) \leq$  aproximadamente 10, el carbonato cíclico fluorado y el compuesto multinitrilo que tiene el enlace éter presentan un efecto sinérgico, y la batería de iones de litio preparada con él tiene rendimientos de almacenamiento a alta temperatura y/o de carga flotante excepcionalmente excelentes. Los anteriores resultados muestran que la batería de iones de litio fabricada con el electrolito de la presente solicitud tiene excelentes rendimientos de almacenamiento y/o de carga flotante con respecto a la técnica anterior.

(3) Efecto del fluoroéter sobre el rendimiento de la batería de iones de litio

25 La tabla 4 muestra el rendimiento de las baterías de iones de litio preparadas añadiendo diferentes porcentajes en peso de fluoroéter a un electrolito que contiene el 4 % en peso de carbonato cíclico fluorado (A1) y el 1 % en peso de un compuesto multinitrilo que tiene el enlace éter (B1).

30 En la tabla 4, los ejemplos S1-4 a S3-3 no se encuentran dentro del alcance de la presente invención. Tabla 4

Ejemplo S/Ejemplo comparativo D	Fluoroéter	Resistencia interna a CC (mohm) de una batería nueva al 20 % SOC	Tasa de expansión del grosor de 21 días a 60 °C
S1-4	-	62,1	8,3 %
S2-1	0,1 % D1	49,2	5,6 %
S2-2	0,5 % D1	48,8	5,3 %
S2-3	1 % D1	47,6	4,8 %

### ES 3 023 546 T3

Ejemplo S/Ejemplo comparativo D	Fluoroéter	Resistencia interna a CC (mohm) de una batería nueva al 20 % SOC	Tasa de expansión del grosor de 21 días a 60 °C
S2-4	2 % D1	47,4	4,3 %
S2-5	3 % D1	47,7	4,3 %
S2-6	4 % D1	48,2	4,4 %
S2-7	5 % D1	49,3	4,5 %
S2-8	1 % D2	49,2	4,7 %
S2-9	1 % D3	48,4	4,5 %
D2-1	6 % D1	50,3	7,6 %

Tal como se muestra mediante los ejemplos S2-1 a S2-7 (no se encuentran dentro del alcance de la presente invención), cuando el contenido del fluoroéter aumenta del 0,1 % en peso al 5 % en peso, la resistencia interna a la CC al 20 % SOC y la tasa de expansión del grosor de 21 días a 60 °C de la batería de iones de litio nueva se reducen aún más. Cuando el contenido de fluoroéter es superior al 5 % en peso, la resistencia interna a CC y el rendimiento de almacenamiento se deterioran ligeramente.

(4) Efecto del anhídrido fosfónico cíclico sobre el rendimiento de la batería de iones de litio

La tabla 5 muestra el rendimiento de las baterías de iones de litio preparadas añadiendo diferentes porcentajes en peso de anhídrido fosfónico cíclico a un electrolito que contiene el 4 % en peso de carbonato cíclico fluorado A1 y el 1 % en peso de un compuesto multinitrilo que tiene el enlace éter (B1).

Tabla 5

Ejemplo S/Ejemplo comparativo D	Anhídrido fosfónico cíclico	Cambios en la resistencia interna a CC al 20 % SOC			Tasa de retención de la capacidad		
		Batería nueva	Después de 200 ciclos	Después de 400 ciclos	Batería nueva	Después de 200 ciclos	Después de 400 ciclos
S1-4	-	62,1	78,3	112,5	100 %	90,1 %	82,1 %
S3-1	0,1 % E1	47,3	51,5	88,2	100 %	95,7 %	90,1 %
S3-2	0,5 % E1	45,4	47,2	81,3	100 %	96,2 %	91,3 %
S3-3	1 % E1	43,6	47,1	80,5	100 %	96,1 %	90,7 %
S3-4	2 % E1	44,6	46,3	81,6	100 %	95,1 %	89,6 %
S3-5	3 % E1	44,9	49,1	88,4	100 %	94,7 %	88,4 %
S3-6	1 % E2	44,2	48,3	87,3	100 %	95,2 %	90,9 %
S3-7	1 % E3	45,3	47,7	88,5	100 %	95,1 %	90,7 %
D3-1	4 % E1	46,1	58,6	104,3	100 %	92,0 %	85,3 %

Los resultados muestran que la adición de anhídrido fosfónico cíclico al electrolito de la presente solicitud puede reducir la resistencia interna a CC de la batería de iones de litio antes y después del ciclo, y mejorar el rendimiento de almacenamiento de la batería de iones de litio. Tal como se muestra en los ejemplos S3-1 a S3-7, cuando el contenido de anhídrido fosfónico cíclico aumenta del 0,1 % en peso al 3 % en peso, la resistencia interna a CC al 20 % de SOC de la batería de iones de litio disminuye primero y luego aumenta, y la tasa de retención de la capacidad de la batería de iones de litio aumenta primero y posteriormente disminuye. Cuando el contenido de anhídrido fosfónico cíclico es superior al 3 % en peso, el rendimiento del ciclo se ve afectado, posiblemente debido a la descomposición del anhídrido fosfónico cíclico.

(5) Efecto del fluoroéter y del anhídrido fosfónico cíclico combinados sobre el rendimiento de la batería de iones de litio

La tabla 6 muestra el rendimiento de las baterías de iones de litio preparadas añadiendo diferentes porcentajes en peso de fluoroéter y de anhídrido fosfónico cíclico a un electrolito que contiene el 4 % en peso de carbonato cíclico fluorado (A1) y el 1 % en peso de un compuesto multinitrilo que tiene el enlace éter (B1).

Tabla 6

Ejemplo S	Fluoroéter D1	Anhídrido fosfónico cíclico E1	Cambios en la resistencia interna a CC al 20 % SOC			Tasa de expansión del grosor de 21 días a 60 °C	Tasa de retención de la capacidad		
			Batería nueva	Después de 200 ciclos	Después de 400 ciclos		Batería nueva	Después de 200 ciclos	Después de 400 ciclos

Ejemplo S	Fluoroéter D1	Anhídrido fosfónico cíclico E1	Cambios en la resistencia interna a CC al 20 % SOC			Tasa de expansión del grosor de 21 días a 60 °C	Tasa de retención de la capacidad		
			Batería nueva	Después de 200 ciclos	Después de 400 ciclos		Batería nueva	Después de 200 ciclos	Después de 400 ciclos
S1-4		-	62,1	78,3	112,5		100 %	90,1 %	82,1 %
S3-1		0,1 % E1	47,3	51,5	88,2		100 %	95,7 %	90,1 %
S3-2		0,5 % E1	45,4	47,2	81,3		100 %	96,2 %	91,3 %
S3-3		1 % E1	43,6	47,1	80,5		100 %	96,1 %	90,7 %
S3-4		2 % E1	44,6	46,3	81,6		100 %	95,1 %	89,6 %
S3-5		3 % E1	44,9	49,1	88,4		100 %	94,7 %	88,4 %
S3-6		1 % E2	44,2	48,3	87,3		100 %	95,2 %	90,9 %
S3-7		1 % E3	45,3	47,7	88,5		100 %	95,1 %	90,7 %
D3-1		4 % E1	46,1	58,6	104,3		100 %	92,0 %	85,3 %

Los resultados muestran que la adición de fluoroéter y de anhídrido fosfónico cíclico al electrolito de la presente solicitud puede reducir aún más la resistencia interna a CC de la batería de iones de litio antes y después del ciclo, y mejorar el rendimiento de almacenamiento de la batería de iones de litio.

5

(6) Efecto de otros aditivos sobre el rendimiento de la batería de iones de litio

La tabla 7 muestra el rendimiento de las baterías de iones de litio preparadas añadiendo diferentes porcentajes en peso de otros aditivos a un electrolito que contiene el 4 % en peso de carbonato cíclico fluorado (A1) y el 1 % en peso de un compuesto multinitrilo que tiene el enlace éter (B1).

10

En la tabla 7, los ejemplos S1-4 a S5-11 no se encuentran dentro del alcance de la presente invención.

Tabla 7

Ejemplo S/Ejemplo comparativo D/Ejemplo inventivo I	VC	VEC	PS	DTD	Dinitrilo	Caída de voltaje (V) tras el almacenamiento a 3,2 V y 85 °C durante 24 horas
S1-4	-	-	-	-	-	0,37
S5-1	0,5 %	-	-	-	-	0,32
S5-2	0,5 %	-	3 %	-	-	0,29
S5-3	0,5 %	-	3 %	0,5 %	-	0,2
S5-4	1 %	-	3 %	-	-	0,27
S5-5	1 %	-	3 %	0,5 %	-	0,17
S5-6	-	0,5 %	3 %	0,5 %	-	0,22
S5-7	-	-	3 %	-	-	0,31
S5-8	-	-	-	0,5 %	-	0,25
I5-1	0,5 %	-	3 %	-	2 % SN	0,15
I5-2	-	-	-	-	2 % ADN	0,3
S5-11	-	-	3 %	-	2 % EDN	0,21

15

Los resultados muestran que la adición de aditivos para la formación de una película, tales como VC, VEC, PS, SN, ADN, DTD y EDN al electrolito de la presente solicitud puede mejorar aún más la estabilidad SEI de la batería de iones de litio y suprimir la caída de voltaje de la batería de iones de litio. El uso combinado de varios aditivos es beneficioso para mejorar aún más la estabilidad de la batería de iones de litio, facilita el almacenamiento a largo plazo de la batería de iones de litio y mejora la fiabilidad de la batería de iones de litio.

20

(7) Efecto del carboxilato sobre el rendimiento de la batería de iones de litio

La tabla 8 muestra el rendimiento de las baterías de iones de litio preparadas añadiendo diferentes porcentajes en peso de carboxilato a un electrolito que contiene el 4 % en peso de carbonato cíclico fluorado (A1) y el 1 % en peso de un compuesto multinitrilo que tiene el enlace éter (B1).

25

En la tabla 8, los ejemplos S1-4 a S6-14 no se encuentran dentro del alcance de la presente invención.

Ejemplo S	Carboxilato	Tasa de retención de la capacidad después de ciclos intermitentes			
		Batería nueva	Después de 30 ciclos	Después de 50 ciclos	Después de 100 ciclos
S1-4	0	100 %	73,3 %	64,0 %	53,9 %
S6-1	1 % H1	100 %	81,7 %	73,8 %	63,9 %
S6-2	10 % H1	100 %	83,5 %	78,7 %	76,2 %
S6-3	20 % H1	100 %	85,7 %	80,5 %	77,8 %
S6-4	30 % H1	100 %	87,4 %	82,6 %	78,9 %
S6-5	40 % H1	100 %	86,5 %	79,7 %	74,9 %
S6-6	50 % H1	100 %	84,6 %	77,4 %	72,1 %
S6-7	60 % H1	100 %	82,3 %	75,8 %	70,5 %
S6-8	10 % H2	100 %	81,6 %	75,4 %	72,4 %
S6-9	20 % H2	100 %	85,3 %	80,1 %	77,2 %
S6-10	30 % H2	100 %	87,3 %	82,1 %	78,2 %
S6-11	40 % H2	100 %	86,2 %	79,1 %	74,4 %
S6-12	50 % H2	100 %	83,6 %	75,6 %	71,2 %
S6-13	60 % H2	100 %	81,5 %	74,6 %	69,9 %
S6-14	10 % H3	100 %	81,9 %	75,1 %	71,6 %

5 Tal como se muestra en los ejemplos S6-1 a S6-13 (no se encuentran dentro del alcance de la presente invención), a medida que aumenta el contenido de carboxilato, aumenta la tasa de retención de la capacidad después del ciclo intermitente de la batería de iones de litio. Cuando el contenido de carboxilato es cercano al 60 % en peso, el rendimiento de ciclo intermitente de la batería de iones de litio se ve afectado, principalmente debido a las reacciones secundarias entre el  $\text{LiPF}_6$  y el carboxilato. Por tanto, cuando se utiliza un carboxilato, su contenido debe ajustarse adecuadamente.

10 (8) Efecto de la densidad de compactación del electrodo sobre el rendimiento de la batería de iones de litio

15 La tabla 9 muestra el rendimiento a diversas tasas de compactación (D1/D2) de las baterías de iones de litio preparadas con un electrolito que contiene el 4 % en peso de carbonato cíclico fluorado (A1), el 1 % en peso de un compuesto multinitrilo que tiene el enlace éter (B1) y el 30 % en peso de propionato de propilo.

En la tabla 9, los ejemplos S7-1 a S7-7 no se encuentran dentro del alcance de la presente invención.

Ejemplo S/Ejemplo comparativo D	Relación de densidad de compactación (D1/D2)	Tasa de retención de la capacidad		
		Batería nueva	Después de 200 ciclos	Después de 400 ciclos
S7-1	0,8	100 %	93,4 %	88,8 %
S7-2	0,9	100 %	95,0 %	89,9 %
S7-3	0,95	100 %	95,9 %	90,7 %
S7-4	1	100 %	96,8 %	91,2 %
S7-5	1,05	100 %	95,8 %	90,6 %
S7-6	1,1	100 %	94,9 %	89,9 %
S7-7	1,2	100 %	93,5 %	88,6 %
D7-1	1,3	100 %	90,7 %	83,4 %
D7-2	0,7	100 %	90,3 %	82,5 %

20 Los resultados muestran que la relación de la densidad de compactación del electrodo de la batería de iones de litio (densidad de compactación del electrodo D1 de un revestimiento de una sola cara/densidad de compactación del electrodo D2 de un revestimiento de doble cara) tiene un efecto significativo sobre el rendimiento del ciclo de la batería de iones de litio. Una relación D1/D2 demasiado grande o demasiado pequeña perjudicará el rendimiento del ciclo de la batería de iones de litio. Cuando D1/D2 está comprendida entre aproximadamente 0,8 y aproximadamente 1,2, la batería de iones de litio alcanza un excelente rendimiento (tal como se muestra mediante los ejemplos S7-1 a S7-7). Cuando D1/D2 está comprendida

entre aproximadamente 0,9 y aproximadamente 1,1, la batería de iones de litio alcanza un rendimiento excepcionalmente excelente (tal como se muestra mediante los ejemplos S7-2 a S7-6 no se encuentran dentro del alcance de la presente invención). Cuando D1/D2 es superior a aproximadamente 1,2 o inferior a aproximadamente 0,8, el rendimiento de la batería de iones de litio es deficiente (tal como se muestra en los ejemplos comparativos D7-1 y D7-2).

La tabla 10 muestra el rendimiento a diversas relaciones D1/D2 de la densidad de compactación de las baterías de iones de litio preparadas añadiendo diferentes porcentajes en peso de fluoroéter y/o anhídrido fosfónico cíclico a un electrolito que contiene el 4 % en peso de carbonato cíclico fluorado (A1) y el 1 % en peso de un compuesto multinitrilo que tiene el enlace éter (B1).

En la tabla 10, los ejemplos S8-1 a S8-3 no se encuentran dentro del alcance de la presente invención.

Tabla 10

Ejemplo S	Fluoroéter D1	Anhídrido fosfónico cíclico E1	Relación de la densidad de compactación (D1/D2)	Tasa de retención de la capacidad		
				Batería nueva	Después de 200 ciclos	Después de 400 ciclos
S8-1	1 %	-	0,8	100 %	94,9 %	89,7 %
S8-2	1 %	-	1	100 %	97,1 %	91,8 %
S8-3	1 %	-	1,2	100 %	94,3 %	89,6 %
S8-4	-	0,3 %	0,8	100 %	93,9 %	89,2 %
S8-5	-	0,3 %	1	100 %	97,6 %	92,2 %
S8-6	-	0,3 %	1,2	100 %	93,7 %	89,1 %
S8-7	1 %	0,3 %	1	100 %	98,1 %	93,1 %

Los resultados muestran que la batería de iones de litio alcanza un rendimiento del ciclo aún más mejorado cuando la relación de la densidad de compactación (D1/D2) está comprendida entre aproximadamente 0,8 y aproximadamente 1,2 después de la adición de fluoroéter y/o de anhídrido fosfónico cíclico al electrolito de la presente solicitud.

Las referencias a lo largo de la memoria descriptiva a "algunas realizaciones", "realizaciones parciales", "una realización", "otro ejemplo", "ejemplo", "ejemplo específico" o "ejemplos parciales" significan que, como mínimo, una realización o ejemplo de la presente solicitud incluye los rasgos característicos, estructuras, materiales o características específicos descritos en las realizaciones o ejemplos. Por tanto, las descripciones que aparecen a lo largo de la memoria descriptiva, tal como "en algunas realizaciones", "en una realización", "en otro ejemplo", "en un ejemplo", "en un ejemplo concreto" o "por ejemplo", no son necesariamente la misma realización o ejemplo de la solicitud. Además, los rasgos característicos, estructuras, materiales o características concretos del presente documento se pueden combinar de cualquier manera adecuada en una o varias realizaciones o ejemplos.

Las realizaciones de la presente solicitud descritas anteriormente pretenden ser solo ilustrativas. Los expertos en la materia pueden concebir numerosas realizaciones alternativas sin desviarse del alcance de las siguientes reivindicaciones.

**Abreviaturas**

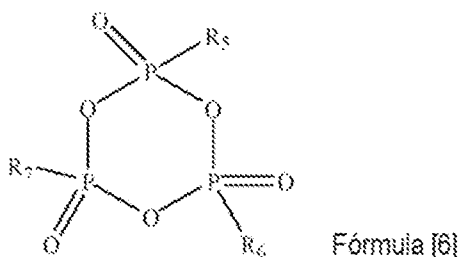
Abreviatura	Nombre del material
A1	Carbonato de fluoroetileno
A2	Carbonato de 4,4-difluoroetileno
A3	Carbonato de 4,5-difluoroetileno
A4	Carbonato de 4-fluoro-5-metiletileno
ADN	Adiponitrilo
B1	1,2,3-tris(2-cianoetoxi)propano
B2	1,2,4-tris(2-cianoetoxi)butano
B3	1,2,6-tris(cianoetoxi)hexano
B4	1,2,5-tris(cianoetoxi)pentano
D1	1,1-difluoro-2,2-difluoroetil-2',2'-difluoro-3',3'-difluoropropil éter (FEPE)
D2	2-trifluorometil-3-metoxiperfluoropentano (TMMP)

## ES 3 023 546 T3

Abreviatura	Nombre del material
D3	2-(trifluoro-2-fluoro-3-difluoropropoxi)-3-difluoro-4-fluoro-5-trifluoropentano
DTD	Sulfato de 1,2-etileno
E1	Anhídrido fosfónico cíclico de tripropilo (T3P)
E2	Anhídrido fosfónico cíclico de trimetilo (TM3P)
E3	Anhídrido fosfónico cíclico de trietilo (TE3P)
EDN	Bis(2-cianoetil) éter de etilenglicol
H1	Propionato de propilo
H2	Propionato de etilo
H3	$\gamma$ -butirolactona
PS	1,3-propanosultona
SN	Succinonitrilo
VC	Carbonato de vinileno
VEC	Carbonato de viniletileno

REIVINDICACIONES

1. Electrolito, **caracterizado por que** el electrolito incluye: un carbonato cíclico fluorado, un compuesto multinitrilo que tiene un enlace éter y un anhídrido fosfónico cíclico; en el que, basándose en el peso total del electrolito, el porcentaje en peso ( $C_f$ ) del carbonato cíclico fluorado es mayor que el porcentaje en peso ( $C_n$ ) del compuesto multinitrilo que tiene el enlace éter, en el que el anhídrido fosfónico cíclico se selecciona entre compuestos representados por la fórmula [6]:

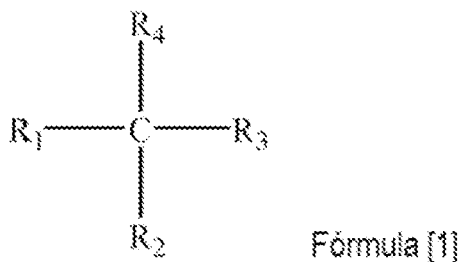


en la que,

$R_5$ ,  $R_6$  y  $R_7$  se seleccionan cada uno, independientemente, entre hidrógeno, un grupo alquilo que tiene de 1 a 20 átomos de carbono o un grupo arilo que tiene de 6 a 26 átomos de carbono.

2. Electrolito, según la reivindicación 1, en el que basándose en el peso total del electrolito,  $C_f$  está comprendido entre el 0,1 % en peso y el 10 % en peso, y  $C_n$  está comprendido entre el 0,1 % en peso y el 5 % en peso.

3. Electrolito, según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** el compuesto multinitrilo que tiene el enlace éter se selecciona entre un compuesto representado por la fórmula [1]:

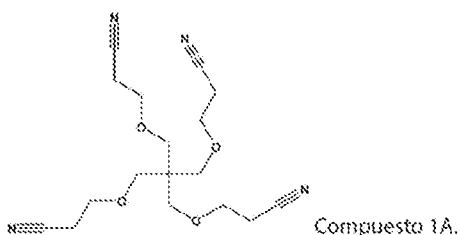


en la que:

$R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$  representan, cada uno,  $-(CH_2)_a-CN$  o  $-(CH_2)_b-O-(CH_2)_c-CN$ ;  $R_4$  representa hidrógeno, un grupo alquilo que tiene de 1 a 5 átomos de carbono,  $-(CH_2)_a-CN$  o  $-(CH_2)_b-O-(CH_2)_c-CN$ ; como mínimo, uno de  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  y  $R_4$  es  $-(CH_2)_b-O-(CH_2)_c-CN$ ; y a, b y c son cada uno, independientemente, un número entero de 0 a 10.

4. Electrolito, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** el compuesto multinitrilo que tiene el enlace éter es, como mínimo, uno seleccionado entre el grupo que consiste en 1,2,3-tris(2-cianoetoxi)propano, 1,2,4-tris(2-cianoetoxi)butano, 1,1,1-tris(cianoetoximetileno)etano, 1,1,1-tris(cianoetoximetileno)propano, 3-metil-1,3,5-tris(cianoetoxi)pentano, 1,2,7-tris(cianoetoxi)heptano, 1,2,6-tris(cianoetoxi)hexano y 1,2,5-tris(cianoetoxi)pentano.

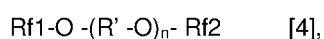
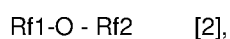
5. Electrolito, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** el compuesto multinitrilo que tiene el enlace éter comprende el compuesto 1A:



6. Electrolito, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** el carbonato cíclico fluorado se selecciona entre un carbonato cíclico fluorado que tiene un grupo alquileo con 2 a 6 átomos de carbono.

5 7. Electrolito, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** el carbonato cíclico fluorado es, como mínimo, uno seleccionado entre el grupo que consiste en carbonato de fluoroetileno, carbonato de 4,4-difluoroetileno, carbonato de 4,5-difluoroetileno, carbonato de 4-fluoro-4-metiletileno, carbonato de 4,5-difluoro-4-metiletileno, carbonato de 4-fluoro-5-metiletileno, carbonato de 4,4-difluoro-5-metiletileno, carbonato de 4-(fluorometil)-etileno, carbonato de 4-(difluorometil)-etileno, carbonato de 4-(trifluorometil)-etileno, carbonato de 4-(fluorometil)-4-fluoroetileno, carbonato de 4-(fluorometil)-5-fluoroetileno, carbonato de 4-fluoro-4,5-dimetiletileno, carbonato de 4,5-difluoro-4,5-dimetiletileno y carbonato de 4,4-difluoro-5,5-dimetiletileno.

10 8. Electrolito, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por que** el electrolito comprende, además, un fluoroéter seleccionado de entre los compuestos representados por las fórmulas [2], [3], [4] o [5]:



20 o una combinación de los mismos, en los que:

Rf1 y Rf2 son, cada uno, independientemente, un grupo fluoroalquilo  $C_1$  a  $C_{12}$  lineal o ramificado, que tiene, como mínimo, un átomo de hidrógeno sustituido por flúor, R es un grupo alquilo  $C_1$  a  $C_{12}$  lineal o ramificado y R' es un grupo alquileo  $C_1$  a  $C_5$  lineal o ramificado, y n es un número entero de 1 a 5.

25 9. Electrolito, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por que** el electrolito comprende, además, como mínimo, uno de un carbonato cíclico que tiene un doble enlace carbono-carbono, un carbonato alifático fluorado, un compuesto de dinitrilo y un compuesto que tiene un doble enlace azufre-oxígeno.

30 10. Electrolito, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado por que** el electrolito comprende, además, como mínimo, uno de un carbonato cíclico, un carbonato alifático, un carboxilato cíclico, un carboxilato alifático, un éter cíclico, un éter alifático, un disolvente orgánico a base de fósforo, un disolvente orgánico que contiene azufre y un disolvente aromático que contiene flúor.

35 11. Electrolito, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado por que** el electrolito incluye, como mínimo, uno de propionato de etilo o propionato de propilo, que está presente en un contenido del 1 % en peso al 60 % en peso basándose en el peso total del electrolito.

40 12. Dispositivo electroquímico, **caracterizado por que** el dispositivo electroquímico comprende un electrodo y un electrolito según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.

45 13. Dispositivo electroquímico, según la reivindicación 12, **caracterizado por que** el electrodo comprende un colector de corriente (1) y un revestimiento (2), y el revestimiento (2) es, como mínimo, uno seleccionado entre el grupo que consiste en:

un revestimiento de una sola cara formado al revestir con una suspensión una sola superficie del colector de corriente (1); y

50 un revestimiento de doble cara formado al revestir con una suspensión dos superficies opuestas del colector de corriente (1),

donde el electrodo que incluye el revestimiento de una sola cara tiene una densidad de compactación de electrodo D1, el electrodo que incluye el revestimiento de doble cara tiene una densidad de compactación de electrodo D2, y  $0,8 \leq D1/D2 \leq 1,2$ .

60 14. Dispositivo electrónico, **caracterizado por que** el dispositivo electrónico comprende un dispositivo electroquímico, según cualquiera de las reivindicaciones 12 o 13.

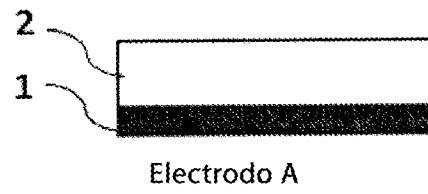


FIG. 1

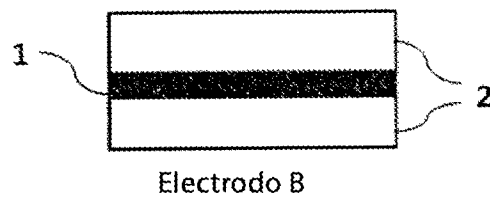


FIG. 2

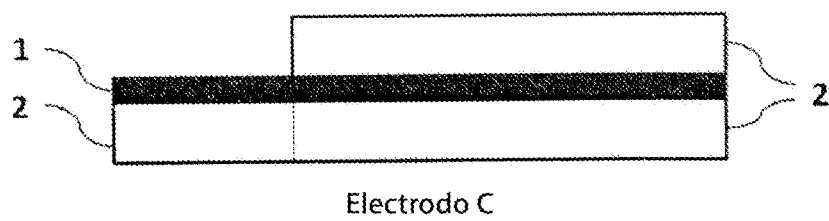


FIG. 3