

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 982 685**

51 Int. Cl.:

**H01M 4/36** (2006.01)  
**H01M 4/38** (2006.01)  
**H01M 4/505** (2010.01)  
**H01M 4/52** (2010.01)  
**H01M 4/583** (2010.01)  
**H01M 4/62** (2006.01)  
**H01M 10/0525** (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.07.2020** **E 20185816 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2024** **EP 3772763**

54 Título: **Capa compuesta de bolas de material activo**

30 Prioridad:

**05.08.2019 TW 108127691**

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

**17.10.2024**

73 Titular/es:

**PROLOGIUM TECHNOLOGY CO., LTD. (50.0%)**  
**No.6-1, Ziqiang 7th Rd, Zhongli Dist.**  
**Taoyuan City 32063, TW y**  
**PROLOGIUM HOLDING INC. (50.0%)**

72 Inventor/es:

**YANG, SZU-NAN**

74 Agente/Representante:

**TOMAS GIL, Tesifonte Enrique**

ES 2 982 685 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**

Capa compuesta de bolas de material activo

**5 Campo de la invención**

[0001] La presente invención se refiere a una capa compuesta para un dispositivo electroquímico, en particular a una capa compuesta con las bolas de material activo, que se forman a partir de los materiales activos con gran cambio de volumen durante reacciones electroquímicas.

10

**Técnica relacionada**

[0002] Para los materiales de electrodos negativos de las baterías de iones de litio, la capacidad volumétrica teórica de los materiales de electrodos negativos de carbono grafito, convencionales es de solo 372 mAh/g, lo que limita la mejora de la densidad energética de las baterías de iones de litio. Si bien la capacidad volumétrica es de hasta 4200 mAh/g, el silicio se ha convertido en el foco de la investigación actual. Sin embargo, cuando se utiliza silicio elemental como electrodo negativo, se produciría un gran cambio de volumen (hasta un 300 %) durante los procesos de carga y descarga, lo que fácilmente puede conducir a la formación de una interfaz vacía entre el electrolito y el silicio molecular para provocar la disminución continua en el rendimiento del electrodo. Los posibles problemas causados por la interfaz vacía pueden incluir:

15

20

a. Disminuir la conductividad electrónica: La expansión del silicio separa los contactos de los materiales eléctricamente conductores; y

25

b. La conductividad iónica disminuye: Independientemente de los electrolitos sólidos o líquidos, debido a la zona vacía formada por la expansión del silicio, la distancia de transmisión de iones se hace más larga o la resistencia de contacto de la interfaz aumenta significativamente.

30

[0003] Actualmente, el método de implementación más común del electrodo negativo de silicio es mezclar material de silicio y material de grafito (5 %-10 % de material de silicio más 95 %-90 % de material de grafito). Y luego se añaden el material eléctricamente conductor y el aglutinante para formar una capa de electrodo negativo mezclado silicio y grafito con un grosor de aproximadamente 80-85 micras. La relación del material de silicio anteriormente mencionado se puede ajustar según la densidad energética requerida, y el grosor también se puede ajustar según el proceso de recubrimiento.

35

[0004] En teoría, para controlar eficazmente el cambio de volumen de los materiales de silicio y reducir los huecos formados por el cambio de volumen y los problemas derivados relacionados, se utiliza un aglutinante rígido, como uno de tipo reticulado para generar una fuerte adhesión. Por lo tanto, se controlará el cambio de volumen de los materiales de silicio durante los procesos de carga y descarga. Sin embargo, para aumentar la capacidad, la cantidad de material eléctricamente conductor y de aglutinante no debería ser demasiado grande, y la proporción del material activo puede aumentar tanto como sea posible. Además, para facilitar el recubrimiento en un área mayor, la proporción del aglutinante rígido no debería ser demasiado alta. Dichos materiales harán que la capa de electrodo se vuelva quebradiza y fácil de romper, lo que provocará un cortocircuito. Además, cuanto mayor es la cantidad del aglutinante rígido que se añade, mayor es el grosor de la capa de electrodo. Es más fácil agrietar y es más difícil realizar un recubrimiento grueso. Por lo tanto, es prácticamente difícil controlar eficazmente los problemas derivados de los huecos con el aglutinante rígido. Todo esto conduce a una disminución de la conductividad eléctrica y la conductividad iónica.

40

45

50

[0005] La patente estadounidense n.º: 8,263,265 utiliza un método de reducción, como el metal magnesio para reducir el dióxido de silicio. Luego se realiza una acidificación para eliminar el óxido de magnesio y formar un compuesto poroso de carbono-silicio para que sirva como material activo del electrodo negativo. Por lo tanto, se logra una alta capacidad y una excelente tasa de retención de capacidad. Sin embargo, esta patente usa principalmente los compuestos porosos para absorber la expansión de volumen del material de silicio. Aunque puede manejar ligeramente el problema de los huecos, todavía no puede ser controlarse eficazmente ni resolver los problemas por completo.

55

[0006] La patente estadounidense n.º: US 20160104882 se refiere a composiciones de electrodos de batería que utilizan partículas compuestas, donde cada partícula compuesta comprende un material activo de alta capacidad y un material de matriz de andamiaje poroso y eléctricamente conductor.

60

[0007] La patente estadounidense n.º: US 20150194677 proporciona un ánodo para un secundario que incluye un colector de corriente del electrodo; una primera capa de recubrimiento formada sobre el colector de corriente del electrodo y que incluye un material activo del ánodo, un primer aglutinante acuoso y un material conductor; y una segunda capa de recubrimiento formada sobre la primera capa de recubrimiento y que incluye un segundo aglutinante no acuoso.

65

[0008] La patente europea n.º: EP 3373367 se refiere a un electrodo positivo que incluye primeras partículas de material activo, segundas partículas de material activo y terceras partículas de material activo

5 [0009] Por lo tanto, esta invención proporciona una capa compuesta de bolas de material activo completamente nuevo para superar las carencias convencionales.

### RESUMEN DE LA INVENCION

10 [0010] Un objetivo de esta invención es proporcionar una capa compuesta de bolas de material activo para superar los defectos anteriores. Para formar las bolas de material activo se utiliza una mayor proporción del aglutinante rígido. Por lo tanto, el gran cambio de volumen del material activo durante los procesos de carga y descarga se controla eficazmente y se puede resolver el problema de los huecos y sus problemas derivados.

15 [0011] Además, otro objetivo de esta invención es proporcionar una capa compuesta de bolas de material activo, que incluye un aglutinante interno con alta resistencia a la expansión dentro de las bolas de material activo y un aglutinante externo con mayor elasticidad fuera de las bolas de material activo. Por lo tanto, en el caso de controlar la expansión del volumen de las partículas de material activo, se conserva la flexibilidad de la capa compuesta, y se mejoran la capacidad específica, la conductividad eléctrica y la conductividad iónica.

20 [0012] Para implementar lo anteriormente mencionado, esta invención divulga una capa compuesta de bolas de material activo, que comprende: una pluralidad de bolas de material activo, donde cada una de las bolas de material activo incluye una pluralidad de primeras partículas de material activo, un primer material eléctricamente conductor y un aglutinante interno, donde las primeras partículas de material activo y el primer material eléctricamente conductor están unidos por el aglutinante interno; un segundo material eléctricamente conductor,  
25 dispuesto fuera de las bolas de material activo; y un aglutinante externo, que une las bolas de material activo y el segundo material eléctricamente conductor; donde una elasticidad del aglutinante interno es menor que una elasticidad del aglutinante externo; donde un contenido en volumen del primer material eléctricamente conductor dentro de las bolas de material activo es superior a un contenido en volumen del segundo material eléctricamente conductor de un volumen total de la capa compuesta distinta de las bolas de material activo;  
30 donde el aglutinante interno incluye un polímero reticulado; donde el aglutinante externo incluye un polímero reticulado, donde un contenido en volumen del polímero reticulado de la capa de aglutinante externo es inferior a un contenido en volumen del polímero reticulado del aglutinante interno; donde tanto el aglutinante externo como el aglutinante interno incluyen un polímero lineal, donde un contenido en volumen del polímero lineal de la capa de aglutinante externo es mayor que un contenido en volumen del polímero lineal del aglutinante interno.

35 [0013] El gran cambio de volumen de las partículas de material activo durante los procesos de carga y descarga se controla eficazmente por la diferente elasticidad del aglutinante interno y el aglutinante externo de esta invención. El problema de los huecos y sus problemas derivados se pueden resolver, y se conserva la flexibilidad de la capa compuesta.

40 [0014] Además, las bolas de material activo de esta invención incluyen una pluralidad de segundas partículas de material activo con una característica de material diferente de una característica de material de las primeras partículas de material activo.

45 [0015] Además, la capa compuesta de bolas de material activo de esta invención incluye, además, una tercera partícula de material activo dentro de las bolas de material activo. Las terceras partículas de material activo tienen una característica de material diferente de la característica de material de las primeras partículas de material activo.

50 [0016] Un alcance adicional de aplicabilidad de la presente invención resultará evidente a partir de la descripción detallada proporcionada a continuación. Sin embargo, se debe entender que la descripción detallada y los ejemplos específicos, si bien indican formas de realización preferidas de la invención, se proporcionan a modo de ilustración, ya que varios cambios y varias modificaciones dentro del espíritu y alcance de la invención resultarán evidentes para los expertos en la técnica a partir de esta descripción detallada.

### 55 BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

[0017] La presente invención se entenderá mejor a partir de la descripción detallada que se proporciona a continuación solo como ilustración y, por lo tanto, no es limitativa de la presente invención, y donde:

60 La figura 1 es un diagrama esquemático de la capa compuesta de bolas de material activo de esta invención.

La figura 2 es un diagrama esquemático de la bola de material activo de esta invención.

65 La figura 3 es un diagrama esquemático de otra forma de realización de la bola de material activo de esta invención.

La figura 4 es un diagrama esquemático de otra forma de realización de la capa compuesta de bolas de material activo de esta invención.

## 5 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

[0018] Consulte la figura 1 y la figura 2, que es un diagrama esquemático de la capa compuesta de bolas de material activo de esta invención, y un diagrama esquemático de la bola de material activo de esta invención, respectivamente. La capa compuesta de bolas de material activo 20 de esta invención está compuesta por las bolas de material activo 10 preformadas, un aglutinante externo 23 y un segundo material eléctricamente conductor 22. La bola de material activo 10 preformada incluye una pluralidad de primeras partículas de material activo 11, un primer material eléctricamente conductor 12 y un aglutinante interno 13. Un diámetro de partícula promedio D50 de las primeras partículas de material activo 11 no es superior al 60 % de un diámetro de la bola de material activo 10. Por ejemplo, en el caso de que el diámetro de la bola de material activo 10 sea de 50-60 micrómetros, el diámetro de partícula promedio D50 de las primeras partículas de material activo 11 sería de 30-36 micrómetros. Las primeras partículas de material activo 11 son las partículas de material activo con un gran cambio de volumen durante las reacciones de extracción e inserción. El cambio de volumen de las primeras partículas de material activo 11 durante los procesos de carga y descarga es del 15 % al 400 %. Por ejemplo, las primeras partículas de material activo 11 pueden seleccionarse de entre partículas de material activo a base de silicio con más del 200 % de cambio de volumen o un litio-níquel-manganeso-cobalto (NMC). Las partículas de material activo a base de silicio incluyen todos los materiales activos que contienen silicio, como silicio elemental u óxido de silicio (SiOx).

[0019] Las primeras partículas de material activo 11, el primer material eléctricamente conductor 12 y el aglutinante interno 13 se mezclan para formar la bola de material activo 10 con el diámetro de partícula promedio D50 no superior al 70 % de un grosor de la capa de electrodo compuesto. La bola de material activo 10 está preformada como esfera esencial. En la siguiente descripción, la capa compuesta de bolas de material activo puede ser una capa de electrodo. Cabe destacar que las bolas de material activo 10 se fabrican agrupando o triturando y mezclando mediante un proceso de molienda de bolas. Por lo tanto, las denominadas esferas son solo ejemplos y no se limitan a esferas, y las esferas no solo pueden tener una sección transversal circular perfecta o una esfera regular. Se debe incluir la forma tridimensional de cualquier esfera, esfera aproximada u otra esfera.

[0020] El aglutinante interno 13 incluye principalmente un polímero reticulado, es decir, el contenido del polímero reticulado en el porcentaje de volumen del aglutinante interno es el más alto. Por ejemplo, el contenido en volumen del polímero reticulado en el primer aglutinante es superior al 70 %. Además, con una mayor proporción del primer material eléctricamente conductor 12 y el aglutinante interno 13, puede proporcionar una fuerza de restricción de expansión y una conductividad eléctrica suficientemente altas. En la capa de electrodo convencional (en el ejemplo en el que se mezclan directamente silicio y/u óxido de silicio (Si/SiOx) y grafito), el contenido en volumen del material eléctricamente conductor es aproximadamente el 5 %, el contenido en volumen del aglutinante es aproximadamente el 7 % y el contenido en volumen de los materiales activos, que incluye silicio y/u óxido de silicio (Si/SiOx) y grafito, es aproximadamente el 88 %. Sin embargo, en esta invención, el contenido en volumen del primer material eléctricamente conductor 12 en las bolas de material activo 10 es del 7 % al 10 %, y el contenido en volumen del aglutinante interno 13 en las bolas de material activo 10 es del 10 % al 15 %. Por lo tanto, con una mayor cantidad del aglutinante interno 13, cuyo componente principal es el aglutinante con menor elasticidad (también llamado aglutinante rígido), como un polímero reticulado, puede aumentar en gran medida la fuerza de restricción de expansión para controlar eficazmente el gran cambio de volumen de los materiales activos durante los procesos de carga y descarga. Por otro lado, el aglutinante interno 13 también puede incluir el aglutinante con mayor elasticidad, como el polímero lineal. El aglutinante interno 13 puede tener un 10 % de polímero lineal en el porcentaje de volumen y un 90 % de polímero reticulado en el porcentaje de volumen. Eso significa que el contenido en volumen del polímero lineal de la capa de aglutinante interno 13 es menor que el contenido en volumen del polímero reticulado del aglutinante interno 13.

[0021] El primer material eléctricamente conductor 12 puede incluir un grafito artificial, un negro de carbono, un negro de acetileno, un grafeno, un nanotubo de carbono, una fibra de carbono cultivada con vapor (VGCF, por sus siglas en inglés) o una combinación de los mismos. El aglutinante interno 13 es principalmente un polímero reticulado con fuerte adhesión física o química y con menos elasticidad. Por ejemplo, el aglutinante interno 13 también puede tener un buen donante de electrones con un radical ácido, que incluye una poliimida (PI), una resina acrílica, un epoxi o una combinación de los mismos. Con la mayor cantidad anteriormente mencionada del aglutinante, el aglutinante interno 13 con fuerte rigidez se puede usar para restringir las partículas de material activo 11 para controlar la escala de expansión de las partículas de material activo después de la carga y descarga. Por lo tanto, la zona vacía irrecuperable sería controlada o eliminada.

[0022] Consulte la figura 3, hay una pluralidad de segundas partículas de material activo 21 añadidas en las bolas de material activo 10. La característica de material de las segundas partículas de material activo 21 es

diferente de la característica de material de las primeras partículas de material activo 11. Por ejemplo, las segundas partículas de material activo 21 pueden seleccionarse de entre los materiales activos, que también tienen buena conductividad eléctrica, como el grafito. Debido a que el grafito tiene una conductividad eléctrica más alta, la cantidad de uso del primer material eléctricamente conductor 12 se puede disminuir para mejorar la densidad energética.

[0023] La mayor cantidad del aglutinante interno rígido 13, es decir, con menor elasticidad, y el primer material eléctricamente conductor 12 reducirán la capacidad de flexión de la capa compuesta, y también limitarán para reducir la relación entre los materiales activos restantes. Por lo tanto, se reducirá la capacidad específica. Sin embargo, las bolas de material activo 10 de la presente invención solo sirven como parte de los materiales activos en la estructura de capa de electrodo, no existen tales preocupaciones, es decir, estos defectos no afectarán a la estructura de capas de electrodos de esta invención, que se describe en detalle más adelante.

[0024] Para hacer comprender mejor las bolas de material activo 10 anteriormente mencionadas, la siguiente descripción solo ilustra un posible proceso de fabricación. Las partículas de material activo 11, el primer material eléctricamente conductor 12 y el aglutinante interno 13 se mezclan con un solvente y luego se aplican como recubrimiento sobre el sustrato temporal. El sustrato temporal se retira después de secar y retirar sucesivamente el solvente. Y luego, mediante trituración y molienda con bolas, se pueden obtener las bolas de material activo 10 con un diámetro de partícula promedio D50 no superior al 70 % del grosor de la capa de electrodo compuesto. En la siguiente descripción, la capa compuesta de bolas de material activo es una capa de electrodo.

[0025] Consulte la figura 1, las bolas de material activo 10 anteriormente mencionadas y el aglutinante externo 23 se pueden mezclar para formar la capa compuesta de bolas de material activo 20 para que sirva como capa de electrodo electroquímico, como un electrodo negativo. El diámetro de partícula promedio D50 de las bolas de material activo 10 no es superior al 70 % del grosor de la capa de electrodo. Por ejemplo, cuando el grosor de la capa de electrodo es de 90 micrómetros, el diámetro de partícula promedio D50 de las bolas de material activo 10 no es superior a 72 micrómetros. Además, la elasticidad del aglutinante interno 13 es diferente a la elasticidad del aglutinante externo 23. La elasticidad del aglutinante externo 23 es superior a la elasticidad del aglutinante interno 13. Es decir, la proporción del polímero lineal con mejor elasticidad en el aglutinante externo 23 es mayor que la del polímero lineal en el aglutinante interno 13. El polímero lineal con mejor elasticidad del aglutinante externo 23 se selecciona de entre un fluoruro de polivinilideno (PVDF), un fluoruro de polivinilideno-hexafluoropropileno (PVDF-HFP), un caucho de estireno-butadieno (SBR), una carboximetilcelulosa sódica (CMC) o una combinación de los mismos.

[0026] Además, consulte la figura 4, la capa compuesta de bolas de material activo 20 también incluye una pluralidad de terceras partículas de material activo 24 y el segundo material eléctricamente conductor 22. La característica de material de las terceras partículas de material activo 24, que puede ser un material de carbono, como el grafito, es diferente de la característica de material de las primeras partículas de material activo 11. El segundo material eléctricamente conductor 22 puede incluir un grafito artificial, un negro de carbono, un negro de acetileno, un grafeno, un nanotubo de carbono, una fibra de carbono cultivada con vapor (VGCF) o una combinación de los mismos. La composición del primer material eléctricamente conductor 12 y el segundo material eléctricamente conductor 22 es la misma o es diferente. Por ejemplo, el porcentaje de volumen del segundo material eléctricamente conductor 22 es del 1 al 1,5 %, y el porcentaje de volumen del aglutinante externo 23 es del 2 al 4 %. Las terceras partículas de material activo 24 y las segundas partículas de material activo 21 se pueden seleccionar del mismo material o de materiales diferentes.

[0027] Ciertamente, el aglutinante interno 13 y el aglutinante externo 23 pueden contener el aglutinante rígido (polímero reticulado) y el polímero lineal con mejor elasticidad, pero con diferente proporción. Por ejemplo, el porcentaje de volumen del polímero reticulado en el aglutinante interno 13 es mayor que el del polímero lineal, y el porcentaje de volumen del polímero lineal en el aglutinante externo 23 es mayor que el del polímero reticulado. En comparación con el aglutinante interno 13 y el aglutinante externo 23, el porcentaje de volumen del polímero lineal en el aglutinante externo 23 es mayor que el porcentaje de volumen del polímero lineal en el aglutinante interno 13.

[0028] El aglutinante externo 23 está compuesto principalmente por el polímero lineal con mejor elasticidad, de modo que la estructura de la capa de electrodo general puede tener aun una buena flexibilidad. Aunque el aglutinante interno 13 de las bolas de material activo 10 está compuesto principalmente por el aglutinante rígido, se usa principalmente para restringir los materiales activos, que se forman en una esfera. Para la capa de electrodo general, se trata únicamente de una estructura granular interna (el diámetro de partícula promedio D50 de las bolas de material activo 10 no es superior al 70 % del grosor de la capa de electrodo). La flexibilidad principal aun depende del aglutinante externo 23 (fuera de las bolas de material activo 10) para la capa de electrodo general. Por lo tanto, la estructura de capa de electrodo general todavía puede tener una buena flexibilidad. Además, las terceras partículas de material activo 24 se seleccionan del grafito. Debido a que el grafito tiene una mayor conductividad eléctrica, la cantidad de uso del segundo material eléctricamente conductor externo 22 se puede reducir para mantener la proporción de los materiales activos generales. En otras palabras,

una mayor proporción del primer material eléctricamente conductor 12 se concentra cerca de las primeras partículas de material activo 11. Para la capa compuesta general, la proporción de los materiales activos no se reducirá debido al aumento en la proporción del primer material eléctricamente conductor 12.

5 [0029] Además de los componentes anteriormente mencionados, como las bolas de material activo, los materiales eléctricamente conductores, los aglutinantes, etc. El espacio restante en la capa de electrodo se llena con un sistema electrolítico. Este sistema electrolítico puede ser un electrolito sólido, un electrolito líquido o una combinación de los mismos.

10 [0030] En consecuencia, en esta invención, la capa compuesta de bolas de material activo tiene diferentes características dentro y fuera de las bolas de material activo, por ejemplo, las diferencias de los tipos para los materiales activos internos y externos, las diferencias de la elasticidad para los aglutinantes internos y externos, las diferencias de la proporción para los materiales eléctricamente conductores internos y externos, o incluso una concentración de iones hidrógeno del aglutinante interno es diferente de una concentración de iones hidrógeno del aglutinante externo. Por ejemplo, cuando las primeras partículas de material activo 11 en las bolas de material activo 10 no son neutras, es decir, el pH no es igual a 7, se puede seleccionar un aglutinante a base de ácido adecuado para ajustar o modificar. Por ejemplo, cuando las primeras partículas de material activo 11 son alcalinas, el aglutinante interno 13 puede usar un aglutinante ácido correspondiente a esta alcalinidad para obtener una mejor adherencia. Mientras que el aglutinante externo puede usar un material neutro para evitar daños, como la corrosión, en el sustrato que posteriormente se recubre sobre la capa compuesta de material activo.

[0031] La siguiente tabla 1 ilustra con un solo dato.

25 Tabla 1

	Si/SiOx convencional mezclado con grafito	Las bolas de material activo de esta invención mezcladas con grafito		
		La capa compuesta general	bolas de material activo (100 %)	Fuera de las bolas de material activo (100 %)
material eléctricamente conductor	5 %	5 %	8 %	2-3 %
aglutinante	7 %	7 %	12 %	4-5 %
materiales activos	Si/SiOx más grafito 88 %	88 %	Si/SiOx 80 %	Grafito 92 %

30 [0032] Por lo tanto, con la condición de que se mantenga la relación entre los materiales de conductividad y el aglutinante, la expansión de volumen de las partículas de material activo se puede controlar de manera efectiva durante el proceso de carga y descarga. Además, se puede resolver el problema de los huecos y los problemas derivados. Además, se conserva la flexibilidad de la capa compuesta, y se mejoran la capacidad específica, la conductividad eléctrica y la conductividad iónica. Evidentemente, en la tabla 1 anterior, los datos de la presente invención son solo una ilustración esquemática y no pretenden limitar el uso de esta relación.

REIVINDICACIONES

1. Capa compuesta de bolas de material activo, que comprende:

5 una pluralidad de bolas de material activo, donde cada una de las bolas de material activo incluye una pluralidad de primeras partículas de material activo, un primer material eléctricamente conductor y un aglutinante interno, donde las primeras partículas de material activo y el primer material eléctricamente conductor están unidos por el aglutinante interno;  
 un segundo material eléctricamente conductor, dispuesto fuera de las bolas de material activo; y  
 10 un aglutinante externo, que une las bolas de material activo y el segundo material eléctricamente conductor; donde una elasticidad del aglutinante interno es menor que una elasticidad del aglutinante externo; donde un contenido en volumen del primer material eléctricamente conductor dentro de las bolas de material activo es mayor que un contenido en volumen del segundo material eléctricamente conductor de un volumen total de la capa compuesta distinta de las bolas de material activo;  
 15 donde el aglutinante interno incluye un polímero reticulado; donde el aglutinante externo incluye un polímero reticulado, donde un contenido en volumen del polímero reticulado de la capa de aglutinante externo es inferior a un contenido en volumen del polímero reticulado del aglutinante interno;  
 donde tanto el aglutinante externo como el aglutinante interno incluyen un polímero lineal, donde un contenido en volumen del polímero lineal de la capa de aglutinante externo es mayor que un contenido en volumen del polímero lineal del aglutinante interno.

2. Capa compuesta de bolas de material activo según la reivindicación 1, donde un cambio de volumen de las primeras partículas de material activo durante las reacciones de extracción e inserción es del 15 % al 400 %.

3. Capa compuesta de bolas de material activo según la reivindicación 1, donde las primeras partículas de material activo son partículas de material activo a base de silicio o un litio-níquel-manganeso-cobalto (NMC).

4. Capa compuesta de bolas de material activo según la reivindicación 3, donde las primeras partículas de material activo se seleccionan de entre una partícula de silicio y/o de óxido de silicio, y un diámetro de partícula promedio D50 de las primeras partículas de material activo no es superior al 60 % de un diámetro de la bola de material activo.

5. Capa compuesta de bolas de material activo según la reivindicación 1, que incluye, además, una pluralidad de terceras partículas de material activo con una característica de material diferente de una característica de material de las primeras partículas de material activo, donde las terceras partículas de material activo están situadas fuera de las bolas de material activo y unidas a las bolas de material activo por el aglutinante externo.

6. Capa compuesta de bolas de material activo según la reivindicación 5, donde las terceras partículas de material activo se seleccionan de un material de carbono.

7. Capa compuesta de bolas de material activo según la reivindicación 1, donde la capa compuesta sirve como capa de electrodo electroquímico.

8. Capa compuesta de bolas de material activo según la reivindicación 7, donde un diámetro de partícula promedio D50 de las bolas de material activo no es superior al 70 % de un grosor de la capa de electrodo.

9. Capa compuesta de bolas de material activo según la reivindicación 1, donde el polímero reticulado se selecciona de entre una poliimida (PI), una resina acrílica, un epoxi o una combinación de los mismos.

10. Capa compuesta de bolas de material activo según la reivindicación 1, donde un contenido en volumen del polímero lineal de la capa de aglutinante interno es inferior a un contenido en volumen del polímero reticulado del aglutinante interno.

11. Capa compuesta de bolas de material activo según la reivindicación 1, donde el polímero lineal del aglutinante externo se selecciona de entre un fluoruro de polivinilideno (PVDF), un fluoruro de polivinilideno-hexafluoropropileno (PVDF-HFP), un caucho de estireno-butadieno (SBR), una carboximetilcelulosa sódica (CMC) o una combinación de los mismos.

12. Capa compuesta de bolas de material activo según la reivindicación 1, donde una concentración de iones hidrógeno del aglutinante interno es diferente de una concentración de iones hidrógeno del aglutinante externo.

13. Capa compuesta de bolas de material activo según la reivindicación 1, donde las bolas de material activo incluyen, además, una pluralidad de segundas partículas de material activo con una característica de material diferente de una característica de material de las primeras partículas de material activo.

14. Capa compuesta de bolas de material activo según la reivindicación 13, donde las segundas partículas de material activo se seleccionan del carbono.

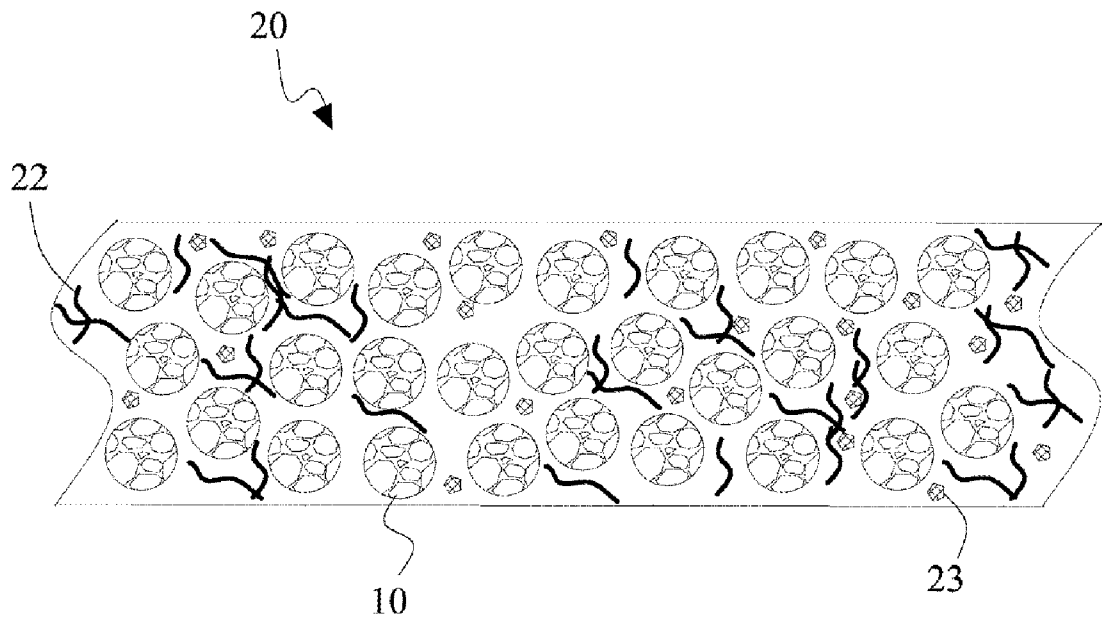


FIG. 1

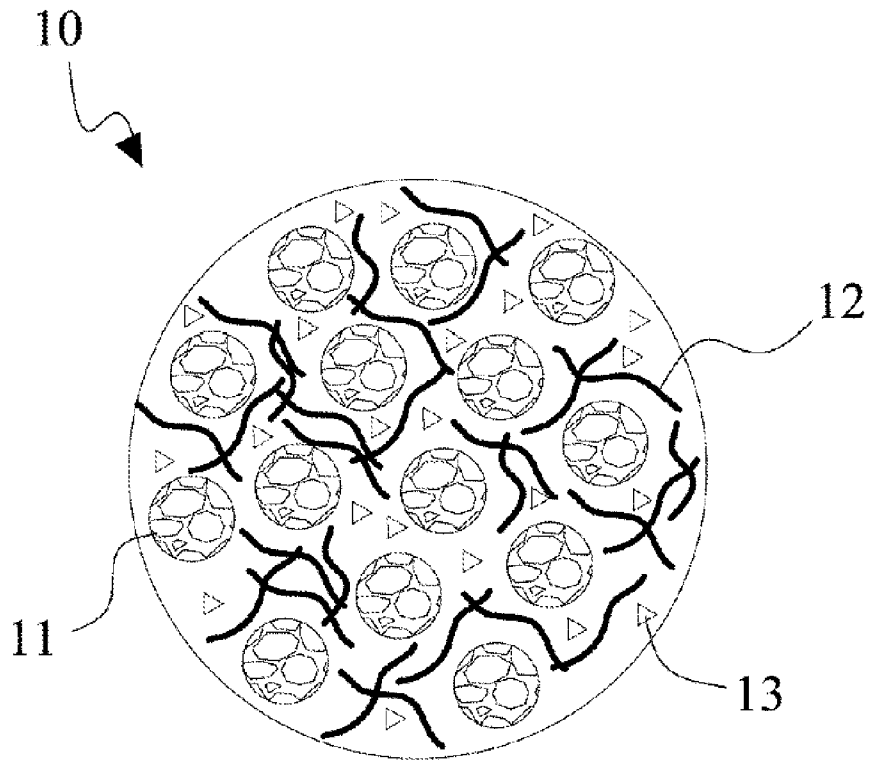


FIG. 2

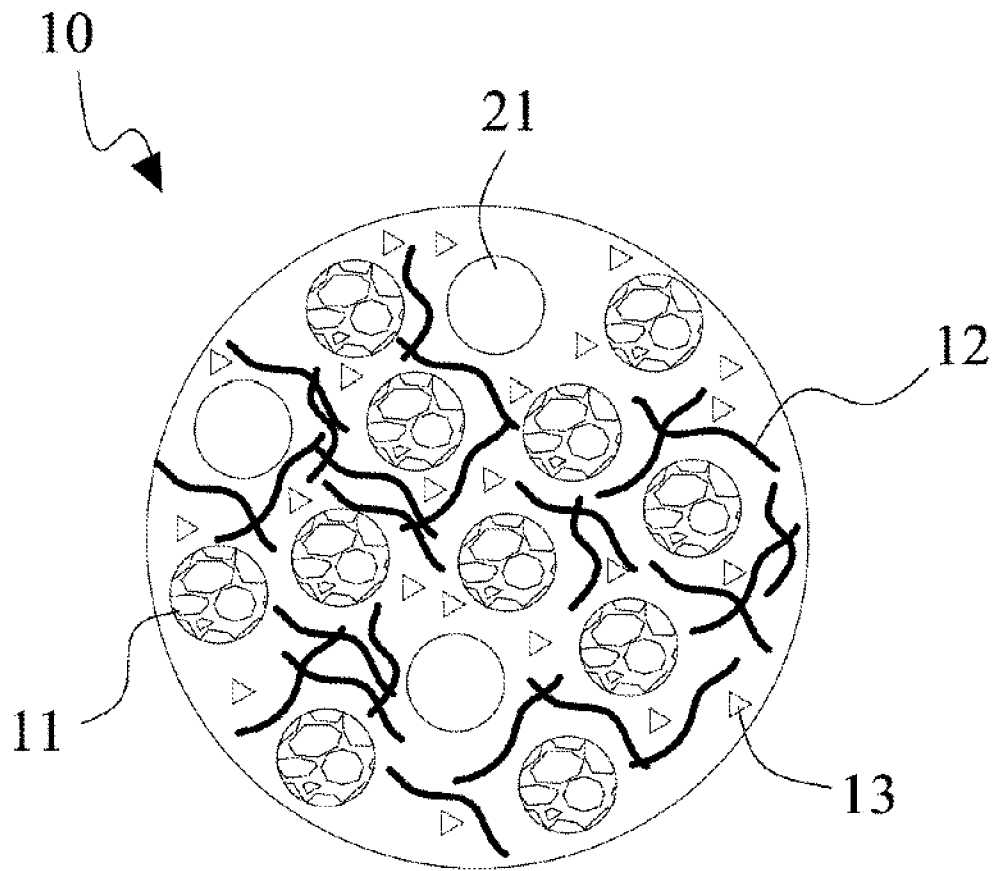


FIG. 3

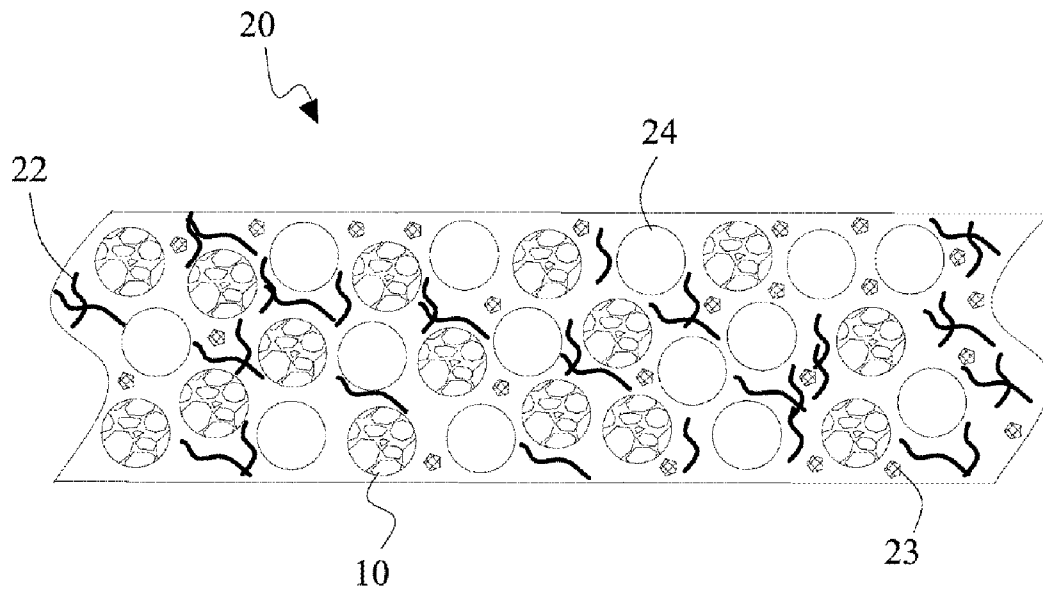


FIG. 4