

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 753 410**

51 Int. Cl.:

D21H 13/50	(2006.01) H01M 12/08	(2006.01)
H01M 8/18	(2006.01) C01B 32/05	(2007.01)
H01M 4/66	(2006.01) C01B 32/20	(2007.01)
C25B 11/12	(2006.01) H01M 4/04	(2006.01)
H01M 4/38	(2006.01) H01M 8/16	(2006.01)
H01M 4/80	(2006.01) H01M 4/62	(2006.01)
H01M 10/052	(2010.01) H01M 4/86	(2006.01)
H01M 10/054	(2010.01) H01M 8/0234	(2006.01)
H01M 4/96	(2006.01) H01M 8/0243	(2006.01)
H01M 12/06	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.08.2014 PCT/EP2014/068148**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **12.03.2015 WO15032667**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.08.2014 E 14758337 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2019 EP 3041989**

54 Título: **Sustrato de fibras de carbono para electrodos**

30 Prioridad:

06.09.2013 DE 102013217882

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

08.04.2020

73 Titular/es:

**SGL CARBON SE (100.0%)
Söhnleinstrasse 8
65201 Wiesbaden, DE**

72 Inventor/es:

SCHWEISS, RÜDIGER-BERND

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 753 410 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

Sustrato de fibras de carbono para electrodos

5 La invención se refiere a un sustrato de fibras de carbono para electrodos, en particular para baterías de flujo redox, pilas de combustible regenerativas, pilas de combustible de electrolito polimérico, baterías de metal-aire, baterías de litio-azufre o baterías de cinc-bromo, así como a procedimientos para su producción.

10 Las baterías de flujo redox y las pilas de combustible regenerativas (o reversibles) son acumuladores de energía electroquímicos, que presentan soluciones acuosas u orgánicas de iones de metales e iones de metales de transición o complejos respectivamente correspondientes como, por ejemplo, de hierro, cerio, cromo, cinc, titanio, vanadio o también sistemas redox a base de soluciones de halógenos (por ejemplo bromuro y/o cloruro) o polisulfuros como masas activas para el almacenamiento de carga. Éstas se almacenan en tanques externos y durante el funcionamiento de la batería se bombean a través de un reactor electroquímico compuesto de dos semiceldas, que están separadas por una membrana conductora de iones o un separador microporoso.

En las semiceldas están dispuestos respectivamente unos electrodos de paso porosos, a través de los cuales pasan las soluciones de los materiales activos.

15 En el proceso de carga o de descarga, los pares redox correspondientes se oxidan o se reducen en las semiceldas en electrodos de paso porosos (fieltro de carbono o espuma de carbono, espumas metálicas). Mediante el almacenamiento externo de masas activas y la conversión de energía en un reactor (celda) se posibilita un dimensionamiento independiente de energía y potencia del sistema de batería.

20 De manera similar a una batería de flujo redox, una pila de combustible convierte combustible alimentado desde el exterior, como hidrógeno o alcoholes inferiores/éter, y un oxidante, por regla general oxígeno o aire, mediante reacciones electroquímicas en electricidad, productos de reacción y calor excedente.

25 Para las pilas de combustible y las baterías de flujo redox, en virtud de los bajos potenciales de celda, habitualmente se reúnen varias celdas individuales para formar un apilamiento de celdas, con el fin de aumentar la tensión y la potencia suministrada. Además, existen también formas mixtas, como por ejemplo una pila de combustible de vanadio-aire, en la que el electrodo negativo se compone de una solución de sal de vanadio en un electrodo de paso poroso y el electrodo positivo (cátodo) está realizado como un electrodo de difusión gaseosa análogamente a un cátodo de pila de combustible clásico.

30 Las baterías de metal-aire combinan un ánodo compuesto de un metal electropositivo (litio, cinc) con el miembro redox oxígeno que, en un cátodo en forma de un electrodo de difusión gaseosa basado en carbono o en metal, reacciona electroquímicamente para formar agua o iones hidróxido. Por regla general, los electrodos de difusión gaseosa han de ponerse a disposición hidrofugados mediante impregnación con fluoropolímeros y por medio de un límite de fase triple (conductor de electrones sólido/fase líquida/fase gaseosa), en el que puede tener lugar la reacción electroquímica.

35 Las baterías de metal-azufre son baterías secundarias, que combinan litio o sodio como electrodo negativo con el sistema redox azufre/polisulfuro como electrodo positivo. Dado que el material activo azufre no tiene apenas o en absoluto conductividad eléctrica, éste se introduce en una matriz de carbono porosa pulverulenta (batería de litio-azufre) o en un fieltro de carbono (batería de sodio-azufre).

40 Para lograr grandes volúmenes de producción, es deseable para cada material del electrodo que el sustrato del electrodo pueda procesarse como material en rollos sin fin. Esto hace posible aplicar procedimientos económicos a escala industrial, por ejemplo para depositar capas de catalizador eventualmente necesarias sobre el sustrato y para posteriores etapas de fabricación, como por ejemplo el laminado sobre un descargador de corriente. Un sustrato de electrodo en rollos sin fin ofrece además una mayor homogeneidad y uniformidad del producto, en comparación con el sustrato de electrodo producido en modo por lotes.

45 Además de los requisitos ya discutidos, el material del electrodo ha de ser inerte y resistente a la corrosión en relación con los materiales del electrolito, combustibles, oxidantes y productos de reacción o subproductos. Asimismo, la flexibilidad del material del electrodo ha de ser suficiente para posibilitar el procesamiento de bobina a bobina como material en rollos.

50 Una desventaja de los materiales usuales de los electrodos para baterías de flujo redox es su espesor de 2 a 5 mm, que tiene como consecuencia una resistencia eléctrica relativamente alta y también una resistencia hidrodinámica significativa durante el paso. Además, por regla general estos materiales son insuficientemente humectables para las soluciones electrolíticas y han de oxidarse antes del uso en parte mediante un tratamiento térmico.

Un nuevo enfoque en el caso de las baterías de flujo redox consiste en la realización de la batería con un descargador de corriente consistente en una placa de grafito con canales de flujo combinado con un electrodo delgado basado en fibras de carbono (D.S. Aaron et al., Journal of Power Sources, tomo 206, 2012, 450-453). Este concepto permite, en

virtud de las resistencias óhmicas reducidas, una densidad de potencia considerablemente mayor que la realización clásica.

5 En el caso de la batería de metal-aire se han producido hasta ahora en la mayoría de los casos electrodos de difusión gaseosa mediante el revestimiento de una estructura de soporte (por ejemplo tejido de PTFE o de metal) con partículas de carbono.

Los electrodos positivos de los acumuladores de litio-azufre se realizan por regla general como electrodos de pasta, en los que una lámina de descarga basada en metal se reviste con una suspensión de carbono y partículas de azufre.

10 Por lo tanto, el objetivo de la invención es encontrar un procedimiento de producción económico y flexible para estructuras de electrodo delgadas, basadas en fibras y coherentes, que en función de la forma de realización puedan emplearse para baterías de flujo redox, pilas de combustible regenerativas, baterías de metal-aire, baterías de metal-azufre o también pilas de combustible.

15 El procedimiento ha de hacer posible, en el curso de la producción, optimizar para la aplicación respectiva el material del electrodo mediante una dotación con sustancias catalíticamente activas (batería de flujo redox, batería de metal-aire), inhibidores (batería de flujo redox) o materiales de relleno funcionales basados en carbono (batería de flujo redox, batería de litio-azufre).

Adicionalmente, los materiales han de poder tratarse de un modo flexible, por ejemplo mediante laminado con un descargador de corriente en forma de una placa o lámina.

20 Las sustancias catalíticamente activas (por ejemplo Co, Ir, Pt, Bi, Mn, Te, In, Pd) aceleran las reacciones electroquímicas en el electrodo (por ejemplo reacciones redox de iones de metales de transición, iones de metal y la reducción de oxígeno de baterías de metal-aire) y aumentan por lo tanto el rendimiento de la batería.

Una mayor superficie específica del electrodo causada por la matriz de material de relleno o un dopado con heteroátomos (oxígeno, nitrógeno) de la estructura de carbono tienen repercusiones positivas similares en la cinética electroquímica.

25 Los inhibidores (partículas, sales u óxidos de Pb, Bi, Sn, Cd, Tl, In, Sb, Au) aumentan la eficacia de carga de las baterías de flujo redox, dado que éstos obstaculizan las reacciones parásitas como la formación de hidrógeno en el electrolito (EP 0312875 A1).

Para una eficacia óptima de una batería de litio-azufre son necesarios una determinada estructura de poros y un volumen de poros definido (Hagen et al., Journal of Power Sources, tomo 224, 2013, 260-268). Éstos pueden adaptarse a medida en el procedimiento mediante la elección de la matriz de material de relleno (tipo, cantidad).

30 El documento JP 2004 214072 A describe un sustrato poroso de electrodo que comprende una estructura que se compone de fibras de carbono y de una matriz de carbono, en donde la matriz de carbono contiene carbono activado en forma de fibras de carbono activadas con una gran superficie específica, cuyo valor mediante medición BET es de más de 1.000 m²/g, y residuo carbonizado o grafitado de un aglutinante que puede carbonizarse o grafitarse, en donde la superficie específica, la porosidad y la distribución de poros se determinan mediante la matriz de carbono.

35 El objetivo de la invención se logra mediante el sustrato poroso de electrodo según la reivindicación 1, el procedimiento según la reivindicación 8 y la utilización según la reivindicación 12.

40 Un objeto de la invención es un sustrato poroso de electrodo en forma de banda (rollos), que comprende una estructura que se compone de fibras de carbono y de una matriz de carbono, que se produce por ejemplo mediante una impregnación de la banda con una dispersión preferiblemente de base acuosa o alcohólica de partículas de carbono, sustancias aglutinantes y agentes de dopado (por ejemplo partículas metálicas o partículas de óxido metálico, formadores de poros) y un subsiguiente endurecimiento o carbonización.

En este contexto, la superficie específica, la porosidad y la distribución de poros se determinan según la invención mediante la matriz de carbono, que preferiblemente comprende el tipo de material de relleno, el contenido de material de relleno y la temperatura en el tratamiento térmico.

45 La relación másica de sustancias aglutinantes con respecto a partículas de carbono está preferiblemente entre 1:10 y 10:1.

Los formadores de poros se seleccionan preferiblemente del grupo bicarbonato de amonio, carbonato de amonio, carbonato de litio, oxalato de amonio, acetato de amonio, ácido oxálico, diamida de ácido azodicarboxílico, azoisobutilnitrilo, peróxido de benzoilo, harina de celulosa, celulosa microcristalina, sacarosa y harina de almidón.

50 Preferiblemente, en la estructura que se compone de fibras de carbono o fibras precursoras de carbono y de la matriz de carbono, al menos una parte de los espacios intermedios está llena de un carbono activado con una gran superficie específica, así como de un residuo carbonizado o grafitado de un aglutinante que pueda carbonizarse o grafitarse.

ES 2 753 410 T3

La medición BET es un concepto para un procedimiento de análisis destinado a determinar el tamaño de superficies, en particular de cuerpos sólidos porosos, mediante adsorción de gas. Es un método de la química de superficies con el que se calcula la superficie específica relacionada con la masa a partir de datos experimentales.

5 Se prefiere que la relación másica entre el residuo carbonizado o grafitado, y las partículas de carbono, y el carbono activado con gran superficie específica esté entre 1:10 y 10:1 y que el residuo carbonizado o grafitado junto con las partículas de carbono, así como el carbono activado con una gran superficie específica, represente una proporción en masa entre el 25 y el 75% en el electrodo, el BET del sustrato sea de 5 a 250 m²/g y con especial preferencia de 1 a 100 m²/g, el sustrato poroso de electrodo tenga un espesor entre 0,1 y 0,4 mm y la resistencia eléctrica en la dirección z sea < 25 mOhmios cm², preferiblemente < 10 mOhmios cm².

10 La estructura de fibras de carbono se selecciona con especial preferencia del grupo nidada, papel, tejido y tela no tejida. El espesor por tejido o tela no tejida está preferiblemente entre 0,1 y 0,6 mm.

15 Las partículas de carbono se componen con especial preferencia de negro de acetileno, negro de aceite, negro de gas, negro de humo grafitado, fibras de carbono trituradas, nanotubos de carbono (CNT, por sus siglas en inglés), nanofibras de carbono, aerogeles de carbono, carbono mesoporoso, grafito de grano fino, polvo de carbono vítreo, grafito expandido, grafito expandido triturado, óxido de grafito, grafito en copos, grafeno, óxido de grafeno, CNT dopados con N, CNT dopados con boro, fullerenos, coque de petróleo, coque de acetileno, coque de antracita, breas mesofásicas carbonizadas y/o diamante dopado.

20 El aglutinante que puede carbonizarse o grafitarse se compone preferiblemente de breas de alquitrán de hulla, resinas fenólicas, resinas de benzoxazina, resinas epoxi, resinas de furano, alcoholes furfurílicos, resinas de éster vinílico y con especial preferencia de materiales que presentan heteroátomos en la red de carbono y en el curso de la carbonización pueden producir carbono dopado con heteroátomos, como resinas de melamina-formaldehído (MF), resinas de urea-formaldehído (UF), resinas de resorcinol-formaldehído (RF), caucho de acrilonitrilo-butadieno, resinas de éster de cianato, resinas de bismaleimida, resinas de poliuretano y/o poliacrilonitrilos.

25 Se prefiere especialmente que la proporción de carbono en forma de fibras de carbono, residuo carbonizado o grafitado, así como las partículas de carbono y el carbono activado, sea de al menos un 95% en peso y la proporción de heteroátomos sea de al menos un 1% en peso.

La porosidad está preferiblemente, expresada mediante la relación del volumen abierto con respecto a la suma de volumen abierto, volumen de las fibras de carbono y del volumen de todos los sólidos, que comprenden residuo carbonizado o grafitado, así como las partículas de carbono y el carbono activado, entre un 15 y un 97% en peso.

30 El carbono poroso puede producirse preferiblemente con fluoruro de polivinilideno (PVDF, por sus siglas en inglés).

Preferiblemente, el sustrato poroso de electrodo adicionalmente se ha impregnado con uno o varios agentes de impregnación y/o se ha dopado con uno o varios dopantes.

Preferiblemente, el sustrato de electrodo está revestido adicionalmente con una capa compuesta de polímero totalmente o parcialmente fluorado, así como de partículas conductoras.

35 Otro objeto de la invención es un procedimiento para producir un sustrato poroso de electrodo en forma de banda (rollos), en donde se carboniza una estructura precursora y la estructura de fibras de carbono así formada se dispersa, se seca o se endurece con partículas de carbono, con un aglutinante que puede carbonizarse y con carbono activado y se carboniza bajo una atmósfera de gas inerte, preferiblemente con un gas inerte como por ejemplo nitrógeno o argón, en un horno continuo a 800 - 3.000 °C, preferiblemente a 900 - 2.000 °C.

40 La estructura precursora se compone preferiblemente de fibras de carbono, fibras del grupo poliacrilonitrilo, poliacrilonitrilo oxidado (PANOX), Novoloid (fibras de resina fenólica), celulosa, acetato de celulosa, lignina, poliaramida, poliimida, polioxodiazoles, alcohol polivinílico, poliamida o fibras de brea.

Las fibras de carbono utilizadas son con especial preferencia fibras cortadas cortas, fibras cortadas o fibras sin fin.

45 La proporción de fibras de carbono en la estructura es preferiblemente de un 10 a un 90%, con especial preferencia de un 20 a un 80%.

Se impregna preferiblemente con una dispersión de base acuosa o alcohólica.

Preferiblemente, el agente de impregnación comprende un polímero hidrófobo y la proporción en el sustrato de electrodo está entre un 2 y un 40% en peso.

50 En otra forma de realización, el sustrato carbonizado se impregna preferiblemente con dispersiones de fluoropolímero (por ejemplo PTFE, PVDF, ETFE y/o PFA) o una dispersión de polisiloxano.

Se prefiere además impregnar con inhibidores de H₂, incluyendo nanopartículas de Au, Bi, Pb, Sn, Sb, óxido de In(III), sales de In(III), óxido de Bi(III), sales de Bi(III), Bi(OH)₃, In(OH)₃, óxido de antimonio(III), sales de antimonio(III), plomo y sales de plomo, acetato de plomo, sulfato de plomo, óxido de estaño(II) y sales de Mo(II).

5 Puede impregnarse preferiblemente mediante metalización al vacío o precipitación de plasma (PVD) o mediante precipitación galvánica o sin corriente de Au, Sn, Pb, Bi y/o Sb.

10 Se prefiere además el dopado con metales y/u óxidos de metales, incluyendo sales de manganeso(III), manganoceno, cobaltoceno, óxidos de manganeso(III, IV), óxido de bismuto (Bi₂O₃) de escala nanométrica, sales de rutenio/óxido de rutenio(II), RuO₂, sales de iridio(III), óxido de iridio, partículas de metal y nanopartículas de metal, con especial preferencia Au, Sn, Pb, Bi, Ru, Ag, Rh, In, Sb, Ir y/o Pd, polioxometalatos (POM), coporfirinas, óxido de iridio, níquel Raney, trióxido de boro, ácido bórico, bórax, éster de ácido bórico, diboruro de titanio, dispersiones sol-gel a base de alcóxidos del grupo Mn, Bi, Co, Ti y B, disulfuro de molibdeno y sales de Mo(II).

El dopado se realiza preferiblemente mediante metalización al vacío o precipitación de plasma (PVD) o precipitación galvánica o sin corriente de metales y/u óxidos de metales como Co, Ir, óxido de manganeso y/o Au, Bi, Sn, Pb, In, Sb.

15 Como dispersantes se utilizan para la dispersión de impregnación preferiblemente sulfonatos de lignina, condensados de sulfonato de naftalina, éteres polialquilfenílicos, copolímeros de óxido de polietileno-óxido de polipropileno, poliácridatos y alcoholes polivinílicos, así como con especial preferencia dispersantes que contengan N como polivinilpirrolidona, polietilenimina, ácido poliaminobencenosulfónico, polibencilviológeno o cloruro de polidialildimetilamonio.

20 Como endurecedores se emplean preferiblemente hexametilentetramina, etilendiamina, glutardialdehído, paraformaldehído o tereftaldehído.

25 En una forma de realización preferida se endurecen varias capas impregnadas del sustrato de electrodo superpuestas y a temperaturas > 120 °C. A continuación se prefiere especialmente una carbonización a una temperatura de 900 a 1.800 °C. Opcionalmente puede realizarse una oxidación superficial a, por ejemplo, 450 °C durante como máximo 15 minutos en atmósfera de aire y/o bajo alimentación de aire.

En otra forma de realización preferida, la oxidación superficial se lleva a cabo químicamente con, por ejemplo, ácido nítrico, ácido perclórico, peryodato, permanganato, sulfato de cerio (IV) o peróxido de hidrógeno.

Preferiblemente, el sustrato se oxida tras la etapa de carbonización térmicamente, por ejemplo con aire y/u oxígeno y por ejemplo una temperatura de > 250 °C, o químicamente por vía húmeda.

30 El sustrato poroso de electrodo se utiliza con especial preferencia en baterías de flujo redox y/o baterías de litio-azufre y/o baterías de sodio-azufre y/o baterías de cinc-bromo y/o baterías de cinc-aire y/o baterías de vanadio-aire y/o pilas de combustible de vanadio-aire y/o pilas de combustible de electrolito polimérico y/o pilas de combustible microbianas y/o pilas de combustible de H₂/Cl₂ y/o pilas de combustible de H₂/Br₂ y/o electrolizadores PEM.

35 En las baterías de flujo redox se emplea preferiblemente un laminado con un colector de corriente (por ejemplo placas de grafito o placas bipolares de compuesto de grafito) o lámina de descarga (por ejemplo lámina de grafito, Ti o Ni). Se prefieren además capas de material simples o múltiples o el prensado antes de la carbonización para realizaciones multicapa.

En las baterías de litio-azufre y las baterías de sodio-azufre, preferiblemente se realiza una infiltración con azufre, tiosulfato, xantatos y/o polisulfuros.

40 En las baterías de cinc-aire, las baterías de vanadio-aire y las pilas de combustible, preferiblemente se realiza una hidrofugación con fluoropolímeros o polímeros de siloxano.

Dado que la superficie específica, la porosidad y la distribución de poros pueden determinarse mediante la matriz de carbono (matriz de relleno) o la temperatura durante el tratamiento térmico, es posible sorprendentemente una adaptación a los distintos campos de aplicación.

45 Por ejemplo, en las baterías de flujo redox se desea un BET alto, una mayor actividad catalítica por heteroátomos en la redícula de C y un dopado con óxidos inorgánicos y/o partículas de metal, y en las baterías de litio-azufre un BET mediano.

Los ejemplos siguientes explican la invención:

Ejemplo 1:

50 Una banda de papel soporte de fibras de carbono (masa por unidad de superficie 20 g/m²) producida mediante técnica de flujo en húmedo mediante fibras de carbono cortadas cortas (3 mm - 12 mm) se impregna mediante un foulard con una dispersión acuosa compuesta de 50 kg de agua, 0,75 kg de polivinilpirrolidona, 6,75 kg de negro de acetileno,

ES 2 753 410 T3

0,75 kg de carbono activado (BET > 1.000 m²/g), 0,75 kg de 2-aminopropanol, 0,1 kg de bicarbonato de amonio y 18,75 kg de dispersión de resina de resorcinol-formaldehído y se seca o endurece en un horno de paso continuo. A continuación se realiza una carbonización en atmósfera de gas inerte en un horno continuo a 1.400 °C.

Ejemplo 2 (no según la invención)

- 5 Un rollo de material no tejido de fibras de carbono (40 g/m²) producido mediante carbonización de un material no tejido compactado mediante chorro de agua a base de fibras cortadas de poliacrilonitrilo o de poliacrilonitrilo oxidadas (20 a 80 mm) se impregna sobre un foulard con una dispersión acuosa compuesta de 56 kg de agua, 0,95 de alcohol polivinílico, 7,5 kg de negro de acetileno (superficie BET 60 m²/g) y 20,65 kg de resina de melamina-formaldehído (40%) y se seca o endurece en un horno de paso continuo. A continuación se realiza una carbonización en atmósfera de gas inerte en un horno continuo a 1.400 °C.
- 10

La tabla siguiente muestra los valores característicos del material para los Ejemplos 1 y 2 con un modelo de referencia para la comparación. Para medir la resistencia se llevó a cabo una medición de 2 puntos con 100 N/cm² de carga.

	Espesor (μm)	Porosidad (%)	Resistencia (mOhmios cm ²)	Análisis de elementos		BET (m ² /g)
				C	N	
Referencia GDL 10AA	370	87,8	4,2	98,5 0,1	0,3	0,8
Ejemplo 1	210	91,2	6,2	97,8 0,6	0,9	70
Ejemplo 2(*)	380	88,7	9,8	97,5 0,1	1,4	34

(*) no según la invención

- 15 Para evaluar la actividad electroquímica se llevaron a cabo mediciones por ciclovoltamperometría de materiales de electrodo no tratados en Fe(CN)₆^{3-/4-} 1 mM en una solución de cloruro potásico 0,1 M.

- 20 Un par redox idealmente reversible da como resultado una separación entre el pico de oxidación (E_p^{ox}) y el pico de reducción (E_p^{red}) de 60 mV (A J Bard, L. M. Faulkner, Hrsg. Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications, Wiley, 2001). Las separaciones de picos considerablemente menores en los materiales de los Ejemplos 1 y 2 en comparación con el material de referencia documentan la cinética electroquímica significativamente mejorada de los materiales del Ejemplo de realización 1 y el Ejemplo 2 no según la invención.

	E _p ^{ox} - E _p ^{red}
Referencia GDL 10AA	322 mV
Ejemplo 1	70 mV
Ejemplo 2(*)	100 mV
(*) no según la invención	

REIVINDICACIONES

1. Sustrato poroso de electrodo en forma de banda que comprende una estructura que se compone de fibras de carbono y de una matriz de carbono, en donde la matriz de carbono contiene carbono activado con una gran superficie específica, cuyo valor mediante medición BET es de más de 1.000 m²/g, residuo carbonizado o grafitado de un aglutinante que puede carbonizarse o grafitarse y partículas de carbono, en donde la superficie específica, la porosidad y la distribución de poros se determinan mediante la matriz de carbono.
2. Sustrato poroso de electrodo según la reivindicación 1, caracterizado por que la relación másica entre el residuo carbonizado o grafitado, y las partículas de carbono, y el carbono activado está entre 1:10 y 10:1, y el residuo carbonizado o grafitado junto con las partículas de carbono, así como el carbono activado, representa una proporción en masa entre el 25 y el 75% en un sustrato de electrodo, el valor del sustrato determinado mediante medición BET es de 5 a 250 m²/g, el sustrato poroso de electrodo tiene un espesor entre 0,1 y 0,4 mm y la resistencia eléctrica es < 25 mOhmios cm².
3. Sustrato poroso de electrodo según una o varias de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que las partículas de carbono se componen de negro de acetileno, negro de aceite, negro de gas, negro de humo grafitado, fibras de carbono trituradas, nanotubos de carbono (CNT, por sus siglas en inglés), nanofibras de carbono, aerogeles de carbono, carbono mesoporoso, grafito de grano fino, polvo de carbono vítreo, grafito expandido, grafito expandido triturado, óxido de grafito, grafito en copos, grafeno, óxido de grafeno, CNT dopados con N, CNT dopados con boro, fullerenos, coque de petróleo, coque de acetileno, coque de antracita, breas mesofásicas carbonizadas y/o diamante dopado.
4. Sustrato poroso de electrodo según una o varias de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el aglutinante que puede carbonizarse o grafitarse se compone de breas de alquitrán de hulla, resinas fenólicas, resinas de benzoxazina, resinas epoxi, resinas de furano, alcoholes furfúricos, resinas de éster vinílico, resinas de melamina-formaldehído (MF), resinas de urea-formaldehído (UF), resinas de resorcinol-formaldehído (RF), caucho de acrilonitrilo-butadieno, resinas de éster de cianato, resinas de bismaleimida, resinas de poliuretano y/o poliacrilonitrilos.
5. Sustrato poroso de electrodo según una o varias de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la proporción de carbono en forma de fibras de carbono, residuo carbonizado o grafitado, así como las partículas de carbono y el carbono activado, es de al menos un 95% en peso y la proporción de heteroátomos es de al menos un 1% en peso.
6. Sustrato poroso de electrodo según una o varias de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que adicionalmente se ha impregnado con uno o varios agentes de impregnación y/o se ha dopado con uno o varios dopantes.
7. Sustrato poroso de electrodo según una o varias de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el sustrato de electrodo está revestido adicionalmente con una capa compuesta de polímero total o parcialmente fluorado, así como de partículas conductoras.
8. Procedimiento para producir un sustrato poroso de electrodo en forma de banda según una o varias de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que se carboniza una estructura precursora y la estructura de fibras de carbono así formada se dispersa, se seca o se endurece con partículas de carbono, con un aglutinante que puede carbonizarse y con carbono activado y se carboniza bajo una atmósfera de gas inerte en un horno continuo a 800 - 3.000 °C.
9. Procedimiento para producir un sustrato poroso de electrodo según la reivindicación 8, caracterizado por que la proporción de fibras de carbono en la estructura es de un 10 a un 90%, preferiblemente de un 20 a un 80%.
10. Procedimiento para producir un sustrato poroso de electrodo según la reivindicación 8 o 9, caracterizado por que adicionalmente se impregna con un agente de impregnación, comprendiendo el agente de impregnación un polímero hidrófobo y estando la proporción en el sustrato de electrodo entre un 2 y un 40% en peso o seleccionándose el agente de impregnación del grupo que consiste en inhibidores de H₂, metales, sales de metales y óxidos de metales.
11. Procedimiento para producir un sustrato poroso de electrodo según una o varias de las reivindicaciones precedentes 8 a 10, caracterizado por que el sustrato se oxida tras la etapa de carbonización térmica o químicamente por vía húmeda.
12. Uso del sustrato poroso de electrodo según una o varias de las reivindicaciones precedentes 1 a 7 en baterías de flujo redox y/o baterías de litio-azufre y/o baterías de sodio-azufre Z y/o baterías de cinc-bromo y/o baterías de cinc-aire y/o baterías de vanadio-aire y/o pilas de combustible, pilas de combustible microbianas, pilas de combustible de H₂/Cl₂, pilas de combustible de H₂/Br₂ y/o electrolizadores PEM.