

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 973 709**

51 Int. Cl.:

**H01M 4/62** (2006.01)  
**H01M 4/13** (2010.01)  
**H01M 4/38** (2006.01)  
**H01M 4/58** (2010.01)  
**H01M 4/60** (2006.01)  
**H01M 10/052** (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.12.2018 PCT/KR2018/016212**  
 87 Fecha y número de publicación internacional: **04.07.2019 WO19132394**  
 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2018 E 18897480 (2)**  
 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.02.2024 EP 3664200**

54 Título: **Aglutinante para batería de litio-sulfuro, electrodo positivo que lo comprende y batería de litio-azufre**

30 Prioridad:

**27.12.2017 KR 20170180625**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**24.06.2024**

73 Titular/es:

**LG ENERGY SOLUTION, LTD. (100.0%)  
 Tower 1, 108, Yeoui-daero, Yeongdeungpo-gu  
 Seoul 07335, KR**

72 Inventor/es:

**LEE, HYUNSOO;  
 JUNG, JONG MO;  
 YANG, DOO KYUNG;  
 KIM, YU MI;  
 LEE, SEONG HO;  
 PARK, GI SU y  
 JUNG, BYOUNGHYO**

74 Agente/Representante:

**BERTRÁN VALLS, Silvia**

ES 2 973 709 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**

Aglutinante para batería de litio-sulfuro, electrodo positivo que lo comprende y batería de litio-azufre

**5 Campo técnico**

Esta solicitud reivindica el beneficio de la solicitud de patente coreana n.º 10-2017-0180625 el 27 de diciembre de 2017 con la Oficina de Propiedad Intelectual de Corea.

10 La presente invención se refiere a un aglutinante para una batería de litio-azufre, un electrodo positivo y una batería de litio-azufre que lo incluye.

**Antecedentes de la técnica**

15 A medida que los dispositivos electrónicos y de comunicación se han vuelto rápidamente más pequeños, más livianos y más sofisticados recientemente, y la necesidad de vehículos eléctricos ha surgido en gran medida debido al agotamiento de los recursos petroleros y los problemas ambientales, ha habido demandas crecientes para mejorar el rendimiento y la vida útil de las baterías secundarias usadas como fuente de energía de estos productos. Como baterías secundarias que satisfacen tales demandas, han recibido atención las baterías de litio-azufre que usan un compuesto a base de azufre como material activo de electrodo positivo.

20 Una batería de litio-azufre es una batería secundaria que usa un material a base de azufre que tiene enlaces azufre-azufre como material activo de electrodo positivo, y que usa metal de litio, un material a base de carbono que tiene intercalación/desintercalación de iones de litio o silicio, estaño o similares que forman una aleación con litio como material activo de electrodo negativo.

25 En una batería de litio-azufre, se produce una reacción de reducción en un electrodo positivo mediante electrones que reciben azufre y se produce una reacción de oxidación en un electrodo negativo mediante ionización de litio cuando se descarga. Específicamente, el azufre es S<sub>8</sub> cíclico antes de la descarga, y la energía eléctrica se almacena y produce mediante una reacción de oxidación-reducción en la que el número de oxidación del azufre disminuye a medida que los enlaces azufre-azufre se rompen durante una reacción de reducción (descarga), y el número de oxidación del azufre aumenta a medida que se rompen los enlaces azufre-azufre. Los enlaces se forman nuevamente durante una reacción de oxidación (carga).

30 Particularmente, una batería de litio-azufre tiene una capacidad de descarga teórica de 1.675 mAh/g y una densidad de energía teórica de 2.600 Wh/kg, una densidad de energía teórica mayor de aproximadamente 5 veces en comparación con las baterías de iones de litio actualmente estudiadas (aproximadamente 570 Wh/kg), y, por tanto, es una batería capaz de obtener alta capacidad, alta densidad energética y larga vida útil. Además, el azufre, un material principal de un material activo de electrodo positivo, tiene las ventajas de tener un peso atómico bajo, ser suministrado fácilmente por ser abundante en recursos, ser de bajo precio, no tener toxicidad y ser respetuoso con el medio ambiente y, por tanto, han avanzado amplios estudios sobre baterías de litio-azufre con la ventaja de poder usarse como fuente de energía para dispositivos de tamaño mediano a grande, tales como vehículos eléctricos, así como dispositivos electrónicos portátiles.

35 A pesar de tales ventajas de propiedades de alta capacidad, respeto al medio ambiente y viabilidad económica, no se ha comercializado una batería de litio-azufre, ya que no se garantiza un rendimiento y una estabilidad de conducción suficientes mediante una disminución significativa de la capacidad a medida que avanza un ciclo en la conducción real, y como consecuencia de ello, se produjo una rápida disminución de la vida útil de la batería. Como resultado, se han propuesto diversas tecnologías para mejorar el rendimiento y la vida útil de una batería de litio-azufre hasta un nivel prácticamente aplicable.

40 Como ejemplo, la publicación de solicitud de patente coreana n.º 2015-0032670 divulga que el problema de la disminución de la capacidad de la batería puede mejorarse incluyendo un aditivo que contiene nitrógeno, un aditivo que contiene azufre o un peróxido orgánico en un electrolito.

45 Además, la publicación de solicitud de patente coreana n.º 2016-0046775 divulga que las propiedades de ciclo de una batería de litio-azufre pueden mejorarse proporcionando una capa de recubrimiento de electrodo positivo formada con un polímero anfipático sobre una parte de una superficie de un sitio activo de electrodo positivo que incluye un compuesto de azufre-carbono. La solicitud de patente china 105304858 muestra el ánodo de una batería de iones de litio que comprende agente conductor super P, material activo a base de silicio, poli(acrilato de litio) y poli(alcohol vinílico).

50 La solicitud de patente coreana 20140127886 enseña una batería de litio-azufre en la que el cátodo comprende poli(sulfuro de litio) y un aglutinante seleccionado de una lista que comprende poli(alcohol vinílico) (PVA), ácido poliacrílico (PAA), poli(acrilato de litio) (PAALi) y mezclas de los mismos.

Estas patentes han mejorado algo el problema del rendimiento o la disminución de la vida útil de una batería de litio-azufre al variar la composición de electrolito o introducir una capa de recubrimiento en un electrodo positivo; sin embargo, el efecto no es suficiente. Además, el uso de un aditivo provoca un problema de deterioro electroconductor o facilita reacciones secundarias de la batería, y formar una capa de recubrimiento tiene la desventaja de requerir mucho tiempo y ser costoso ya que se pierde azufre durante un procedimiento de tratamiento de superficie. Por consiguiente, se ha vuelto más necesario el desarrollo de una batería de litio-azufre comercializable que evite eficazmente la disminución de la capacidad y la vida útil de una batería de litio-azufre.

## Divulgación

### Problema técnico

Como resultado de extensos estudios en vista de lo anterior, los inventores de la presente invención han identificado que el uso de un aglutinante que incluye dos tipos diferentes de polímeros en un electrodo positivo mejora las propiedades electroquímicas y la estabilidad del electrodo positivo y, por tanto, mejora la capacidad y la vida útil de una batería de litio-azufre que incluye la misma, y han completado la presente invención.

Por consiguiente, un aspecto de la presente invención proporciona un aglutinante para una batería de litio-azufre que mejora la capacidad y las propiedades de vida útil de una batería.

Otro aspecto de la presente invención proporciona un electrodo positivo para una batería de litio-azufre que incluye el aglutinante y una batería de litio-azufre que incluye el mismo.

### Solución técnica

Según un aspecto de la presente invención, se proporciona un aglutinante para una batería de litio-azufre que comprende poli(acrilato de litio) y poli(alcohol vinílico).

El aglutinante para una batería de litio-azufre comprende el poli(acrilato de litio) en un 85 % en peso a un 95 % en peso y el poli(alcohol vinílico) en un 5 % en peso a un 15 % en peso basándose en el peso total del aglutinante para una batería de litio-azufre.

El poli(acrilato de litio) y el poli(alcohol vinílico) pueden estar comprendidos en una razón en peso de 85:15 a 95:5.

Según otro aspecto de la presente invención, se proporciona un electrodo positivo para una batería de litio-azufre que comprende el aglutinante y un material activo de electrodo positivo.

Según otro aspecto de la presente invención, se proporciona una batería de litio-azufre que comprende el electrodo positivo.

### Efectos ventajosos

Al incluir tanto poli(acrilato de litio) como poli(alcohol vinílico), un aglutinante para una batería de litio-azufre según la presente invención es capaz de mejorar las propiedades electroquímicas y la estabilidad de un electrodo positivo y, por tanto, mejorar la capacidad y las propiedades de vida útil de una batería de litio-azufre.

### Descripción de los dibujos

La figura 1 es un gráfico que presenta los resultados de la evaluación del rendimiento de baterías fabricadas en el ejemplo 1, el ejemplo comparativo 1 y el ejemplo comparativo 2 de la presente invención.

La figura 2 es un gráfico que presenta los resultados de la evaluación del rendimiento de baterías fabricadas en el ejemplo 2 y el ejemplo comparativo 3 de la presente invención.

La figura 3 presenta imágenes de electrodos de una batería fabricada en el ejemplo 2 de la presente invención después de la evaluación según el ejemplo experimental 1.

La figura 4 presenta imágenes de electrodos de una batería fabricada en el ejemplo comparativo 3 de la presente invención después de la evaluación según el ejemplo experimental 1.

### Mejor modo

A continuación en el presente documento, la presente invención se describirá con más detalle.

Los términos o palabras usados en la presente memoria descriptiva y las reivindicaciones no deben interpretarse limitadamente a significados comunes o de diccionario, y se interpretarán como significados y conceptos

correspondientes a ideas tecnológicas de la presente divulgación basándose en un principio en el que los inventores pueden definir adecuadamente. los conceptos de términos para describir la invención de la mejor manera posible.

Los términos usados en la presente invención sirven únicamente para describir realizaciones específicas y no pretenden limitar la presente invención. Las formas singulares usadas en el presente documento también incluyen formas plurales, a menos que el contexto indique claramente lo contrario. En la presente invención, términos tales como "incluir" o "tener" deben especificar la presencia de características, números, etapas, comportamientos, constituyentes, componentes o combinaciones de los mismos descritos en la memoria descriptiva, y deben interpretarse como que no excluyen la posibilidad. de presencia o adición de una o más de otras características, números, etapas, comportamientos, constituyentes, componentes o combinaciones de los mismos.

Una batería de litio-azufre tiene una mayor capacidad de descarga teórica y densidad de energía teórica entre muchas baterías secundarias de litio, y ha recibido atención como una batería de próxima generación con la ventaja de que el azufre usado como material activo de electrodo positivo es abundante en recursos y de bajo precio y es respetuoso con el medio ambiente.

A pesar de tales ventajas, la capacidad de descarga teórica y la densidad de energía teórica no se obtienen plenamente en la conducción real. Además, se producen problemas de disminución significativa de la capacidad y acortamiento de la vida útil a medida que avanza el ciclo de carga y descarga, lo que limita la aplicación y comercialización en diversos campos.

Una batería secundaria de litio puede fabricarse en diversas formas, tal como cilíndrica, angular o de botón, y es común una celda de botón. Recientemente, ha recibido atención una celda de bolsa que usa una bolsa tal como una lámina laminada de aluminio como material de embalaje de batería ya que presenta una alta capacidad de batería por unidad de área y, al tener flexibilidad, tiene una transformación de forma libre y se aplica fácilmente a los productos. Además, con las ventajas de una excelente estabilidad y productos que usan baterías más delgadas y livianas con un peso liviano de la celda de bolsa, el uso está aumentando gradualmente. Sin embargo, algunas de las baterías de litio-azufre que se encuentran actualmente en una etapa de comercialización para asegurar un rendimiento a un cierto nivel o superior son en su mayoría de celda de botón, y existen limitaciones en el campo de uso. Por consiguiente, es necesario mejorar el rendimiento y la vida útil de una batería de litio-azufre de tipo bolsa para comercializar una batería de litio-azufre y diversificar sus aplicaciones en todas las industrias.

En vista de lo anterior, la presente invención proporciona un aglutinante para una batería de litio-azufre que incluye dos tipos de polímeros específicos al preparar un electrodo positivo con el fin de mejorar los problemas de reactividad y disminución de la estabilidad en el electrodo positivo, principales causas de la disminución del rendimiento y la vida útil de una batería de litio-azufre.

Específicamente, el aglutinante para una batería de litio-azufre según la presente invención comprende poli(acrilato de litio) y poli(alcohol vinílico).

En la técnica anterior se ha usado un aglutinante para mantener un material activo de electrodo positivo en un colector de corriente de electrodo positivo y conectar orgánicamente los materiales activos de electrodo positivo; sin embargo, la presente invención usa dos tipos de polímeros que desempeñan una función adicional tal como suprimir reacciones secundarias o mejorando la dispersabilidad así como su función original como aglutinante.

En la presente invención, el poli(acrilato de litio) (PAA-Li) sustituye el hidrógeno de un grupo hidroxilo (-OH) incluido en el poli(ácido acrílico) (PAA) por litio (Li). Particularmente, al incluir litio en lugar de hidrógeno al final, el poli(acrilato de litio) desempeña la función de mejorar la estabilidad del electrodo positivo sin generación de gas hidrógeno (H<sub>2</sub>), un tipo de productos de reacción secundaria producidos mientras se acciona una batería o celda en la técnica anterior, además de desempeñar un papel como aglutinante que aumenta la adhesión entre un material activo de electrodo positivo y un material activo de electrodo positivo y un material activo de electrodo positivo y un colector de corriente de electrodo positivo.

El poli(acrilato de litio) es un tipo de polímero de tipo sal de metal alcalino y puede prepararse neutralizando poli(ácido acrílico) con un compuesto base que incluye litio, y como método de neutralización en el presente documento, pueden usarse métodos comunes. Por ejemplo, el compuesto base puede ser hidróxido de litio (LiOH).

El poli(acrilato de litio) puede tener un peso molecular de 450.000 a 1.350.000, preferiblemente de 750.000 a 1.250.000. Cuando el poli(acrilato de litio) tiene un peso molecular correspondiente al intervalo mencionado anteriormente, pueden obtenerse los efectos descritos anteriormente mientras se usa adecuadamente en un electrodo positivo y, por el contrario, el peso molecular que está fuera del intervalo mencionado anteriormente puede provocar un problema de disminución del rendimiento positivo del electrodo al actuar como resistencia o provocar reacciones innecesarias.

El poli(acrilato de litio) puede incluirse en una cantidad del 85 % en peso al 95 % en peso y preferiblemente del 87,5 % en peso al 94 % en peso, basándose en el peso total del aglutinante para una batería de litio-azufre. Cuando

el contenido de poli(acrilato de litio) es menor que el intervalo mencionado anteriormente, el efecto de unión disminuye y el efecto de disminuir la generación de gas hidrógeno disminuye y, por el contrario, un contenido mayor que el intervalo mencionado anteriormente puede afectar negativamente al rendimiento de la batería actuando como resistencia o el contenido de material activo de electrodo positivo o material conductor disminuyendo relativamente cuando se introduce en un electrodo positivo. Por tanto, un contenido adecuado se determina preferiblemente en el intervalo mencionado anteriormente. Sin embargo, un contenido óptimo específico de poli(acrilato de litio) puede establecerse de manera diferente dependiendo del electrodo positivo a proporcionar y otras propiedades y entorno de uso de una batería provista con el mismo, y tal aplicación no está limitada por el intervalo preferido mencionado anteriormente.

En la presente invención, el poli(alcohol vinílico) desempeña un papel de dispersante en un electrodo positivo y aumenta la reactividad electroquímica del electrodo positivo mejorando la dispersabilidad de un material activo de electrodo positivo. Además, el poli(alcohol vinílico) también cumple la función de mantener el material activo de electrodo positivo en un colector de corriente de electrodo positivo.

El poli(alcohol vinílico) puede tener una viscosidad de 3,2 mPas a 3,6 mPas y un grado de saponificación del 87 % en moles al 89 % en moles. Por ejemplo, un producto comercialmente disponible del poli(alcohol vinílico) puede incluir PVA-203 de Kuraray Co., Ltd.

Cuando el poli(alcohol vinílico) tiene un peso molecular correspondiente al intervalo mencionado anteriormente, puede obtenerse un efecto objetivo de mejorar la dispersabilidad mientras puede usarse en un electrodo positivo y, por el contrario, estando el peso molecular fuera del intervalo mencionado anteriormente. El intervalo puede provocar un problema de disminución del rendimiento del electrodo positivo al actuar como resistencia o provocar reacciones innecesarias.

El poli(alcohol vinílico) puede incluirse en una cantidad del 5 % en peso al 15 % en peso y preferiblemente del 6 % en peso al 12,5 % en peso, basándose en el peso total del aglutinante para una batería de litio-azufre. Cuando el contenido de poli(alcohol vinílico) es inferior al intervalo mencionado anteriormente, el efecto de mejora de la dispersabilidad es insignificante, y un material activo de electrodo positivo y un material conductor pueden desprenderse debido a la disminución de las propiedades físicas de un electrodo positivo, y cuando el contenido es mayor que el intervalo mencionado anteriormente; por el contrario, las razones entre el material activo de electrodo positivo y el material conductor disminuyen en el electrodo positivo, lo que provoca una disminución en la capacidad de la batería. Por tanto, un contenido adecuado se determina preferiblemente en el intervalo mencionado anteriormente. Sin embargo, un contenido óptimo específico de poli(alcohol vinílico) puede establecerse de manera diferente dependiendo del electrodo positivo a proporcionar y otras propiedades y entorno de uso de una batería proporcionada con el mismo, y tal aplicación no está limitada por el intervalo preferido mencionado anteriormente.

En el presente documento, el aglutinante para una batería de litio-azufre según la presente invención puede incluir el poli(acrilato de litio) y el poli(alcohol vinílico) en una razón en peso de 85:15 a 95:5 y preferiblemente en una razón en peso de 87,5:12,5 a 94:6. Cuando la razón de poli(acrilato de litio) aumenta en el intervalo de proporción en peso mencionado anteriormente, la dispersabilidad de la suspensión puede disminuir y las propiedades físicas del electrodo positivo preparado pueden disminuir, desprendiéndose fácilmente el material activo de electrodo positivo y el material conductor. Por el contrario, cuando la razón de poli(acrilato de litio) disminuye aún más, la dispersabilidad de la suspensión puede aumentar y la fuerza adhesiva entre el material activo de electrodo positivo y el material conductor puede aumentar; sin embargo, puede producirse un problema de disminución de las propiedades de vida útil de una celda fabricada usando el electrodo.

La presente invención también proporciona un electrodo positivo para una batería de litio-azufre que incluye el aglutinante para una batería de litio-azufre descrito anteriormente.

El electrodo positivo para una batería de litio-azufre comprende el aglutinante para una batería de litio-azufre de la presente invención y un material activo de electrodo positivo.

El aglutinante para una batería de litio-azufre es de la presente invención y sigue las descripciones proporcionadas anteriormente.

El aglutinante puede incluirse en una cantidad del 1 % en peso al 10 % en peso y preferiblemente del 7,5 % en peso al 8 % en peso, basándose en el peso total de la composición de suspensión de electrodo positivo para una batería de litio-azufre. Cuando el contenido del aglutinante es menor que el intervalo mencionado anteriormente, el material activo, el material conductor o similar pueden desprenderse decreciendo las propiedades físicas del electrodo positivo, y cuando el contenido es mayor que el intervalo mencionado anteriormente, por el contrario, la razón de material activo de electrodo positivo puede disminuir una capacidad de la batería decreciente. Por lo tanto, un contenido adecuado se determina preferiblemente en el intervalo descrito anteriormente.

Puede incluirse un compuesto a base de azufre como material activo de electrodo positivo. El compuesto a base de azufre puede ser al menos uno seleccionado del grupo que consiste en azufre inorgánico ( $S_8$ ),  $Li_2S_n$  ( $n \geq 1$ ),

compuestos de disulfuro, compuestos de organoazufre y polímeros de carbono-azufre  $((C_2S_x)_n)$ ,  $x=de\ 2,5\ a\ 50$ ,  $n\geq 2$ ). Preferiblemente, puede usarse azufre inorgánico ( $S_8$ ).

5 El compuesto a base de azufre por sí solo no tiene conductividad eléctrica y, cuando se usa, está compuesto con un material conductor. Preferiblemente, el material activo de electrodo positivo puede ser un compuesto de azufre-carbono.

10 En el material compuesto de azufre-carbono, el carbono es un material de carbono poroso y proporciona un esqueleto capaz de fijar de manera uniforme y estable el azufre, el material activo de electrodo positivo, y complementa la conductividad eléctrica del azufre para hacer avanzar suavemente una reacción electroquímica.

15 El material de carbono poroso puede prepararse generalmente carbonizando un precursor de diversos materiales de carbono. El material de carbono poroso incluye poros irregulares en el mismo, y los poros pueden tener un diámetro promedio en un intervalo de 1 nm a 200 nm, y la densidad de los poros o porosidad puede estar en un intervalo del 10 % al 90 % del volumen poroso total. Cuando los poros tienen un diámetro promedio menor que el intervalo mencionado anteriormente, el tamaño de los poros es simplemente un nivel molecular que hace imposible la impregnación con azufre, y cuando los poros tienen un diámetro promedio mayor que el intervalo mencionado anteriormente, la resistencia mecánica del carbono poroso se debilita, por lo que no se prefiere su uso en un procedimiento de preparación de electrodos.

20 La forma del material de carbono poroso puede ser de tipo globular, de tipo varilla, de tipo aguja, de tipo placa, de tipo tubo o de tipo a granel, y puede usarse sin límite siempre y cuando se use comúnmente en una batería de litio-azufre.

25 El material de carbono poroso puede usarse sin límite siempre que sea un material que tenga una estructura porosa o un área superficial específica alta y se use comúnmente en la técnica. Ejemplos del material de carbono poroso pueden ser al menos uno seleccionado del grupo que consiste en grafito; grafeno; negro de carbono tal como negro Denka, negro de acetileno, negro Ketjen, negro de canal, negro de horno, negro de lámpara o negro térmico; nanotubos de carbono (CNT) tales como nanotubos de carbono de pared simple (SWCNT) o nanotubos de carbono de pared múltiple (MWCNT); fibras de carbono tales como nanofibras de grafito (GNF), nanofibras de carbono (CNF) o fibras de carbón activado (ACF); grafito natural, grafito artificial, grafito expandido y carbono activado, pero no se limitan a ellos. El material de carbono poroso puede ser preferiblemente un nanotubo de carbono.

35 En el material compuesto de azufre-carbono, el azufre está situado en al menos una superficie cualquiera de las superficies interior y exterior de los poros del material de carbono poroso, y en el presente documento, puede estar presente en una región de menos del 100 %, preferiblemente del 1 % al 95 % y más preferiblemente del 60 % al 90 % de toda la superficie interior y exterior del material de carbono poroso.

40 El material activo de electrodo positivo puede incluir además al menos un aditivo seleccionado de entre elementos de metales de transición, elementos del grupo IIIA, elementos del grupo IVA, compuestos de azufre de estos elementos y aleaciones de estos elementos y azufre, además de la composición descrita anteriormente.

45 Como elemento de metal de transición, pueden incluirse Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt, Au, Hg o similares. Como elemento del grupo IIIA, pueden incluirse Al, Ga, In, Tl o similares, y como elemento del grupo IVA, pueden incluirse Ge, Sn, Pb o similares.

50 El material activo de electrodo positivo puede incluirse en una cantidad del 50 % en peso al 95 % en peso y preferiblemente en del 70 % en peso al 95 % en peso, basándose en el peso total de la composición de suspensión de electrodo positivo para una batería de litio-azufre. Cuando el material activo de electrodo positivo se incluye en menos del intervalo mencionado anteriormente, es difícil obtener suficiente reacción del electrodo, y cuando se incluye en una cantidad mayor que el intervalo mencionado anteriormente, es difícil asegurar suficiente reacción del electrodo debido a un contenido relativamente insuficiente del material conductor y del aglutinante. Por tanto, un contenido adecuado se determina preferiblemente en el intervalo mencionado anteriormente.

55 Además, el electrodo positivo para una batería de litio-azufre de la presente invención puede incluir además un material conductor. El material conductor es un material que conecta un electrolito y un material activo de electrodo positivo para desempeñar la función de una trayectoria a través de la cual los electrones migran desde un colector de corriente hasta el material activo de electrodo positivo, y pueden usarse materiales que tengan porosidad y conductividad sin límite.

60 Por ejemplo, puede usarse un material a base de carbono que tenga porosidad como material conductor, y los ejemplos de tal material a base de carbono pueden incluir negro de humo, grafito, grafeno, carbono activado, fibras de carbono y similares, y fibras metálicas tales como una malla metálica; polvos metálicos tales como cobre, plata, níquel o aluminio; o pueden incluirse materiales conductores orgánicos tales como derivados de polifenileno. Los materiales conductores pueden usarse solos o como una mezcla.

65

El material conductor puede incluirse en una cantidad del 1 % en peso al 10 % en peso y preferiblemente del 1 % en peso al 5 % en peso, basándose en el peso total de la composición de la suspensión de electrodo positivo para una batería de litio-azufre. Cuando el contenido del material conductor incluido en el electrodo positivo es menor que el intervalo mencionado anteriormente, las partes no reactivas aumentan en el material activo de electrodo positivo en el electrodo, provocando en última instancia una disminución de la capacidad, siendo el contenido mayor que el anterior. El intervalo mencionado afecta negativamente a las propiedades de descarga de alta eficiencia y al ciclo de vida útil. Por tanto, un contenido adecuado se determina preferiblemente en el intervalo descrito anteriormente.

Además, el electrodo positivo para una batería de litio-azufre de la presente invención puede incluir además un aglutinante. El aglutinante es para aumentar la fuerza de unión entre los componentes que forman el electrodo positivo y entre estos y un colector de corriente, y pueden usarse todos los aglutinantes conocidos en la técnica.

El ejemplo del aglutinante puede incluir uno seleccionado del grupo que consiste en aglutinantes a base de resina de flúor que incluyen poli(fluoruro de vinilideno) (PVdF) o politetrafluoroetileno (PTFE); aglutinantes a base de caucho que incluyen caucho de estireno butadieno (SBR), caucho de acrilonitrilo-butadieno o caucho de estirenoisopreno; aglutinantes a base de celulosa que incluyen carboximetilcelulosa (CMC), almidón, hidroxipropilcelulosa o celulosa regenerada; aglutinantes a base de polialcohol; aglutinantes a base de poliolefina que incluyen polietileno o polipropileno; aglutinantes a base de poliimida; aglutinantes a base de poliéster y aglutinantes a base de silano, o mezclas o copolímeros de dos o más tipos de los mismos.

El electrodo positivo para una batería de litio-azufre según la presente invención, que incluye el aglutinante para una batería de litio-azufre descrito anteriormente y un material activo de electrodo positivo, puede prepararse usando métodos comunes.

Por ejemplo, en cuanto a un método para preparar el electrodo positivo de la presente invención, en primer lugar se disuelve el aglutinante en un disolvente para preparar la suspensión y después se dispersa en el mismo un material conductor. Como disolvente para preparar la suspensión en el presente documento, se usan preferiblemente aquellos capaces de dispersar uniformemente el material activo de electrodo positivo, el aglutinante y el material conductor descritos anteriormente y que se evaporen fácilmente, y los ejemplos típicos de los mismos pueden incluir acetonitrilo, metanol, etanol, tetrahidrofurano, agua, alcohol isopropílico y similares. A continuación, el material activo de electrodo positivo, o selectivamente junto con aditivos, se dispersa de nuevo uniformemente en el disolvente disperso de material conductor para preparar la suspensión de electrodo positivo. Las cantidades de disolvente, material activo de electrodo positivo o selectivamente los aditivos incluidos en la suspensión no tienen un significado importante en la presente solicitud, y es suficiente que la suspensión tenga la viscosidad adecuada para recubrirse fácilmente.

La suspensión preparada tal como anteriormente se recubre sobre un colector de corriente y el resultado se seca a vacío para formar un electrodo positivo. La suspensión puede recubrirse sobre el colector de corriente hasta obtener un grosor adecuado dependiendo de la viscosidad de la suspensión y del grosor del electrodo positivo a formar.

El colector de corriente no está particularmente limitado siempre que pueda prepararse para que tenga generalmente un grosor de 3  $\mu\text{m}$  a 500  $\mu\text{m}$  y tenga una alta conductividad sin inducir cambios químicos en una batería. Específicamente, pueden usarse materiales conductores tales como acero inoxidable, aluminio, cobre o titanio, y más específicamente, puede usarse un colector de corriente de aluminio recubierto de carbono. El uso de un sustrato de aluminio recubierto de carbono tiene ventajas en comparación con el uso de sustratos de aluminio sin recubrimiento de carbono en el sentido de que la fuerza adhesiva para un material activo de electrodo positivo es superior, la resistencia de contacto es baja y se evita la corrosión del aluminio provocada por el polisulfuro. Además, el colector de corriente puede tener diversas formas, tales como películas, láminas, hoja, redes, cuerpos porosos, espumas o materiales textiles no tejidos.

La presente invención también proporciona una batería de litio-azufre que incluye el electrodo positivo para una batería de litio-azufre descrito anteriormente.

La batería de litio-azufre incluye un electrodo positivo; un electrodo negativo; y un separador y un electrolito interpuesto entre el electrodo positivo y el electrodo negativo, y como electrodo positivo, se usa el electrodo positivo para una batería de litio-azufre según la presente invención.

El electrodo positivo es según la presente invención y sigue las descripciones proporcionadas anteriormente.

El electrodo negativo puede incluir un colector de corriente de electrodo negativo y una capa de material activo de electrodo negativo formada sobre una superficie o sobre ambas superficies del mismo. Alternativamente, el electrodo negativo puede ser una placa de metal de litio.

El colector de corriente de electrodo negativo sirve para soportar el material activo de electrodo negativo y no está particularmente limitado siempre que tenga una conductividad excelente y sea electroquímicamente estable en un área de voltaje de una batería secundaria de litio. Los ejemplos de los mismos pueden incluir cobre, acero

inoxidable, aluminio, níquel, titanio, paladio, carbono horneado, cobre o acero inoxidable cuya superficie está tratada con carbono, níquel, plata o similares, aleaciones de aluminio-cadmio y similares.

5 El colector de corriente de electrodo negativo puede reforzar la fuerza de unión con el material activo de electrodo negativo formando microdesigualdades sobre una superficie del mismo, y pueden usarse diversas formas tales como películas, láminas, hoja, mallas, redes, cuerpos porosos, espumas o materiales textiles no tejidos.

10 Como material activo de electrodo negativo, puede incluirse un material capaz de intercalar o desintercalar reversiblemente iones de litio ( $\text{Li}^+$ ), un material capaz de formar reversiblemente un compuesto que contiene litio haciéndolo reaccionar con iones de litio, metal de litio o una aleación de litio. Los ejemplos del material capaz de intercalar o desintercalar reversiblemente iones de litio ( $\text{Li}^+$ ) pueden incluir carbono cristalino, carbono amorfo o una mezcla de los mismos. Los ejemplos del material capaz de formar reversiblemente un compuesto que contiene litio haciéndolo reaccionar con iones de litio ( $\text{Li}^+$ ) puede incluir óxido de estaño, nitrato de titanio o silicio. Los ejemplos de aleación de litio pueden incluir aleaciones de litio (Li) y metales seleccionados del grupo que consiste en sodio 15 (Na), potasio (K), rubidio (Rb), cesio (Cs), francio (Fr), berilio (Be), magnesio (Mg), calcio (Ca), estroncio (Sr), bario (Ba), radio (Ra), aluminio (Al) y estaño (Sn). Preferiblemente, el material activo de electrodo negativo puede ser metal de litio y, específicamente, puede tener una película delgada de metal de litio o forma de polvo de metal de litio.

20 Un método para formar el material activo de electrodo negativo no está particularmente limitado y pueden usarse métodos para formar una capa o membrana comúnmente usados en la técnica. Por ejemplo, pueden usarse métodos de compresión, recubrimiento o deposición. Además, en el electrodo negativo de la presente invención también se incluye un caso de ensamblar una batería sin tener una película delgada de litio sobre un colector de corriente, y luego formar una película delgada de litio metálico sobre una placa metálica mediante carga inicial.

25 El separador es para separar físicamente ambos electrodos en la batería de litio-azufre de la presente invención, y aquellos comúnmente usados como separador en una batería de litio-azufre pueden usarse sin límite particular, y particularmente, aquellos que tienen una excelente capacidad de retención de humedad del electrolito mientras que tienen baja resistencia a la migración de iones del electrolito.

30 El separador puede formarse con un sustrato poroso, y como sustrato poroso, pueden usarse todos los sustratos porosos comúnmente usados en un dispositivo electroquímico, y por ejemplo, pueden usarse membranas porosas a base de poliolefina o materiales textiles no tejidos, sin embargo, el sustrato poroso no se limita particularmente al mismo.

35 Los ejemplos de la membrana porosa a base de poliolefina pueden incluir membranas formadas con un polímero usando un polímero a base de poliolefina tal como polietileno, tal como polietileno de alta densidad, polietileno lineal de baja densidad, polietileno de baja densidad y polietileno de peso molecular ultraalto, polipropileno, polibutileno y polipenteno solo o formado con un polímero que los mezcla.

40 Como material textil no tejido distinto del material textil no tejido a base de poliolefina descrito anteriormente, pueden incluirse materiales textiles no tejidos formados con un polímero usando, por ejemplo, poli(tereftalato de etileno), poli(tereftalato de butileno), poliéster, poliácetal, poliamida, policarbonato, poliimida, polieteretercetona, poliétersulfona, poli(óxido de fenileno), poli(sulfuro de fenileno), poli(naftalato de etileno), poliéster y similares solos o formados con un polímero mezclándolos. Una estructura de materiales textiles no tejidos puede incluir materiales textiles no tejidos hilados o materiales textiles no tejidos soplados en fusión formados con fibras largas.

50 El grosor del sustrato poroso no está particularmente limitado, pero puede ser de desde  $1 \mu\text{m}$  hasta  $100 \mu\text{m}$  y preferiblemente desde  $5 \mu\text{m}$  hasta  $50 \mu\text{m}$ .

Los tamaños de los poros presentes en el sustrato poroso y la porosidad tampoco están particularmente limitados, pero pueden ser de desde  $0,001 \mu\text{m}$  hasta  $50 \mu\text{m}$  y del 10 % al 95 %, respectivamente.

55 El electrolito incluye iones de litio, que es para producir una reacción electroquímica de oxidación o reducción en el electrodo positivo y el electrodo negativo usando este como medio.

El electrolito puede ser un líquido de electrolito no acuoso o un electrolito sólido que no reacciona con metal de litio, pero es preferiblemente un líquido de electrolito no acuoso e incluye una sal de electrolito y un disolvente orgánico.

60 La sal de electrolito incluida en el líquido electrolítico no acuoso es una sal de litio. La concentración de la sal de litio puede ser de desde 0,2 M hasta 2 M, específicamente desde 0,4 M hasta 2 M y más específicamente desde 0,4 M hasta 1,7 M dependiendo de diversos factores tales como una composición precisa de la mezcla de disolvente electrolítico, solubilidad de la sal, conductividad de la sal disuelta, condiciones de carga y descarga de una batería, temperatura de trabajo y otros factores conocidos en el campo de las baterías de litio. Cuando la concentración de la sal de litio es inferior a 0,2 M, la conductividad del electrolito puede disminuir, lo que provoca una disminución en el rendimiento del electrolito, y cuando la concentración de la sal de litio es superior a 2 M, la viscosidad del electrolito 65

aumenta, lo que provoca una disminución en la movilidad de los iones de litio.

La sal de litio puede usarse sin límite siempre que se use comúnmente en un líquido electrolítico para una batería de litio-azufre. Por ejemplo, al menos uno seleccionado del grupo que consiste en LiSCN, LiBr, LiI, LiPF<sub>6</sub>, LiBF<sub>4</sub>, LiB<sub>10</sub>Cl<sub>10</sub>, LiSO<sub>3</sub>CF<sub>3</sub>, LiCl, LiClO<sub>4</sub>, LiSO<sub>3</sub>CH<sub>3</sub>, LiB(Ph)<sub>4</sub>, LiC(SO<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, LiN(CF<sub>3</sub>SO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>, LiCF<sub>3</sub>CO<sub>2</sub>, LiAsF<sub>6</sub>, LiSbF<sub>6</sub>, LiAlCl<sub>4</sub>, LiFSI, litio de cloroborano, litio de ácido carboxílico alifático inferior y similares.

Como disolvente orgánico incluido en el líquido de electrolito no acuoso, pueden usarse sin límite los comúnmente usados en un electrolito para una batería secundaria de litio, y por ejemplo, pueden usarse éter, éster, amida, carbonato lineal, carbonato cíclico y similares. Se usa o bien solo o bien como una mezcla de dos o más tipos. Entre estos, normalmente puede incluirse un compuesto a base de éter.

El compuesto a base de éter puede incluir éter no cíclico y éter cíclico.

Los ejemplos del éter no cíclico pueden incluir al menos uno seleccionado del grupo que consiste en dimetil éter, dietil éter, dipropil éter, metiletil éter, metilpropil éter, etilpropil éter, dimetil éter de etilenglicol, dietil éter de etilenglicol, etilmetil éter de etilenglicol, dimetil éter de dietilenglicol, dietil éter de dietilenglicol, metiletil éter de dietilenglicol, dimetil éter de trietilenglicol, dietil éter de trietilenglicol, metiletil éter de trietilenglicol, dimetil éter de tetraetilenglicol, dietil éter de tetraetilenglicol, metiletil éter de tetraetilenglicol, dimetil éter de polietilenglicol, dimetil éter de polietilenglicol y metiletil éter de polietilenglicol, pero no se limitan a los mismos.

Los ejemplos del éter cíclico pueden incluir al menos uno seleccionado del grupo que consiste en 1,3-dioxolano, 4,5-dimetil-dioxolano, 4,5-dietil-dioxolano, 4-metil-1,3-dioxolano, 4-etil-1,3-dioxolano, tetrahidrofurano, 2-metiltetrahidrofurano, 2,5-dimetiltetrahidrofurano, 2,5-dimetoxitetrahidrofurano, 2-etoxitetrahidrofurano, 2-metil-1,3-dioxolano, 2-vinil-1,3-dioxolano, 2,2-dimetil-1,3-dioxolano, 2-metoxi-1,3-dioxolano, 2-etil-2-metil-1,3-dioxolano, tetrahidropirano, 1,4-dioxano, 1,2-dimetoxibenceno, 1,3-dimetoxibenceno, 1,4-dimetoxibenceno y dimetil éter de isosorbida, pero no se limitan a los mismos.

Los ejemplos del éster como disolvente orgánico pueden incluir uno cualquiera seleccionado del grupo que consiste en acetato de metilo, acetato de etilo, acetato de propilo, propionato de metilo, propionato de etilo, propionato de propilo,  $\gamma$ -butirolactona,  $\gamma$ -valerolactona,  $\gamma$ -caprolactona,  $\sigma$ -valerolactona y  $\epsilon$ -caprolactona, o una mezcla de dos o más tipos de los mismos; sin embargo, el éster no se limita a los mismos.

Los ejemplos específicos del carbonato lineal pueden incluir uno cualquiera seleccionado del grupo que consiste en carbonato de dimetilo (DMC), carbonato de dietilo (DEC), carbonato de dipropilo, carbonato de etilmetilo (EMC), carbonato de metilpropilo y carbonato de etilpropilo, o una mezcla de dos o más tipos de los mismos, sin embargo, el carbonato lineal no se limita a los mismos.

Los ejemplos específicos del carbonato cíclico pueden incluir uno cualquiera seleccionado del grupo que consiste en carbonato de etileno (EC), carbonato de propileno (PC), carbonato de 1,2-butileno, carbonato de 2,3-butileno, carbonato de 1,2-pentileno, carbonato de 2,3-pentileno, carbonato de vinileno, carbonato de viniletileno y haluros de los mismos, o una mezcla de dos o más tipos de los mismos. Los ejemplos de haluro del mismo pueden incluir carbonato de fluoroetileno (FEC) y similares, pero no se limitan a los mismos.

El líquido de electrolito no acuoso puede inyectarse en una etapa adecuada en un procedimiento de fabricación de un dispositivo electroquímico dependiendo del procedimiento de fabricación y de las propiedades requeridas de un producto final. En otras palabras, el líquido de electrolito no acuoso puede usarse en una etapa previa al ensamblaje de un dispositivo electroquímico o en una etapa final del ensamblaje del dispositivo electroquímico.

La batería de litio-azufre según la presente invención puede pasar por procedimientos de laminación (apilamiento) y plegado de un separador y un electrodo además del bobinado, un procedimiento general.

La forma de la batería de litio-azufre depende del material de embalaje de la batería y puede emplear diversas formas, tales como de tipo cilindro, de tipo laminación, de tipo botón o de tipo bolsa. Preferiblemente, la batería de litio-azufre de la presente invención puede ser de tipo botón o de tipo bolsa. Particularmente, la batería de litio-azufre que incluye el electrodo positivo según la presente invención puede presentar excelentes propiedades de rendimiento y vida útil incluso cuando se fabrica en una celda de bolsa.

Además, la presente invención proporciona un módulo de batería que incluye la batería de litio-azufre como celda unitaria.

El módulo de batería puede usarse como fuente de alimentación para dispositivos de tamaño mediano a grande que requieren estabilidad a altas temperaturas, propiedades de ciclo largo y propiedades de alta capacidad.

Los ejemplos del dispositivo de tamaño mediano a grande pueden incluir herramientas eléctricas operadas a través de la recepción de energía eléctrica mediante un motor de batería; vehículos eléctricos, incluyendo vehículos

eléctricos (EV), vehículos eléctricos híbridos (HEV), vehículos eléctricos híbridos enchufables (PHEV) y similares; vehículos eléctricos de dos ruedas, incluyendo bicicletas eléctricas (e-bikes) y scooters eléctricos (e-scooters); carritos de golf eléctricos; sistemas para almacenamiento de energía y similares, pero no se limitan a los mismos.

## 5 Modo de invención

A continuación en el presente documento, se proporcionarán ejemplos preferidos para ilustrar la presente invención; sin embargo, los siguientes ejemplos son sólo para fines ilustrativos y será obvio para los expertos en la técnica que diversos cambios y modificaciones también se encuentran dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

10

## Ejemplo y ejemplo comparativo

[Ejemplo 1]

15 En un reactor, se mezclaron uniformemente 4,2 g de azufre y 1,8 g de nanotubos de carbono y luego el resultado se trató térmicamente durante 30 minutos a 155 °C para preparar un material compuesto de azufre-carbono.

20 Posteriormente, se usó el 87 % en peso del material compuesto de azufre-carbono preparado (S:C=7:3) como material activo de electrodo positivo, el 5 % en peso de fibra de carbono (VGCF, fabricada por Showa Denko K.K.) como material conductor, y se mezclaron el 7 % en peso de poli(acrilato de litio) y el 1 % en peso de poli(alcohol vinílico) como aglutinante para preparar una composición de suspensión de electrodo positivo.

25 Luego, se recubrió la composición de suspensión preparada sobre un colector de corriente de aluminio y el resultado se secó durante 12 horas a 50°C para preparar un electrodo positivo.

30 Se usó el electrodo positivo después de perforar a un electrodo circular de 14 phi, se usó un separador de polietileno (PE) después de perforar a 19 phi y un metal de litio que tenía un grosor de 43 µm a 16 phi como electrodo negativo. Además, se usó un electrolito formado con 2-metiltetrahidrofurano (2-Me-THF): etilmetil éter de etilenglicol (EGEME) (3:6, v/v), LiN(CF<sub>3</sub>SO<sub>2</sub>)<sub>2</sub> (LiTFSI) 0,75 M y el 3 % en peso de LiNO<sub>3</sub>.

Después de eso, se fabricó una batería de litio-azufre de tipo botón que incluía el electrodo positivo, el separador, el electrodo negativo y el electrolito preparado tal como se describió anteriormente.

35 [Ejemplo 2]

Se fabricó una batería de litio-azufre de tipo bolsa de la misma manera que en el ejemplo 1 excepto que la batería de litio-azufre se fabricó en forma de bolsa usando un método de apilamiento.

40 [Ejemplo comparativo 1]

Se fabricó una batería de litio-azufre de tipo botón de la misma manera que en el ejemplo 1 excepto que el material compuesto de azufre-carbono se usó en el 88 % en peso sin usar poli(alcohol vinílico) al preparar la composición de suspensión de electrodo positivo.

45 [Ejemplo comparativo 2]

Se fabricó una batería de litio-azufre de tipo botón de la misma manera que en el ejemplo 1 excepto que, en lugar de poli(alcohol vinílico), se usó polivinilpirrolidona en el mismo contenido al preparar la composición de suspensión de electrodo positivo.

50

[Ejemplo comparativo 3]

55 Se fabricó una batería de litio-azufre de tipo bolsa de la misma manera que en el ejemplo 2, excepto que el material compuesto de azufre-carbono se usó en el 88% en peso sin usar poli(alcohol vinílico) al preparar la composición de suspensión de electrodo positivo.

Ejemplo experimental 1. Evaluación del rendimiento de la batería

60 Para las baterías fabricadas en los ejemplos y los ejemplos comparativos, se midió la capacidad de descarga específica mientras se avanzaba repetidamente un ciclo de carga/descarga 2,5 veces con una tasa inicial de 0,1 C y se repetía la carga y descarga 3 veces con una tasa de 0,2 C, luego se cargaba con una tasa de 0,3 C y se descargaba con una tasas de 0,5 C en el caso de la celda de botón, y avanzando repetidamente un ciclo de descarga una vez con una tasa inicial de 0,05 C, repitiendo la carga y descarga 3 veces con una tasa de 0,1 C, luego cargando con una tasa de 0,1 C y descargando con una tasa de 0,2 C en el caso de la celda de bolsa usando un dispositivo de medición de carga y descarga para identificar las propiedades de vida útil. Los resultados obtenidos en el presente documento se muestran en la figura 1 y la figura 2.

65

Además, para cada una de las baterías del ejemplo 2 y del ejemplo comparativo 3, se desmontó la batería después de finalizar los ciclos y se observaron visualmente el electrodo positivo y el electrodo negativo. Los resultados obtenidos en el presente documento se muestran en la figura 3 y la figura 4. El lado izquierdo es el electrodo negativo y el lado derecho es el electrodo positivo.

Cuando se hace referencia a las figuras 1 y 2, se identificó que la batería que incluía el electrodo positivo según la presente invención tenía propiedades de vida útil superiores en comparación con las baterías de los ejemplos comparativos.

Específicamente, la figura 1 se refiere a una batería de tipo botón, y en comparación con la batería de tipo botón según el ejemplo 1 que incluye poli(acrilato de litio) y poli(alcohol vinílico) como aglutinante que mantiene la capacidad inicial de aproximadamente 700 mAh/g después de 150 ciclos, la capacidad disminuyó rápidamente después de 60 ciclos en el ejemplo comparativo 1 incluye sólo poli(acrilato de litio), y después de 100 ciclos en el ejemplo comparativo 2 incluye poli(acrilato de litio) y polivinilpirrolidona.

La figura 2 se refiere a una batería de tipo bolsa, y se identificó que, en comparación con la batería de tipo bolsa según el ejemplo 2 que mantiene una capacidad de 850 mAh/g o mayor, aproximadamente el 85 % de la capacidad inicial, durante 100 ciclos, la batería según el ejemplo comparativo 3 tuvo su capacidad rápidamente deteriorada después de 40 ciclos.

A través de estos resultados, se vio que la batería que incluía el electrodo positivo según la presente invención tenía una excelente tasa de retención de capacidad y, por tanto, tenía propiedades de vida útil mejoradas en comparación con los ejemplos comparativos tanto en la celda de tipo botón como en la celda de bolsa.

Además, tal como se muestra en la figura 3 y la figura 4, se identificó que la morfología de la batería era uniforme después de terminar el ciclo en el ejemplo 2 en comparación con el ejemplo comparativo 3, y a través de esto, se identificó que avanzó una reacción de carga y descarga uniforme al incluir el electrodo positivo según la presente invención en comparación con los electrodos positivos existentes.

REIVINDICACIONES

1. Aglutinante para una batería de litio-azufre, comprendiendo el aglutinante:  
5 poli(acrilato de litio) y  
poli(alcohol vinílico);  
10 en el que el poli(acrilato de litio) está presente en una cantidad del 85 % en peso al 95 % en peso basándose en el peso total del aglutinante, y el poli(alcohol vinílico) está presente en una cantidad del 5 % en peso al 15 % en peso basándose en el peso total del aglutinante.
2. Electrodo positivo para una batería de litio-azufre, comprendiendo el electrodo positivo:  
15 un material activo de electrodo positivo; y  
un primer aglutinante que comprende poli(acrilato de litio) y poli(alcohol vinílico), en el que el primer aglutinante es el aglutinante según la reivindicación 1.
- 20 3. Electrodo positivo según la reivindicación 2, en el que el electrodo positivo comprende además al menos uno de un material conductor y un segundo aglutinante, en el que el segundo aglutinante es diferente del primer aglutinante.
- 25 4. Electrodo positivo según la reivindicación 2, en el que el material activo de electrodo positivo comprende al menos uno de azufre inorgánico de fórmula  $S_8$ ,  $Li_2S_n$  ( $n \geq 1$ ), un compuesto de disulfuro, un compuesto de organoazufre y un polímero carbono-azufre de fórmula  $(C_2S_x)_n$ , en la que  $x$ =de 2,5 a 50 y  $n \geq 2$ .
5. Batería de litio-azufre que comprende el electrodo positivo según la reivindicación 2.

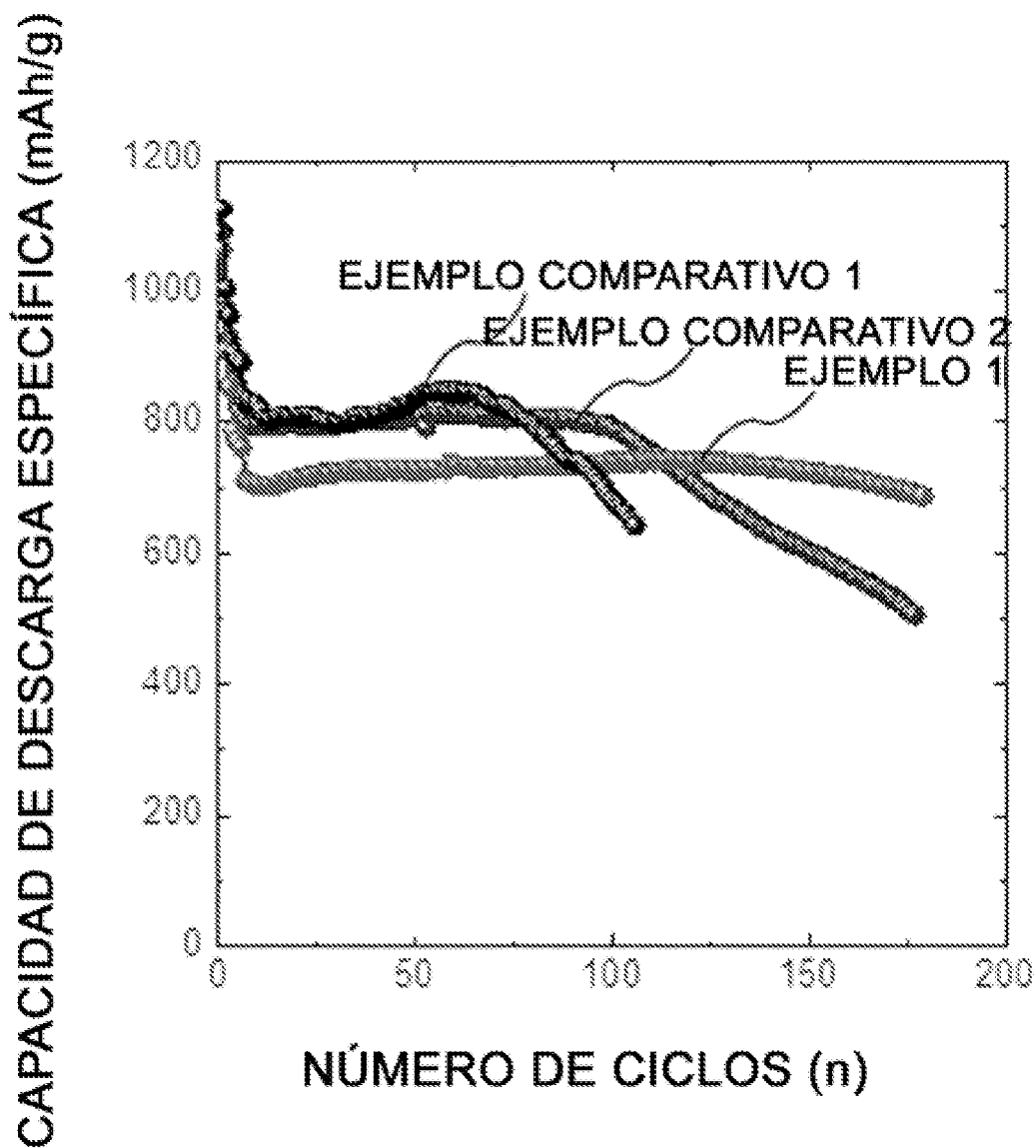


FIG. 1

CAPACIDAD DE DESCARGA ESPECÍFICA (mAh/g)

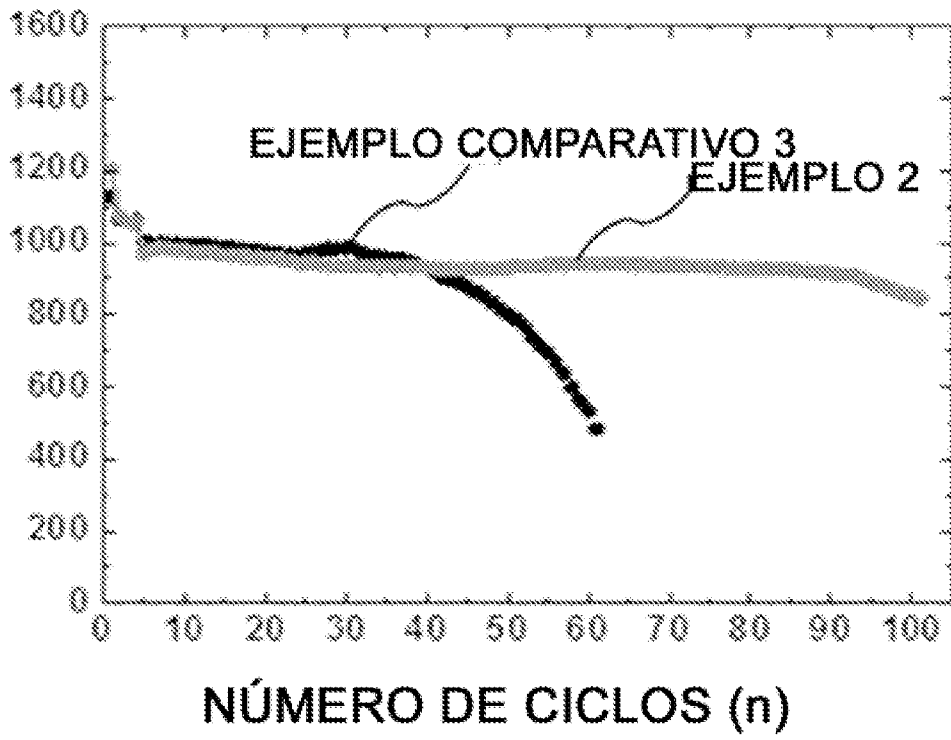
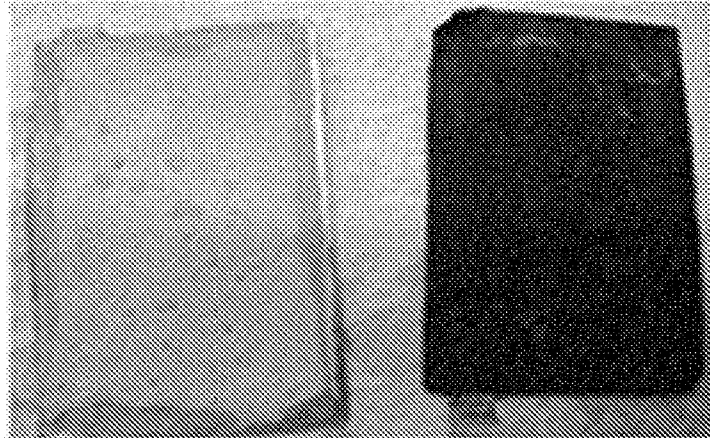


FIG. 2

100° CICLO DE CARGA COMPLETADO



100° CICLO DE DESCARGA COMPLETADO

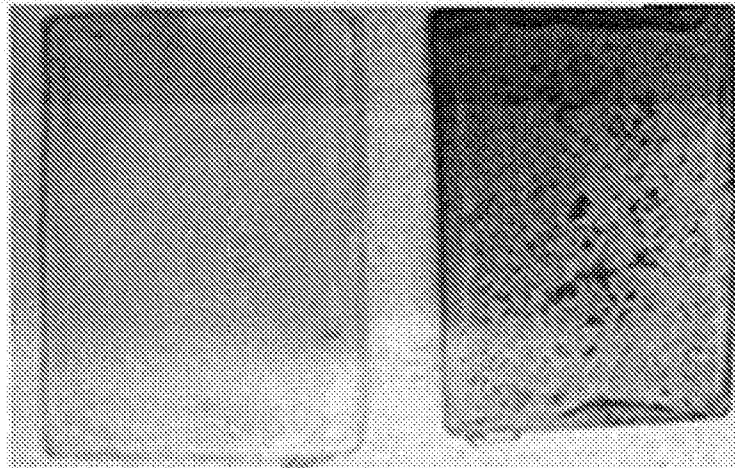
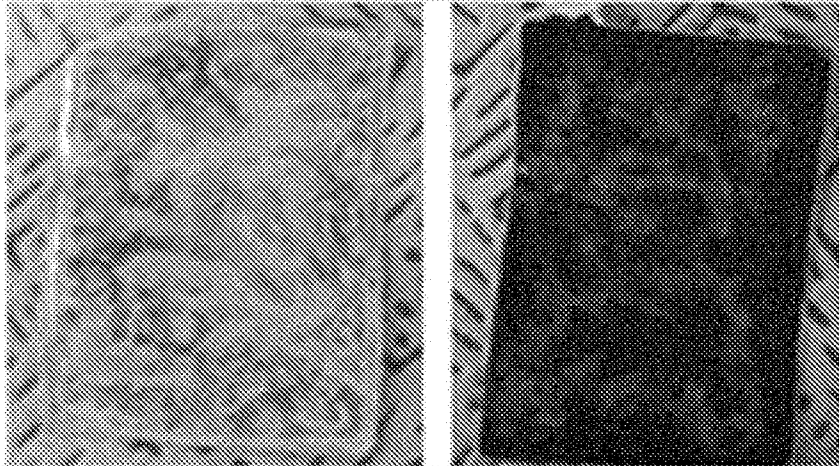


FIG. 3

40° CICLO DE CARGA COMPLETADO



40° CICLO DE DESCARGA COMPLETADO

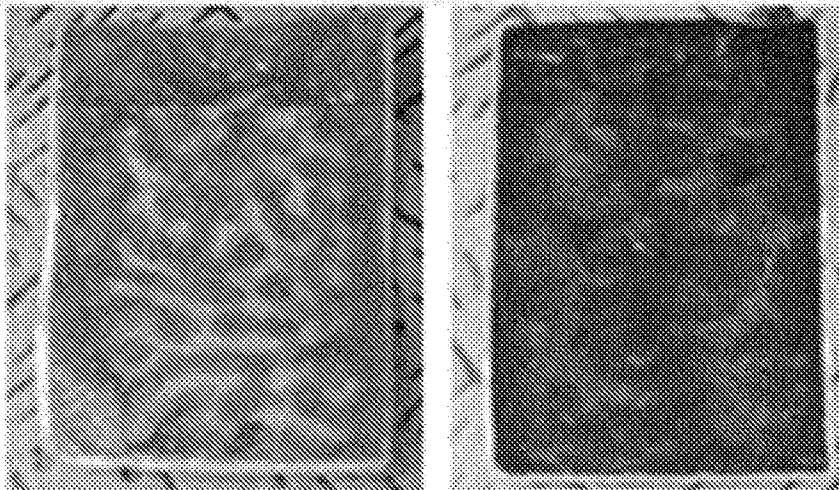


FIG. 4