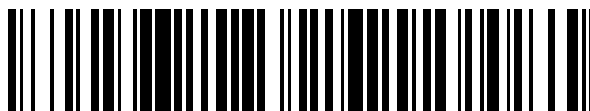


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 378 006**

51 Int. Cl.:
H01M 10/0525 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08784714 .1**
- 96 Fecha de presentación: **11.07.2008**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **2179464**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **28.04.2010**

54 Título: **Electrodos y celdas de iones de litio con novedoso ligante de electrodos**

30 Prioridad:
25.07.2007 DE 102007036653

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
04.04.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
04.04.2012

73 Titular/es:
**VARTA Microbattery GmbH
Daimlerstrasse 1
73479 Ellwangen , DE y
VOLKSWAGEN VARTA Microbattery
Forschungsgesellschaft mbH & Co. KG**

72 Inventor/es:
**HOCHGATTERER, Nikolaus, Stefan;
KOLLER, Stefan;
SCHWEIGER, Mario, Rene;
WINTER, Martin;
WURM, Calin;
PERNER, Arno y
WÖHRLE, Thomas**

74 Agente/Representante:
Tomas Gil, Tesifonte Enrique

ES 2 378 006 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

Electrodos y celdas de iones de litio con novedoso ligante de electrodos

- 5 [0001] La presente invención se refiere a un electrodo, particularmente para una batería de iones de litio, una batería comprendiendo al menos un electrodo de este tipo, así como una aplicación nueva de un polisacárido.
- 10 [0002] Los elementos galvánicos como las celdas de iones de litio presentan generalmente electrodos compuestos, conteniendo partículas de componentes activos electroquímicos, un ligante, así como colectores de corriente. El ligante proporciona la estabilidad mecánica del electrodo, particularmente debe garantizar el contacto de las partículas entre sí, así como con el colector de corriente. Las pérdidas del contacto tanto entre partículas electroquímicas activas individuales como también entre las partículas y el colector de corriente pueden aparecer por ejemplo condicionadas por gasificaciones en el electrodo en consecuencia de una descomposición de electrolitos o condicionadas por la dinámica volumétrica inducida electroquímicamente de un electrodo. Las pérdidas de contacto están relacionadas a menudo con pérdidas de capacidad de evolución lenta, que pueden conducir finalmente a una inutilidad del electrodo afectado.
- 15 [0003] Del estado de la técnica se conocen sobre todo ligantes a base de polímeros fluorados y copolímeros, particularmente a base de polivinilidenofluoruros (PVdF) y polivinilidenofluoruro hexafluoropropileno (PVdF HFP). Electrodos con ligantes de este tipo se describen por ejemplo en el documento EP 1 261 048 y en el documento US 5 296 318.
- 20 [0004] Del documento EP 14 89 673 se conocen electrodos con un ligante a base de caucho estireno-butadieno. En la fabricación de los electrodos se utiliza carboximetilcelulosa de sodio para el ajuste de la viscosidad.
- 25 [0005] En un electrodo, los polímeros o copolímeros empleados como ligantes forman normalmente una matriz en la que los materiales activos electroquímicos se presentan finamente dispersos. Materiales activos electroquímicos de uso comercial como p. ej. grafito son completamente insolubles por regla general en los polímeros o copolímeros mencionados. No aceptan un enlace resistente con la matriz ligante. Más bien ocurre un enlace de forma física, p.ej. a través de fuerzas de adhesión, o mecánicamente. Las pérdidas de capacidad como consecuencia de pérdidas de contacto en tales electrodos son mensurables frecuentemente ya tras pocos ciclos de carga y descarga.
- 30 [0006] Desde el punto de vista ecológico y económico es particularmente problemática la utilización de los citados ligantes de polímero parcialmente fluorados, puesto que su elaboración requiere la utilización de solventes orgánicos como N-metilpirrolidina 2-on o acetona. Son necesarias correspondientes medidas de seguridad y protección en el trabajo. Los ligantes de polímeros se disuelven en estos solventes al menos parcialmente y posteriormente se pueden transformar fácilmente. Sin embargo, particularmente en el caso de la N-metilpirolidina-2-on existe la sospecha, de que es nociva para la salud. Los disolventes generalmente deben quemarse tras su utilización, con lo que aumenta la producción de dióxido de carbono.
- 35 [0007] La presente invención se basa en la tarea de proporcionar baterías, que son superiores a las baterías conocidas del estado de la técnica en cuanto a su capacidad de rendimiento capacitivo y su durabilidad. Particularmente debe disminuir en menor medida la capacidad de rendimiento capacitivo con la progresiva edad de la batería, a como es el caso con baterías conocidas.
- 40 [0008] Esta tarea se resuelve con el electrodo con las características de la reivindicación 1, la batería con las características de la reivindicación 14. Formas de realización preferidas del electrodo según la invención se encuentran en las reivindicaciones dependientes 2 hasta 13. Algunas de las características descritas a continuación se pueden asociar tanto al electrodo según la invención como también a la batería según la invención. Deben tener validez respectivamente correspondientemente para todos, también cuando sólo se describen en relación con uno de los objetos según la invención. El texto de todas las reivindicaciones se hace en este caso por referencia al contenido de esta descripción.
- 45 [0009] Un electrodo según la invención se adecua particularmente para una batería de iones de litio. En el caso de una batería de iones de litio, se trata de una fuente de tensión electroquímica a base de litio, que al contrario que muchas baterías convencionales es recargable. Las baterías de iones de litio existen en diferentes formas de realización. Una forma de realización es por ejemplo la batería de polímero de litio, en la que entra en acción particularmente un electrolito a base de polímero.
- 50 [0010] Un electrodo según la invención comprende una matriz a base de al menos un polisacárido, así como partículas de al menos un material activo electroquímico, las cuales están incluidas en la matriz. Aquí, el electrodo en una forma de realización especialmente preferida está esencialmente libre de compuestos de polímero sintéticos.
- 55 [0011] Como se ha descrito inicialmente, los electrodos conocidos del estado de la técnica presentan siempre ligantes de polímeros sintéticos, como los polímeros de flúor mencionados o el caucho de butadieno-estireno conocido del documento EP 14 89 673. Sorprendentemente se ha descubierto, que tales ligantes se pueden sustituir completamente por un ligante a base de un biopolímero, es decir, a base de al menos un polisacárido.
- 60
- 65

- 5 [0012] El concepto "esencialmente libre de" significa en un electrodo según la invención, en relación con la proporción de compuestos de polímero sintéticos, que éstos están contenidos en todo caso en cantidades muy escasas, que no son suficientes en sí mismas para realizar una función ligante, por ejemplo, en cantidades de menos de 0,1 % en peso (referido a la proporción de sustancias sólidas del electrodo). Se prefiere especialmente un electrodo completamente libre de compuestos de polímero sintéticos.
- 10 [0013] Con el concepto "compuestos de polímero sintéticos" deben entenderse los compuestos de polímeros presentes, que no se pueden producir por modificación de polímeros naturales sino que son particularmente completamente sintéticos. Ejemplos de compuestos de polímero sintéticos en el sentido de la presente solicitud son particularmente poliolefinas o siliconas sustituidas y no sustituidas.
- 15 [0014] La matriz a base de al menos un polisacárido de un electrodo según la invención configura una estructura tridimensional, dentro de la cual se distribuyen preferiblemente de forma homogénea las partículas activas electroquímicas. El concepto "matriz" denomina por consiguiente sencillamente un material presente, el que se incluyen partículas de uno o varios otros materiales.
- 20 [0015] Con el concepto "material activo electroquímico" debe entenderse un material presente, que participa directamente en los procedimientos electroquímicos en el electrodo según la invención, particularmente un material, que puede almacenar y desalmacenar de forma reversible iones de litio.
- [0016] En formas de realización especialmente preferidas, un electrodo según la invención se caracteriza por el hecho de que al menos una parte de las partículas están unidas con la matriz a través de enlaces covalentes.
- 25 [0017] Con el concepto "enlace covalente" se entiende particularmente un enlace químico presente, que ha sido formado por una reacción de condensación, de forma especialmente preferida por una reacción de condensación con disociación de agua. Los partners de enlace (matriz o polisacárido formador de matriz y partículas) presentan de forma correspondiente en formas de realización preferidas grupos funcionales que pueden aceptar entre sí reacciones de condensación (se hará referencia a esto más adelante con más detalle).
- 30 [0018] Del enlace covalente entre las partículas y la matriz resulta una estructura de electrodos especialmente sólida y resistente que puede hacer frente de forma excelente a las cargas mecánicas internas de los electrodos en procedimientos de carga y descarga. Esto repercute particularmente de forma ventajosa en la duración de la vida de un electrodo según la invención.
- 35 [0019] Preferiblemente al menos una parte de las partículas comprende un material a base de carbono, que intercala litio o consiste al menos parcialmente en éste. Esto rige particularmente entonces, cuando el electrodo según la invención es un electrodo negativo (ánodo). En el caso del material a base de carbono, que intercala litio se trata preferiblemente de grafito.
- 40 [0020] También se pueden utilizar en el marco de la presente invención materiales adecuados que no son a base de carbono que intercala litio. Éstos se pueden utilizar tanto en combinación con un material a base de carbono que intercala litio como también solos.
- 45 [0021] Materiales adecuados a base de carbono y no a base de carbono que intercalan litio son fundamentalmente conocidos por el experto y no precisan una explicación más detallada.
- [0022] Se prefiere que al menos una parte de las partículas del material a base de carbono que intercala litio presente un tamaño de partícula intermedio entre 1 μm y 50 μm , particularmente entre 4 μm y 30 μm .
- 50 [0023] En otras formas de realización preferidas de un electrodo según la invención, está previsto que al menos una parte de las partículas comprenda un metal y/o un semimetal (o al menos consista parcialmente en éste), que pueda formar una aleación con litio. Esto también rige particularmente cuando el electrodo según la invención es un electrodo negativo.
- 55 [0024] Se prefiere que al menos una parte de las partículas de metal y/o semimetal presente un tamaño de partícula intermedio de menos de 1 μm .
- [0025] En el caso del metal y/o semimetal mencionado se trata particularmente de aluminio, silicio, antimonio, estaño, cobalto o una mezcla de los mismos. Como mezcla se prefiere particularmente una mezcla de estaño/antimonio o una de estaño-cobalto.
- 60 [0026] Un electrodo según la invención puede basarse exclusivamente en el mencionado material a base de carbono, que intercala litio o en un metal y/o semimetal, que puede formar una aleación con litio.
- 65 [0027] De forma especialmente preferida el electrodo según la invención presenta tanto partículas con un material a

base de carbono, que intercala litio, como también partículas que comprenden un metal y/o semimetal. La proporción de la mezcla entre las partículas del material a base de carbono, que intercala litio y las partículas comprendiendo un metal y/o un semimetal se encuentra en estos casos de forma especialmente preferida entre 1:1 y 9:1.

5 [0028] Un electrodo según la invención presenta en formas de realización preferidas partículas comprendiendo un metal y/o un semimetal, cuya superficie está al menos parcialmente oxidada.

10 [0029] Las partículas metálicas y semimetálicas pueden presentar sobre su superficie grupos OH (grupos hidroxilos), cuando la superficie está al menos parcialmente oxidada. Este caso puede darse particularmente entonces, cuando las partículas se ponen en contacto con agua. A través de este tipo de grupos OH pueden ligarse fundamentalmente otras sustancias con grupos funcionales adecuados a la superficie de las partículas metálicas o semimetálicas, particularmente a través de una reacción de condensación con disociación de agua. Este también es actualmente el método preferido para formar el enlace covalente mencionado arriba de las partículas con la matriz. De esta manera pueden introducirse partículas metálicas o semimetálicas, por ejemplo, partículas de una aleación de estaño-antimonio o de silicio, junto con un polisacárido formador de matriz en agua o en una solución acuosa (se prefiere aquí una proporción de sustancia sólida de entre 15 y 45 % en peso). En caso necesario se pueden añadir tensioactivos en pequeñas cantidades. Las partículas en este caso se pueden oxidar superficialmente y pueden formarse grupos OH en la superficie. Con el polisacárido formador de matriz puede ocurrir entonces la reacción de condensación que ya ha sido mencionada múltiples veces.

20 [0030] En una forma de realización preferida, el electrodo según la invención presenta partículas que consisten al menos parcialmente, preferiblemente completamente en óxido de cobalto de litio. Esto rige particularmente cuando en el caso del electrodo según la invención se trata de un electrodo positivo. Puesto que las partículas a base de óxido de cobalto de litio (Li-CoO₂) son de naturaleza oxidica, también éstas pueden ligarse en caso necesario a través de una reacción de condensación a una matriz de un polisacárido.

25 [0031] Adicionalmente a las partículas a base de óxido de cobalto de litio o alternativamente a éstas, un electrodo según la invención también puede presentar óxidos de metal de litio con la fórmula general LiMO₂ (con M = al menos un metal del grupo con Co, Mn, Ni y V) y/o LiMPO₄ (con M = Fe y/o Mn) como material activo.

30 [0032] Como polisacáridos son particularmente adecuados según la invención polisacáridos modificados con grupos reactivos, donde en el caso de los grupos reactivos se trata particularmente de grupos funcionales, que pueden permitir una reacción de condensación con grupos OH. De forma especialmente preferida los grupos reactivos son grupos hidroxilos, carboxilos, carboxilatos, carbonilos, cianos, de ácido sulfónico, halogenocarbonilos, carbamoilos, tiol y/o amínicos.

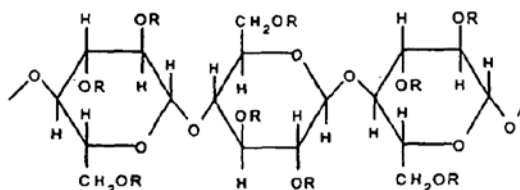
35 [0033] Los polisacáridos son azúcares múltiples con unidades de monosacáridos, con lo que generalmente existe una distribución de tamaño molecular estadística. Varios monosacáridos (p.ej. glucosa o fructosa) forman en este caso una cadena. Según la invención son particularmente preferidos polisacáridos con la fórmula general $-[C_x(H_2O)_y]_n-$ con $x = 5$ o 6 e $y = x - 1$.

40 [0034] Preferiblemente la matriz de un electrodo según la invención consiste al menos parcialmente en un polisacárido con 50 hasta 10.000 unidades de monosacáridos.

45 [0035] En una forma de realización especialmente preferida, la matriz de un electrodo según la invención consiste al menos parcialmente, preferiblemente completamente en un derivado de celulosa. El derivado de celulosa se presenta en una forma de realización especialmente preferida en forma tipo sal, particularmente como sal alcalina, alcalinotérrica o de amonio.

50 [0036] En el caso de la celulosa se trata de un polisacárido no ramificado, que generalmente está formado por varios 100 hasta 10.000 moléculas de β-D-glucosa, esta última enlazada a través de enlaces β-(1,4)-glucosídicos. La celulosa es insoluble en agua y en la mayoría de los solventes orgánicos. Por lo tanto, según la invención se prefieren particularmente derivados de celulosa hidrosolubles o al menos hinchables en agua.

55 [0037] De forma especialmente preferida la matriz se basa en un derivado de celulosa con la siguiente fórmula:



R comprende en este caso particularmente al menos un miembro del grupo con H, (CH₂)_n OH, (CH₂)_nO(CH₂)_nCH₃,

$(\text{CH}_2)_n \text{CO}(\text{CH}_2)_n \text{CH}_3$, $(\text{CH}_2)_n \text{CHO}$, $(\text{CH}_2)_n \text{COOH}$, $(\text{CH}_2)_n \text{N}(\text{COOMe})_2$, $(\text{CH}_2)_n \text{CH}_3$, $(\text{CH}_2)_n \text{CN}$ y $(\text{CH}_2)_n \text{COOMe}$, donde Me representa Li, Na, K, Rb, Cs o Ca, n puede asumir valores entre 1 y 10 y al menos 1 R es distinto de H.

5 [0038] De forma especialmente preferida un electrodo según la invención presenta una matriz a base de al menos una carboxialquilcelulosa, preferiblemente una carboximetilcelulosa y/o carboxietilcelulosa, particularmente una carboximetilcelulosa.

10 [0039] Las carboximetilcelulosas son derivados conocidos de la celulosa en los que al menos una parte de los grupos OH de la celulosa está ligada como éter con un grupo carboximetilo. Para la fabricación de carboximetilcelulosa, la celulosa por regla general se transfiere en un primera fase a celulosa alcalina reactiva y a continuación se traspone con ácido acético de cloro. Con este modo de proceder se mantiene la estructura de la celulosa. Particularmente en condiciones alcalinas las carboxialquilcelulosas son por regla general relativamente solubles en agua.

15 [0040] De forma especialmente preferida un electrodo según la invención presenta una matriz a base de carboxialquilcelulosa de sodio, particularmente a base de carboximetilcelulosa de sodio.

20 [0041] Se prefiere que los derivados de celulosa utilizados según la invención presenten un grado de sustitución entre 0,5 y 3, particularmente entre 0,8 y 1,6,. El grado de sustitución indica la cantidad media de los grupos hidróxilos modificados por unidad de monosacárido en un derivado de celulosa. Puesto que en la celulosa, por unidad de monosacárido hay disponibles tres grupos hidróxilos para una transformación, el grado máximo de sustitución alcanzable en este caso es 3.

25 [0042] Se prefiere además que un electrodo según la invención presente un mejorador de capacidad de conductividad. Como mejorador de capacidad de conductividad se adecuan particularmente hollín, grafito o una mezcla de ambos.

[0043] Un electrodo según la invención presenta además por regla general un colector de corriente, particularmente un colector de corriente metálico. En el caso de que el electrodo según la invención sea un electrodo negativo, se prefieren colectores de corriente de cobre. En el caso de un electrodo positivo se prefieren colectores de corriente de aluminio.

30 [0044] Si un electrodo según la invención presenta como el al menos un polisacárido un derivado de celulosa, éste está respectivamente contenido preferiblemente en una proporción entre 1 % en peso y 15 % en peso, particularmente entre 2 % en peso y 8 % en peso en el electrodo (referido respectivamente al contenido de materia sólida del electrodo).

35 [0045] Puede preferirse además, que un electrodo según la invención presente un electrolito orgánico con una sal conductora a base de litio, por ejemplo tetrafluoroborato de litio.

[0046] También es objeto de la presente invención una batería, particularmente una batería de iones de litio, que comprende al menos un electrodo según la invención.

40 [0047] Una batería según la invención presenta preferiblemente una celda individual con al menos un electrodo positivo y al menos un electrodo negativo, entre los que se dispone un separador. En formas de realización preferidas, una batería según la invención presenta varias celdas individuales.

45 [0048] Tanto en el caso del al menos un electrodo positivo como también en el caso del al menos un electrodo negativo, puede tratarse de electrodos según la invención, es decir, de electrodos con una matriz a base de al menos un polisacárido.

50 [0049] Los electrodos y la matriz ya han sido descritos detalladamente, con esto se hace referencia a los respectivos apartados de la descripción y se remite a ella.

55 [0050] Es además objeto de la presente invención la utilización de un polisacárido como ligante para materiales de electrodos activos electroquímicamente. Como se ha mencionado arriba, se halló sorprendentemente por parte del solicitante, que los ligantes convencionales son completamente sustituibles por ligantes a base de al menos un polisacárido. En formas de realización preferidas el al menos un polisacárido se usa como ligante en compuestos de electrodos que están libres de compuestos de polímeros sintéticos.

60 [0051] Polisacáridos que se pueden utilizar preferiblemente, particularmente los derivados de la celulosa tipo sal preferiblemente utilizables, ya han sido descritos detalladamente anteriormente. Para evitar repeticiones también se hace referencia aquí a los correspondientes fragmentos y se remite explícitamente a ellos.

65 [0052] Otras características de la invención resultan de los dibujos en relación con las reivindicaciones secundarias. En este caso las características individuales de la invención pueden estar realizadas respectivamente para sí mismas o varias en combinación entre sí. Las formas de realización preferidas descritas sirven únicamente para la aclaración y para una mejor comprensión de la invención y en ningún caso deben entenderse como limitadoras.

Ejemplo 1:

5 [0053] Para la fabricación de un electrodo negativo se introduce un 8 % en peso de carboximetilcelulosa de sodio (Walocell® CRT10G) en agua y se conduce al hinchamiento completo. Se introduce una mezcla de hilos descargadores de corriente de cobre (35% en peso) y masa activa nanoparticulada (estaño-antimonio, 65 % en peso) en una medida de 92 % en peso. La pasta de electrodos así obtenida se aplica con un rasquete sobre una lámina de cobre con un espesor de 200 μm .

10 [0054] Los electrodos negativos fabricados de esta manera se caracterizan en 3 celdas de electrodos tipo Swagelok con 6 separadores de fieltro (Freudenberg 2190) y un Celgard 2400 contra litio (como electrodo positivo). Como mezcla de electrolitos sirve una mezcla estándar de sales conductoras fluoradas en solventes orgánicos.

15 [0055] Las capacidades de descarga C_D de los electrodos fabricados de estaño-antimonio-cobre, referidas a la masa activa de electrodos, se representan en la fig. 1 en dependencia del número de ciclos n . La descarga realizada a temperatura ambiente se realiza con una corriente del tamaño 1C (950 mA/g).

[0056] La curva 1 caracteriza el material de ánodos fabricado con el nuevo sistema ligante.

20 [0057] La curva 2 muestra en comparación con ello la capacidad, y su disminución con el número de ciclos de un ánodo comparable, en el que se utilizó un 8 % en peso de copolímero PVdF-HFP procesado en NMP en lugar de la carboximetilcelulosa de sodio utilizada según la invención.

Ejemplo 2:

25 [0058] Para la fabricación de ánodos de silicio-grafito-composite se introduce un 8 % en peso de carboximetilcelulosa de sodio (Walocell® CRT2000PPA12) en agua y se conduce al hinchamiento completo. A continuación, se introducen secuencialmente 20% de silicio nanoparticulado (Nanostructured and Amorphous Materials Los Alamos) y 5% de nanofibras de carbono (Electrovac AG, LHT-XT) y se dispersan de forma altamente energética. Un 5% de hollín conductor (Super P) y un 62% de grafito (grafito natural, grafito amorfo) se introducen a continuación y se dispersan.

30 [0059] La pasta de electrodos obtenida de esta forma se aplica con un rasquete sobre una lámina de cobre (Schlenk) con un espesor de 200 μm .

35 [0060] Los ánodos se caracterizan en 3 celdas de electrodos tipo Swagelok con 6 separadores de fieltro (Freudenberg 2190) y un Celgard 2400 contra litio. Como mezcla de electrolitos sirve una mezcla estándar de sales conductoras fluoradas en solventes orgánicos.

40 [0061] En la fig. 2 se representan las capacidades de descarga C_D de los ánodos de grafito-silicio fabricados de esta forma, referidos a la masa activa de electrodos en dependencia del número de ciclos n . La descarga, realizada a temperatura ambiente, se realiza con una corriente de tamaño 1C (1250 mA/g).

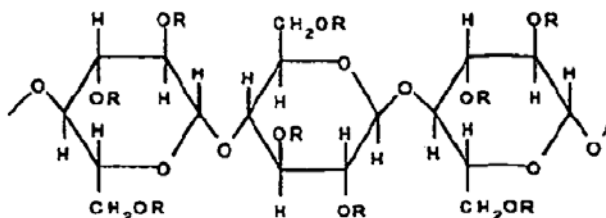
[0062] La curva 1 muestra el transcurso de la capacidad de descarga del ánodo con número de ciclos n creciente fabricado con el nuevo ligante.

45 [0063] La curva 2 muestra en comparación con ello la capacidad, y su disminución con número de ciclos en aumento de un ánodo, en cuya fabricación se utilizaron 4 % en peso de caucho estireno-butadieno (SBR) como ligante y 4 % de carboximetilcelulosa de Na como dispersante.

50 [0064] La curva 3 describe la característica capacitiva de un ánodo de grafito- silicio-composite, en el que se utilizaron un 10 % en peso de copolímero PVdF-HFP como polímero de soporte procesado en NMP.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Electrodo, particularmente para una batería de iones de litio, comprendiendo una matriz a base de al menos un polisacárido, así como partículas de al menos un material activo electroquímico, que están incluidas en la matriz, donde en el caso de al menos una parte de las partículas se trata de partículas metálicas de un metal y/o semimetal que puede formar una aleación con litio.
- 10 2. Electrodo según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** el electrodo está esencialmente libre de compuestos de polímeros sintéticos.
- 15 3. Electrodo según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, **caracterizado por el hecho de que** al menos una parte de las partículas está ligada a través de ligamentos covalentes a la matriz.
- 20 4. Electrodo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por el hecho de que** al menos una parte de las partículas comprende un material a base de carbono que intercala litio.
- 25 5. Electrodo según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** la superficie de las partículas comprendiendo un metal y/o un semimetal está al menos parcialmente oxidada.
- 30 6. Electrodo según una de las reivindicaciones 1 hasta 3, **caracterizado por el hecho de que** al menos una parte de las partículas comprende óxido de cobalto de litio.
- 35 7. Electrodo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por el hecho de que** el polisacárido está modificado con grupos reactivos, que pueden consentir una reacción de condensación con grupos OH, donde en el caso de los grupos reactivos se trata preferiblemente de grupos hidroxilos, carboxilos, carboxilatos, carbonilos, cianos, de ácido sulfónico, halogenocarbonilos, carbamoilos, tiol y/o amínicos.
8. Electrodo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por el hecho de que** la matriz presenta un polisacárido con 50 hasta 10000 unidades de monosacáridos.
9. Electrodo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por el hecho de que** la matriz comprende como polisacárido un derivado de celulosa.
10. Electrodo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por el hecho de que** la matriz se basa en un derivado de celulosa con la fórmula



- 40 donde R comprende al menos un miembro del grupo con H, $(\text{CH}_2)_n\text{OH}$, $(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$, $(\text{CH}_2)_n\text{O}(\text{CH}_2)_n\text{CH}_3$, $(\text{CH}_2)_n\text{CO}(\text{CH}_2)_n\text{CH}_3$, $(\text{CH}_2)_n\text{CHO}$, $(\text{CH}_2)_n\text{N}(\text{COOMe})_2$, $(\text{CH}_2)_n\text{CH}_3$, $(\text{CH}_2)_n\text{CN}$ y $(\text{CH}_2)_n\text{COOMe}$, donde Me representa Li, Na, K, Rb, Cs o Ca, n puede asumir valores entre 1 y 10 y al menos 1 R es distinto de H.
- 45 11. Electrodo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por el hecho de que** la matriz como polisacárido presenta al menos una carboxialquilcelulosa, particularmente una carboximetilcelulosa y/o una carboxietilcelulosa.
12. Electrodo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por el hecho de que** el derivado de celulosa presenta un grado de sustitución entre 0,5 y 3, particularmente entre 0,8 y 1,6,.
- 50 13. Electrodo según una de las reivindicaciones 9 hasta 12, **caracterizado por el hecho de que** presenta el derivado de celulosa en una proporción entre 1 % en peso y 15 % en peso (referido al contenido de materia sólida del electrodo).
- 55 14. Batería, particularmente batería de iones de litio, comprendiendo al menos un electrodo según una de las reivindicaciones anteriores.

Fig. 1

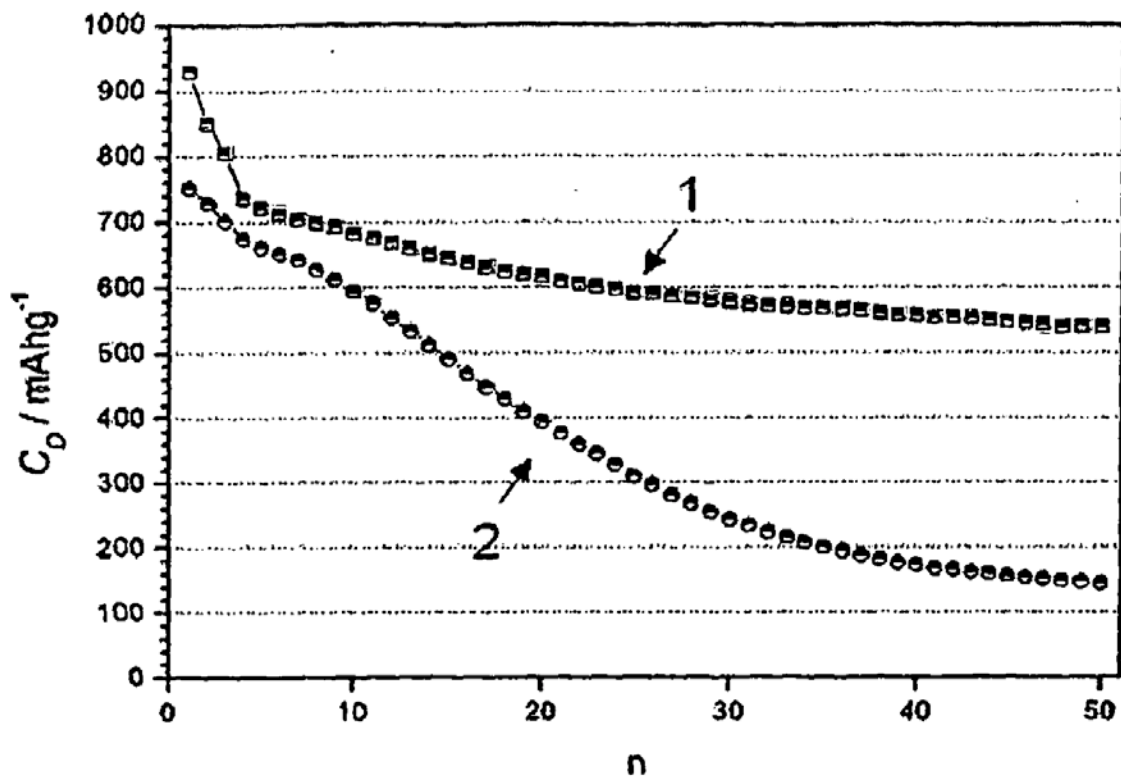


Fig. 2

