

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 973 808**

51 Int. Cl.:

H01M 4/13 (2010.01)
H01M 4/62 (2006.01)
H01M 4/36 (2006.01)
H01M 4/139 (2010.01)
H01M 4/04 (2006.01)
B05B 5/025 (2006.01)
H01M 10/0565 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.03.2018** **PCT/KR2018/003118**
87 Fecha y número de publicación internacional: **20.09.2018** **WO18169361**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.03.2018** **E 18768306 (5)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.03.2024** **EP 3467908**

54 Título: **Método para fabricar un electrodo que incluye un electrolito polimérico y electrodo obtenido de ese modo**

30 Prioridad:

16.03.2017 KR 20170033362

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, JUNG-PIL;
KIM, EUN-BEE;
KIM, JI-YOUNG;
MOK, EUN-KYUNG;
UHM, IN-SUNG y
JUNG, HYE-RI

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 973 808 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

Método para fabricar un electrodo que incluye un electrolito polimérico y electrodo obtenido de ese modo

5 Sector de la técnica

La presente solicitud reivindica prioridad respecto a la Solicitud de Patente Coreana n.º 10-2017-0033362 presentada el 16 de marzo de 2017 en la República de Corea. La presente divulgación se refiere a un método para fabricar un electrodo que incluye un electrolito polimérico y un electrodo obtenido de ese modo. En particular, la presente divulgación se refiere a un método para fabricar un electrodo que tiene reactividad superficial y transportabilidad del material activo mejoradas y a un electrolito sólido en el electrodo, y a un electrodo obtenido de ese modo.

Estado de la técnica

Una batería de iones de litio que utiliza un electrolito líquido incluye un electrodo negativo y un electrodo positivo divididos por un separador y, por lo tanto, puede causar un cortocircuito cuando el separador se daña por deformación o impacto externo, que pueden conducir a situaciones peligrosas, tales como sobrecalentamiento o explosión. Por tanto, el desarrollo de un electrolito polimérico capaz de garantizar la seguridad puede ser un tema importante en el campo de las baterías secundarias de iones de litio.

Una batería secundaria de litio que utiliza un electrolito de polímero proporciona mayor seguridad a una batería de iones de litio, previene la fuga de un electrolito para proporcionar una confiabilidad mejorada de una batería y facilita la fabricación de una batería delgada. Además, dicha batería secundaria de litio puede utilizar litio metálico como electrodo negativo para mejorar la densidad de energía y, por lo tanto, se espera que se aplique a una batería secundaria de alta capacidad para vehículos eléctricos, así como a una batería secundaria compacta. Por tanto, a esta batería secundaria de litio se le ha prestado mucha atención como batería de próxima generación.

No obstante, una batería secundaria de litio que utiliza un electrolito de polímero muestra una conductividad iónica más baja de un electrolito sólido en comparación con un electrolito líquido y proporciona características de salida baja, particularmente a baja temperatura. Además, ya que un electrolito sólido muestra una menor adherencia a la superficie de un material activo en comparación con un electrolito líquido y, por lo tanto, proporciona una mayor resistencia interfacial. El electrolito sólido se distribuye sin estar en contacto con un material activo de electrodo, de modo que las características de salida o las características de capacidad pueden degradarse en comparación con la cantidad de material conductor introducido en una batería. La FIG. 1a muestra un electrodo para una batería de estado sólido que incluye un electrolito de polímero sólido de acuerdo con la técnica relacionada, y la FIG. 1b es una vista esquemática que ilustra la FIG. 1a. Haciendo referencia a la FIG. 1a y la FIG. 1b, el material conductor está contenido en el electrolito sólido pero una parte del electrolito sólido introducido en la batería no puede estar en contacto directo con el material activo sino que está espaciada del material activo ya que no tiene fluidez. El material conductor restante no puede participar directamente en la reacción electroquímica al accionar la batería para causar la degradación de las características o capacidad de salida. Por esta razón, cuando se utiliza tal electrolito sólido, no es posible obtener suficientemente la capacidad del electrodo, a diferencia del electrodo que utiliza un electrolito líquido. Como resultado, el electrodo que utiliza tal electrolito sólido proporciona una capacidad inferior a la capacidad teórica o diseñada.

Los documentos US 2011/281175 A1, EP 1 445 809 A2, US 2005/227150 A1 y US 2013/184385 divulgan una batería de estado sólido y su método de fabricación.

Objeto de la invención

Problema técnico

La presente divulgación está diseñada para resolver los problemas de la técnica relacionada y, por lo tanto, la presente divulgación está dirigida a proporcionar un electrodo que muestra un sitio reactivo aumentado entre un material activo de electrodo y un electrolito polimérico, tiene conductividad de los iones de litio y la conductividad de los electrones mejoradas para proporcionar una capacidad y unas características de salida mejoradas de un electrodo, y proporciona una densidad de energía mejorada. La presente divulgación también está dirigida a proporcionar un método para fabricar el electrodo que tiene las características técnicas mencionadas anteriormente.

Solución técnica

La presente divulgación proporciona un electrodo para una batería de estado sólido para resolver los problemas técnicos mencionados anteriormente.

De acuerdo con la presente divulgación, se proporciona un electrodo para una batería de estado sólido que incluye una pluralidad de partículas de material activo de electrodo, una resina aglutinante y/o un primer electrolito polimérico, un segundo electrolito polimérico y un material conductor, en donde las partículas de material activo de electrodo están recubiertas al menos parcialmente con una primera capa de recubrimiento que incluye una mezcla del primer electrolito

polimérico y el material conductor, el segundo electrolito polimérico cubre al menos parcialmente la superficie de la primera capa de recubrimiento, la superficie de las partículas o ambas superficies, y las partículas de material activo de electrodo están unidas entre sí por al menos uno del primer electrolito polimérico y el segundo electrolito polimérico para formar una estructura integrada.

De acuerdo con la presente divulgación, se proporciona el electrodo de la primera realización, en donde el primer electrolito polimérico y el segundo electrolito son iguales o diferentes.

De acuerdo con la presente divulgación, se proporciona el electrodo de la divulgación mencionada anteriormente, en donde el primer electrolito polimérico es diferente del segundo electrolito polimérico.

De acuerdo con la invención, se proporciona un método como se define en el conjunto de reivindicaciones adjunto, incluyendo el método las etapas de: (S10) preparar una suspensión para formar un electrodo que incluye un primer electrolito polimérico o el primer electrolito polimérico y una resina aglutinante, un material conductor y una pluralidad de partículas de material activo de electrodo; (S20) recubrir la superficie de un colector de corriente con la suspensión; y (S30) impregnar el producto de (S20) con un segundo electrolito polimérico, en donde la etapa (S20) se lleva a cabo mediante un proceso de electropulverización.

De acuerdo con la invención, el producto de (S20) puede incluir las partículas de material activo de electrodo con una superficie al menos parcialmente recubierta con el primer electrolito polimérico.

De acuerdo con la invención, el método puede incluir además la etapa (S40) de secar el producto obtenido de (S30), en donde el producto de (S40) es un electrodo en donde las partículas de material activo de electrodo están unidas entre sí por al menos uno del primer electrolito polimérico y el segundo electrolito polimérico para formar una estructura integrada.

Efectos ventajosos

El electrodo de acuerdo con la presente divulgación incluye un material conductor dispuesto en la parte de superficie del material activo de electrodo de modo que no permanezca en la región no reactiva. Por lo tanto, incluso cuando se utiliza una pequeña cantidad de material conductor, es posible proporcionar excelentes características de carga/descarga y reducir la cantidad de material conductor. Además, ya que el material conductor se elimina de manera efectiva, es posible mejorar la electroconductividad y evitar la necesidad de realizar un prensado en condiciones severas para reducir la porosidad del electrodo y aumentar el área de contacto entre el electrodo y el electrolito polimérico durante el prensado. Por tanto, es posible solucionar el problema de rotura y daño del material activo de electrodo que se produce bajo alta presión. Además, el electrodo de acuerdo con la presente divulgación tiene electroconductividad mejorada y proporciona características de salida mejoradas cuando se aplica a una batería. Finalmente, el electrodo de acuerdo con la presente divulgación asegura el canal de un electrolito sólido y aumenta la transportabilidad de iones de litio durante la carga/descarga para mejorar la relación de desarrollo de capacidad del electrodo y, por lo tanto, mejora la capacidad y la densidad de energía del electrodo.

Descripción de las figuras

Los dibujos adjuntos ilustran una realización preferida de la presente divulgación y, junto con la divulgación anterior, sirven para proporcionar una mayor comprensión de las características técnicas de la presente divulgación y, por lo tanto, la presente divulgación no se considera limitada al dibujo. Al mismo tiempo, las formas, tamaños, escalas o proporciones de los elementos en el dibujo adjunto pueden exagerarse con el fin de ofrecer una descripción más clara.

La FIG. 1a y la FIG. 1b son vistas esquemáticas que ilustran la distribución de un material conductor en el electrodo que incluye un electrolito polimérico de acuerdo con la técnica relacionada.

La FIG. 2a es una vista esquemática que ilustra el método para fabricar un electrodo de acuerdo con la presente divulgación y la estructura del electrodo obtenido de ese modo.

La FIG. 2b es una vista parcialmente ampliada que ilustra la capa de material activo de electrodo como se muestra en la FIG. 2a.

Descripción detallada de la invención

A continuación, en el presente documento, las realizaciones preferidas de la presente divulgación se describirán en detalle con referencia a los dibujos adjuntos. Antes de la descripción, debe entenderse que los términos usados en la memoria descriptiva y las reivindicaciones adjuntas no deben interpretarse como limitadas a significados generales y de diccionario, sino interpretados basándose en los significados y conceptos correspondientes a aspectos técnicos de la presente divulgación sobre la base del principio de que el inventor puede definir los términos apropiadamente para obtener la mejor explicación

Se entenderá que los términos "comprende" y/o "que comprende", o "incluye" y/o "incluido" cuando se usan en esta memoria descriptiva, se refieren a la presencia de cualquier elemento indicado, pero no excluyen la adición de otro u

otros elementos.

Como se usa en el presente documento, los términos "aproximadamente", "sustancialmente", o similares, se utilizan con el significado de contiguos desde o hacia el valor numérico indicado, cuando se sugiere una preparación aceptable y un error material exclusivo del significado declarado, y se utilizan con el fin de evitar que un invasor inconsciente utilice indebidamente la divulgación indicada, incluido un valor numérico exacto o absoluto proporcionado para ayudar a comprender la presente divulgación.

Como se usa en el presente documento, la expresión "A y/o B" significa "A, B o ambos".

En la siguiente memoria descriptiva, los términos específicos se utilizan por conveniencia y no son limitantes. Términos como "derecha", "izquierda", "superficie superior" y "superficie inferior" se refieren a las direcciones como se muestra en los dibujos a los que se hace referencia. Términos como "internamente" y "externamente" se refieren a las direcciones hacia o desde los centros geométricos de los dispositivos, sistemas y miembros de los mismos designados. Los términos "delantero", "trasero", "arriba", "abajo" y palabras y expresiones relacionadas se refieren a las ubicaciones y orientaciones en el dibujo al que se hace referencia y no son limitativos. Lo mismo se aplica también a las palabras mencionadas anteriormente, derivados de las mismas y sinónimos de las mismas.

La presente divulgación se refiere a un método para fabricar un electrodo para una batería secundaria de iones de litio y a un electrodo obtenido de ese modo. Como se usa en el presente documento, la batería secundaria de iones de litio es una batería de estado sólido que utiliza un electrolito de polímero como electrolito. En el presente documento, la batería de estado sólido también puede denominarse batería secundaria de polímero de litio o batería secundaria de polímero de iones de litio.

De acuerdo con la presente divulgación, el electrodo incluye una capa de material activo de electrodo que incluye una pluralidad de partículas de material activo de electrodo, un primer electrolito polimérico, un segundo electrolito polimérico y un material conductor. La capa de material activo de electrodo puede formarse sobre al menos una superficie de un colector de corriente. Además, el electrodo puede incluir además una resina aglutinante si se desea. El electrodo puede incluir además diversos aditivos para complementar o mejorar las propiedades fisicoquímicas del mismo, si se desea. Los aditivos no están particularmente limitados pero pueden incluir al menos un aditivo tal como un aditivo estabilizador de oxidación, aditivo estabilizador de reducción, retardante de llama, estabilizador térmico y un agente anticondensación.

De acuerdo con una realización de la presente divulgación, las partículas de material activo de electrodo están recubiertas al menos parcialmente con una primera capa de recubrimiento que incluye una mezcla de un primer electrolito polimérico y un material conductor. Al mismo tiempo, de acuerdo con una realización de la presente divulgación, la primera capa de recubrimiento puede incluir además al menos uno de los aditivos mencionados anteriormente. Además, el segundo electrolito polimérico cubre al menos parcialmente la superficie de la primera capa de recubrimiento, la superficie de las partículas o ambas superficies. Dicho de otro modo, el segundo electrolito polimérico forma una segunda capa de recubrimiento. En el electrodo de acuerdo con la presente divulgación, las partículas de material activo de electrodo están unidas entre sí por al menos uno del primer electrolito polimérico y el segundo electrolito polimérico para formar una estructura integrada. La FIG. 2b es una vista parcialmente ampliada que ilustra el electrodo de acuerdo con la presente divulgación, en donde la primera capa de recubrimiento se forma sobre la superficie de las partículas de material activo de electrodo, y la segunda capa de recubrimiento se forma sobre la superficie de las partículas de material activo de electrodo recubiertas con la primera capa de recubrimiento. Además, el material conductor está contenido en la primera capa de recubrimiento de modo que puede distribuirse muy cerca de la periferia del material activo. Por tanto, se minimiza la distancia entre el material conductor y el material activo de electrodo y se aumenta la frecuencia de contacto entre ellos.

Además, de acuerdo con la presente divulgación, el electrodo puede incluir un colector de corriente. Por ejemplo, la estructura de electrodo integrada (capa de material activo de electrodo) puede formarse sobre una superficie del colector de corriente. Dicho de otro modo, el electrodo de acuerdo con la presente divulgación tiene una capa de electrodo que incluye el primer electrolito polimérico, el segundo electrolito polimérico y el material conductor y formado en al menos una superficie del colector de corriente, en donde la capa de electrodo tiene la estructura de electrodo como se ha descrito anteriormente. De manera adicional, como se ha descrito anteriormente, la capa de electrodo puede incluir además una resina aglutinante y aditivos, si se desea.

De acuerdo con la presente divulgación, el electrodo puede ser cualquiera de un electrodo negativo y un electrodo positivo. Cuando el electrodo es un electrodo negativo (ánodo), puede incluir cualquier material activo de electrodo que pueda usarse como material activo de electrodo negativo para una batería secundaria de iones de litio. Por ejemplo, el material activo de electrodo negativo puede incluir cualquiera seleccionado de: carbono tal como carbono no grafitizable o carbono basado en grafito; óxidos compuestos metálicos, tales como $\text{Li}_x\text{Fe}_2\text{O}_3$ ($0 \leq x \leq 1$), Li_xWO_2 ($0 \leq x \leq 1$), $\text{Sn}_x\text{Me}_{1-x}\text{Me}'_y\text{O}_z$ (Me: Mn, Fe, Pb, Ge; Me': Al, B, P, Si, elementos del grupo 1, 2 o 3 de la tabla periódica, halógeno; $0 < x \leq 1$; $1 \leq y \leq 3$; $1 \leq z \leq 8$); litio metálico; aleación de litio; aleación basada en silicio; aleación basada en estaño; óxidos de metal, tales como SnO , SnO_2 , PbO , PbO_2 , Pb_2O_3 , Pb_3O_4 , Sb_2O_3 , Sb_2O_4 , Sb_2O_5 , GeO , GeO_2 , Bi_2O_3 , Bi_2O_4 y Bi_2O_5 ; polímeros conductores, tales como poliacetileno; materiales tipo Li-Co-Ni; óxido de titanio; óxido de litio

y titanio; o similares, o una combinación de dos o más de ellos. De acuerdo con una realización particular, el material activo de electrodo negativo puede incluir un material carbonoso y/o Si.

Cuando el electrodo es un electrodo positivo (cátodo), puede incluir cualquier material activo de electrodo que pueda usarse como material activo de electrodo positivo para una batería secundaria de iones de litio. Por ejemplo, el material activo de electrodo positivo puede incluir, pero no se limita a: un compuesto en capas como el óxido de litio y cobalto (LiCoO_2) u óxido de litio y níquel (LiNiO_2), o un compuesto sustituido con uno o más metales de transición; óxido de litio y manganeso como $\text{Li}_{1-x}\text{Mn}_{2-x}\text{O}_4$ (en donde x es 0-0,33), LiMnO_3 , LiMn_2O_3 o LiMnO_2 , o similares; óxido de cobre y litio (Li_2CuO_2); óxido de vanadio, tal como LiVsO_5 , LiFe_3O_4 , V_2O_5 , $\text{Cu}_2\text{V}_2\text{O}_7$ o similares; óxido de níquel-litio tipo sitio Ni representado por la fórmula química de $\text{LiNi}_{1-x}\text{M}_x\text{O}_2$ (en donde M = Co, Mn, Al, Cu, Fe, Mg, B o Ga, y x = 0,01-0,3); óxido compuesto de litio y manganeso representado por la fórmula química de $\text{LiMn}_{2-x}\text{M}_x\text{O}_2$ (en donde M = Co, Ni, Fe, Cr, Zn o Ta, y x = 0,01-0,1) o $\text{Li}_2\text{Mn}_3\text{MO}_8$ (en donde M = Fe, Co, Ni, Cu o Zn); óxido compuesto de litio y manganeso tipo espinela $\text{LiNi}_x\text{Mn}_{2-x}\text{O}_4$; LiMn_2O_4 en el que una parte de Li está sustituida por iones de metales alcalinotérreos; compuesto de disulfuro; $\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_3$, o similares.

De acuerdo con la presente divulgación, el colector de corriente muestra electroconductividad y puede incluir una placa metálica, y se puede utilizar un colector de corriente adecuado dependiendo de la polaridad del electrodo colector conocida en el campo de las baterías secundarias.

De acuerdo con la presente divulgación, el material conductor se añade en una cantidad de 1-30% en peso basado en el peso total de la mezcla, incluido el material activo de electrodo. El material conductor no está particularmente limitado, siempre y cuando tenga conductividad sin provocar ninguna reacción secundaria con los demás elementos de la batería. Ejemplos particulares del material conductor incluyen cualquiera seleccionado de: grafito, tal como grafito natural o grafito artificial; negro de carbono, tales como el negro de humo, negro de acetileno, negro de Ketjen, negro de canal, negro de horno, negro de lámpara o negro térmico; fibras conductoras, tales como fibras de carbono o fibras metálicas; polvo de metal, tal como fluorocarbono, polvo de aluminio o níquel; alambres conductores, tales como óxido de zinc o titanato de potasio; óxidos de metal, tales como óxido de titanio; materiales conductores, tales como derivados de polifenileno; o similares, o una combinación de dos o más de ellos.

De acuerdo con la presente divulgación, la resina aglutinante es un ingrediente que ayuda a la unión de un material activo con un material conductor o similar, y a la unión a un colector. Los ejemplos particulares de la resina aglutinante incluyen fluoruro de polivinilideno, alcohol polivinílico, carboximetilcelulosa (CMC), almidón, hidroxipropilcelulosa, celulosa regenerada, polivinilpirrolidona, tetrafluoroetileno, polietileno, polipropileno, terpolímero de etileno-propileno-dieno (EPDM), EPDM sulfonado, caucho de estireno butireno, caucho fluorado, diversos copolímeros o similares. En general, la resina aglutinante se añade en una cantidad de 1-30 % en peso o de 1-10 % en peso, basado en el peso total de la mezcla, incluida la capa de electrodo.

De acuerdo con la presente divulgación, la primera capa de recubrimiento incluye una mezcla del primer electrolito polimérico y el material conductor y cubre al menos parcialmente la superficie de las partículas de material activo de electrodo.

Dicho de otro modo, las partículas en la capa de electrodo están integradas de tal manera que están unidas entre sí de manera punto-punto y/o superficie-superficie principalmente por medio del segundo electrolito polimérico para formar un electrodo integrado. Además, las partículas se recubren preliminarmente con la primera capa de recubrimiento parcial o totalmente sobre la superficie de las mismas. Por lo tanto, dado que las partículas están recubiertas con la primera capa de recubrimiento y el material conductor contenido en el electrodo está dispuesto y concentrado alrededor de la superficie del material activo de electrodo, es posible aumentar el sitio reactivo entre el material activo y el electrolito sólido. Además, es posible reducir la cantidad de material conductor.

De acuerdo con la presente divulgación, el primer electrolito polimérico y el segundo electrolito polimérico pueden ser iguales o diferentes. El primer electrolito polimérico cubre principalmente la superficie de las partículas y preferentemente tiene una amplia ventana de potencial. Por ejemplo, en el caso de un electrodo positivo, el primer electrolito polimérico es preferentemente un electrolito polimérico que tiene una excelente estabilidad a la oxidación. Además, en el caso de un electrodo negativo, se prefiere utilizar un electrolito polimérico que tenga una excelente estabilidad de reducción como primer electrolito polimérico. De acuerdo con una realización de la presente divulgación, el segundo electrolito polimérico puede ser igual o diferente del primer electrolito polimérico mencionado anteriormente. Dado que el segundo electrolito polimérico funciona principalmente para transportar iones de litio en un electrodo, puede ser cualquier material que tenga una alta conductividad iónica, por ejemplo una conductividad iónica de 10^{-4} S/m o más, y no está particularmente limitado. De acuerdo con una realización de la presente divulgación, el primer electrolito polimérico puede ser adecuadamente diferente del segundo electrolito polimérico para complementar las características del electrodo y realizar las características de las partículas de material activo de electrodo.

De acuerdo con la presente divulgación, cada uno del primer electrolito polimérico y el segundo electrolito polimérico pueden ser un electrolito polimérico sólido formado añadiendo una resina polimérica a una sal de litio solvatada, o un electrolito en gel polimérico que incluye una resina polimérica impregnada con un electrolito orgánico que contiene un

disolvente orgánico y una sal de litio.

De acuerdo con una realización de la presente divulgación, el electrolito de polímero sólido no está particularmente limitado, y se puede usar cualquier material polimérico siempre que tenga conductividad iónica e incluya un material polimérico usado generalmente como material de electrolito sólido para una batería de estado sólido. Ejemplos particulares del electrolito de polímero sólido pueden incluir un polímero de poliéter, polímero de policarbonato, polímero de acrilato, polímero de polisiloxano, polímero de fosfaceno, derivado de polietileno, derivado de óxido de alquileno, polímero de fosfato, lisina de poliagitación, sulfuro de poliéster, alcohol polivinílico, fluoruro de polivinilideno, polímero que contiene un grupo iónicamente dissociable, o similares. De acuerdo con una realización de la presente divulgación, el electrolito polimérico sólido puede incluir una resina polimérica, tal como un copolímero ramificado que incluye una cadena principal de óxido de polietileno (PEO) copolimerizado con un comonomero que incluye un polímero amorfo, tales como PMMA, policarbonato, polidiloxano (pdms) y/o fosfaceno, polímero tipo peine, resina polimérica reticulada, o similares.

De acuerdo con una realización de la presente divulgación, el electrolito de gel polimérico incluye un electrolito orgánico que contiene sal de litio y una resina polimérica, en donde el electrolito orgánico se usa en una cantidad de 60 a 400 partes en peso basado en el peso de la resina polimérica. No existe ninguna limitación particular en el polímero usado para el electrolito en gel, y ejemplos particulares del polímero incluyen polímeros de PVC, polímeros de PMMA, poliácilonitrilo (PAN), fluoruro de polivinilideno (PVdF), fluoruro de polivinilideno-co-hexafluoropropileno (PVdF-HFP), o similares.

En el electrolito de acuerdo con la presente divulgación, la sal de litio es una sal de litio ionizable y puede estar representada por Li^+X^- . No existe ninguna limitación particular en el anión de la sal de litio y ejemplos particulares del mismo incluyen: F^- , Cl^- , Br^- , I^- , NO_3^- , $\text{N}(\text{CN})_2^-$, BF_4^- , ClO_4^- , PF_6^- , $(\text{CF}_3)_2\text{PF}_4^-$, $(\text{CF}_3)_3\text{PF}_3^-$, $(\text{CF}_3)_4\text{PF}_2^-$, $(\text{CF}_3)_5\text{PF}^-$, $(\text{CF}_3)_6\text{P}^-$, CF_3SO_3^- , $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{SO}_3^-$, $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{N}^-$, $(\text{FSO}_2)_2\text{N}^-$, $\text{CF}_3\text{CF}_2(\text{CF}_3)_2\text{CO}^-$, $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{CH}^-$, $(\text{SF}_5)_3\text{C}^-$, $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_3\text{C}^-$, $\text{CF}_3(\text{CF}_2)_7\text{SO}_3^-$, CF_3CO_2^- , CH_3CO_2^- , SCN^- , $(\text{CF}_3\text{CF}_2\text{SO}_2)_2\text{N}^-$, o similares.

Al mismo tiempo, de acuerdo con una realización de la presente divulgación, el segundo electrolito polimérico puede ser un electrolito de gel polimérico. El electrolito de gel polimérico tiene una excelente conductividad iónica (10^{-4} S/m o más) y muestra capacidad aglutinante, proporcionando así una función no sólo como electrolito sino también como resina aglutinante de electrodos que imparte fuerza de unión entre las partículas de material activo de electrodo y entre la capa de electrodo y el colector de corriente.

De acuerdo con una realización de la presente divulgación, la primera capa de recubrimiento puede incluir al menos uno de la resina aglutinante y el primer electrolito de polímero sólido. Dicho de otro modo, la resina aglutinante se puede utilizar en lugar del primer electrolito sólido o junto con el primer electrolito polimérico, según sea necesario.

A continuación, en el presente documento, se explicará un método de acuerdo con la invención para fabricar el electrodo antes descrito.

De acuerdo con la invención, la aplicación de la primera mezcla se realiza mediante un proceso de electropulverización. La electropulverización es un tipo de proceso de recubrimiento de superficies caracterizado por pulverizar una solución de recubrimiento en forma de finas gotas de líquido mediante la tensión aplicada a la boquilla pulverizadora de modo que la solución de recubrimiento pueda recubrirse en forma de partículas. El electrohilado, que no es parte de la presente invención, es similar a la electropulverización, pero se caracteriza porque la solución de recubrimiento está recubierta en una estructura unidimensional, no en forma de partículas. Se puede hacer referencia al dispositivo y método de electropulverización divulgados en la publicación de patente coreana n.º 0271116 sobre electropulverización. De acuerdo con una realización de la presente divulgación, la primera mezcla se puede aplicar mediante un proceso de recubrimiento en suspensión conocido, tal como recubrimiento por inmersión, recubrimiento por huecograbado, recubrimiento de matriz ranurada, o similares.

En primer lugar, se prepara una primera mezcla que contiene un primer electrolito polimérico y un material conductor. El primer electrolito polimérico se puede preparar en forma de una mezcla fundida formada fundiendo una resina polimérica y una sal de litio a alta temperatura, o en forma de una solución que contiene una resina polimérica y una sal de litio dispersadas homogéneamente en un disolvente orgánico. Después, el material conductor se añade a la mezcla o dispersión y se mezcla con la misma para preparar la primera mezcla. La primera mezcla incluye el primer electrolito polimérico, o la resina aglutinante junto con la primera resina polimérica.

Seguidamente, se mezcla un material electrolítico activo con la primera mezcla para preparar una suspensión para formar un electrodo. En el presente documento, la suspensión incluye el electrolito polimérico en una cantidad de 1-100 partes en peso, 2-50 partes en peso, 2-20 partes en peso, o 2-10 partes en peso, basado en 100 partes en peso del material activo de electrodo.

No obstante, el método para preparar la suspensión tiene fines ilustrativos únicamente y el alcance de la presente divulgación no se limita a este. En particular, el orden de introducción o mezcla de los ingredientes de la suspensión podrá modificarse considerando las propiedades fisicoquímicas de los ingredientes y las características del electrodo

o batería a obtener. Por ejemplo, el electrolito polimérico, el material conductor y el material activo de electrodo pueden introducirse en un medio de dispersión, tal como un disolvente, en diferentes momentos o al mismo tiempo.

Después, la suspensión se aplica a al menos una superficie de un colector de corriente, seguido de secado. En esta etapa, las partículas de material activo de electrodo están recubiertas en superficie al menos parcialmente con la primera capa de recubrimiento que contiene la resina aglutinante y/o el primer electrolito polimérico. Dado que la primera capa de recubrimiento se forma en la superficie de las partículas, todo el material conductor introducido en el electrodo se dispone de tal manera que pueda estar en contacto suficiente con las partículas de material activo de electrodo. La aplicación se lleva a cabo mediante el uso de un proceso de electropulverización. La FIG. 2a es una vista esquemática que ilustra un método para aplicar la suspensión a la superficie de un colector de corriente mediante electropulverización. En referencia a la FIG. 2a, la electropulverización se lleva a cabo mientras una suspensión que contiene un material activo de electrodo y un electrolito polimérico se suministra continuamente desde un tanque de alimentación de suspensión a una boquilla de electropulverización, a la que se aplica alta tensión, a través de una bomba dosificadora. En el presente documento, para reducir la tensión superficial e inducir volatilidad, preferentemente se añade un disolvente a la suspensión de modo que la suspensión pueda prepararse en forma de una solución de pulverización adecuada. El disolvente no está particularmente limitado pero ejemplos particulares del disolvente incluyen al menos uno seleccionado de agua y disolventes orgánicos tales como, dimetilformamida (DMF), N-metil-2-pirrolidona (NMP), acetona, sulfóxido de dimetilo (DMSO), tetrahidrofurano (THF), acetonitrilo, etanol y hexano. La solución de pulverización tiene un contenido de sólidos de 1-50 %, 5-30 % o 10-20 %. El contenido de sólidos se refiere a ingredientes en forma sólida y significa cualquier ingrediente en fase sólida de la solución de pulverización, tal como un material activo de electrodo, aglutinante, material conductor o electrolito sólido, excepto una fase líquida, tal como un disolvente.

Además, la solución de pulverización se somete a electropulverización expulsándola en una cantidad predeterminada después de calcular una capacidad eléctrica adecuada del material activo, considerando la viscosidad y la tensión superficial de la solución de pulverización, tensión aplicada a la misma, o similares. En el presente documento, la tensión puede controlarse adecuadamente dentro de un intervalo de 1 kV a 50 kV. La tensión puede controlarse a 40 kV o menos, 30 kV o menos, 20 kV o menos, 10 kV o menos, o 5 kV o menos, dentro del intervalo arriba definido. Al mismo tiempo, la distancia entre la boquilla rotatoria y el colector de corriente no está particularmente limitada pero puede controlarse a una distancia adecuada dependiendo de las condiciones de procesamiento. Es posible obtener un electrodo que incluye el material activo de electrodo y el electrolito sólido dispersos homogéneamente en el mismo mediante electropulverización. Además, es posible dispersar el material conductor de manera homogénea sobre la superficie del material activo de electrodo sin localización en una parte específica del electrodo.

En esta etapa, las partículas de material activo de electrodo están recubiertas en superficie al menos parcialmente con la primera capa de recubrimiento que contiene el primer electrolito polimérico. Dado que la primera capa de recubrimiento se forma en la superficie de las partículas, todo el material conductor introducido en el electrodo está dispuesto de manera que pueda estar en contacto suficiente con las partículas de material activo de electrodo.

Al mismo tiempo, de acuerdo con una realización de la presente divulgación, es posible realizar además una etapa de secado del producto del proceso de electropulverización después del proceso de electropulverización. El secado se puede realizar al vacío y la temperatura se controla preferentemente a una temperatura entre aproximadamente 80 °C y 150 °C.

Además, si se desea, es posible realizar una etapa de presurización después de la etapa de secado. La etapa de presurización realiza el empaquetamiento de los ingredientes del electrodo de modo que el electrodo pueda tener un nivel adecuado de porosidad, y no se limita a un método particular. Por ejemplo, cualquier método de presurización conocido, tal como prensado en caliente o laminado, puede ser seleccionado adecuadamente. Si se desea, la presurización se puede controlar en una condición de temperatura adecuada mediante calentamiento o enfriamiento.

Después de esto, el producto seco de las partículas recubiertas con la primera capa de recubrimiento se impregna con un segundo electrolito polimérico.

En esta etapa, el segundo electrolito polimérico se puede preparar en una fase líquida, como el primer electrolito polimérico. Dicho de otro modo, el segundo electrolito polimérico se puede proporcionar en forma de una mezcla fundida fundiendo una resina polimérica y una sal de litio a alta temperatura, o en forma de un electrolito polimérico líquido que es una dispersión que contiene una resina polimérica y una sal de litio de manera homogénea en un disolvente orgánico. El producto seco se impregna con el electrolito polimérico líquido de modo que pueda empaquetarse con el electrolito polimérico. El electrolito polimérico líquido se infiltra en los poros del producto seco de modo que los espacios vacantes (huecos) del electrodo puedan llenarse con el electrolito polimérico.

Al mismo tiempo, de acuerdo con una realización de la presente divulgación, la etapa de impregnación mencionada anteriormente se puede llevar a cabo recubriendo por inmersión el producto seco con el electrolito polimérico líquido, o suministrando el electrolito polimérico líquido al producto seco a través de una boquilla de tipo rociador en combinación con o independientemente del proceso de recubrimiento por inmersión.

Además, de acuerdo con una realización de la presente divulgación, la etapa de electropulverización y la etapa de impregnación pueden realizarse de forma continua. En el presente documento, se prefiere que se proporcione un dispositivo de secado adecuado antes de llevar a cabo la etapa de impregnación y después de llevar a cabo la etapa de pulverización de modo que la etapa de impregnación pueda realizarse después de que se solidifique la primera suspensión. No obstante, dado que el secado se realiza parcialmente durante el recubrimiento mediante los procesos de electropulverización y electrohilado, no necesariamente se requiere una etapa de secado completo.

Durante esta etapa, los huecos entre las partículas de material activo de electrodo se llenan con el electrolito polimérico y, por lo tanto, se reduce la resistencia del material activo de electrodo y el electrolito polimérico, aumenta el área del sitio electroquímicamente reactivo y mejora la conductividad de iones de litio, dando como resultado una mejora del rendimiento de una batería.

Después, se seca el electrodo impregnado. Después del secado, se puede llevar a cabo adicionalmente una etapa de prensado según sea necesario. La etapa de prensado se puede llevar a cabo adecuadamente a través de al menos un proceso seleccionado de prensado en caliente, prensado en frío, prensado uniaxial y prensado isostático.

De acuerdo con una realización de la presente divulgación, el electrodo terminado tiene una porosidad del 0-30 %, 1-20 % o 5-10 %.

En el electrodo obtenido por el método, el material activo se recubre con la primera capa de recubrimiento y las partículas de material activo recubiertas se unen entre sí en forma punto-punto o superficie-superficie mediante el primer electrolito polimérico y/o el segundo electrolito polimérico para formar una estructura de electrodo integrada. Dicho de otro modo, el material activo de electrodo se recubre dos veces con los electrolitos poliméricos, y el material conductor se incorpora a la primera capa de recubrimiento sobre el primer recubrimiento para aumentar la disponibilidad del material conductor.

La FIG. 1a y la FIG. 1b son vistas esquemáticas que ilustran el electrodo obtenido por el método convencional. De acuerdo con la técnica relacionada, un material activo, se mezclan un electrolito sólido y un material conductor a la vez para obtener una suspensión de electrodo, que, a su vez, se recubre sobre un colector de corriente para proporcionar un electrodo.

En este caso, el material conductor también está dispuesto en una región no reactiva donde no se produce ninguna reacción electroquímica y, por tanto, una cantidad significativa del material conductor introducido en el electrodo no puede participar en la reacción. Para ello, existe la desventaja de que la disponibilidad del material conductor es baja. Además, debido a tal distribución del material conductor, la cantidad de electrolito sólido disminuye para provocar una disminución indeseable de la conductividad iónica. Para resolver el problema, se requiere llevar a cabo un proceso de prensado que incluye presionar la superficie del electrodo bajo condiciones de alta presión después de recubrir el electrodo de modo que se pueda aumentar el área de contacto entre el material activo de electrodo y el electrolito sólido. No obstante, existe el problema de que el material activo se rompe debido a la alta presión aplicada durante el proceso de prensado para provocar la degradación de la capacidad o las características de vida útil de una batería.

La FIG. 2a y la FIG. 2b son vistas esquemáticas que ilustran el electrodo de acuerdo con la presente divulgación. Haciendo referencia a la FIG. 2a y la FIG. 2b, el material conductor está dispuesto cerca de la superficie del material activo de electrodo y participa en la reacción electroquímica en una proporción elevada. Por lo tanto, es posible reducir la cantidad de material conductor. Además, incluso cuando no se aplica una presión severa durante el prensado, los sitios reactivos pueden garantizarse lo suficiente como para evitar el deterioro del electrodo. Además, es posible aumentar la transportabilidad de iones de litio y aumentar el índice de desarrollo de capacidad del material activo.

En otro aspecto, la presente divulgación proporciona una batería secundaria de iones de litio que incluye al menos un electrodo como se ha descrito anteriormente. La batería está provista de un electrodo positivo, un electrodo negativo y una membrana de electrolito polimérico interpuesta entre el electrodo positivo y el electrodo negativo. El electrodo negativo y/o el electrodo positivo pueden ser el electrodo descrito anteriormente y pueden incluir un electrolito polimérico.

De acuerdo con la presente divulgación, la membrana de electrolito polimérico está interpuesta entre el electrodo negativo y el electrodo positivo y funciona no sólo para aislar eléctricamente el electrodo negativo del electrodo positivo sino también para conducir iones de litio a su través. Se puede utilizar sin limitación particular cualquier membrana de electrolito polimérico utilizada convencionalmente en el campo de las baterías de estado sólido. De acuerdo con una realización de la presente divulgación, la membrana de electrolito polimérico se proporciona en forma de una película o membrana y puede incluir al menos uno del primer electrolito polimérico y el segundo electrolito polimérico.

Incluso en otro aspecto, la presente divulgación proporciona un módulo de batería que incluye la batería secundaria como una celda unitaria, un paquete de baterías que incluye el módulo de batería, y un dispositivo que incluye el paquete de baterías como fuente de energía eléctrica.

En el presente documento, ejemplos particulares del dispositivo pueden incluir, entre otros: herramientas eléctricas

accionadas por motor eléctrico; coches eléctricos, incluyendo vehículos eléctricos (EV), vehículos eléctricos híbridos (HEV), vehículos eléctricos híbridos enchufables (PHEV) o similares; carros eléctricos, incluidas bicicletas eléctricas (E-bicis) y scooters eléctricos (E-scooters); carritos de golf eléctricos; sistemas de almacenamiento de energía eléctrica; o similares.

Los ejemplos se describirán con más detalle a continuación en el presente documento para que la presente divulgación pueda explicarse con más detalle. Los siguientes ejemplos son meramente ilustrativos y el alcance de la presente divulgación no está limitado a los mismos.

10 Ejemplos: Fabricación del Electrodo y la Batería

Ejemplo 1

(1) Fabricación del electrodo

Para formar una suspensión, NCM811 ($\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$) como material activo de electrodo, VGCF como material conductor y primer electrolito sólido polimérico (PEO + LiFSI, relación molar 20:1) se mezclaron en una relación en peso de 90:5:5. La mezcla resultante se introdujo y se agitó con acetonitrilo para formar una suspensión de electrodo. Se preparó un colector de corriente de aluminio que tenía un espesor de 20 μm . Después, la suspensión se aplicó al colector de corriente mediante electropulverización (1,5 kV, distancia entre la boquilla giratoria y el colector de corriente: 20 cm) y el producto resultante se secó al vacío a 120 °C durante 4 horas. Después, se llevó a cabo un proceso de prensado para obtener un electrodo que tenía una carga de electrodo de 2 mAh/cm², un espesor de la capa de electrodo de 48 μm y una porosidad del 22 %. De esta manera, se formó una estructura que incluía el material activo recubierto superficialmente con el material conductor y el electrolito sólido. Al mismo tiempo, para mejorar la conductividad iónica en el electrodo, se preparó una solución de un segundo electrolito sólido polimérico (PEO + LiFSI, con una relación molar de 20:1 y luego el electrodo obtenido como se ha descrito anteriormente se impregnó con la solución y se secó al vacío a 120 °C durante 4 horas. Después de la impregnación, se obtuvo un electrodo terminado que tenía una porosidad del 10 %.

(2) Fabricación de la batería

Se utilizaron un electrodo cortado en forma circular de 1,4875 cm² y una lámina de litio metálico cortada en forma circular de 1,7671 cm² como contraelectrodo, para obtener una semicelda tipo moneda. En particular, una membrana de electrolito sólido de 50 μm (PEO + LiFSI, relación molar 20:1) se interpuso entre el electrodo y el litio metálico para formar un conjunto de electrodo, que, a su vez, se fabricó en una celda de moneda.

Ejemplo 2

Se fabricaron un electrodo y una batería de la misma manera que en el Ejemplo 1, excepto que NCM811 ($\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$) como material activo de electrodo, VGCF y un primer electrolito sólido polimérico (PEO + LiFSI, relación molar 20:1) se mezclaron en una relación en peso de 90:3:7.

Ejemplo 3

Se fabricaron un electrodo y una batería de la misma manera que en el Ejemplo 1, excepto que NCM811 ($\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$) como material activo de electrodo, VGCF y un primer electrolito sólido polimérico (carbonato de polipropileno (PPC) + LiFSI, relación molar 20:1) se mezclaron en una relación en peso de 90:3:7.

Ejemplo Comparativo 1

(1) Fabricación del electrodo

Para formar una suspensión, NCM811 ($\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$) como material activo de electrodo, VGCF como material conductor y electrolito sólido polimérico (PEO + LiFSI, relación molar 20:1) se mezclaron en una relación en peso de 82:2,8:15,2. La mezcla resultante se introdujo y se agitó con acetonitrilo para formar una suspensión de electrodo. Se preparó un colector de corriente de cobre con un espesor de 20 μm y luego se aplicó la suspensión al colector de corriente y se secó al vacío a 120 °C durante 4 horas. Después, se llevó a cabo un proceso de prensado para obtener un electrodo que tenía una carga de electrodo de 2 mAh/cm², un espesor de la capa de electrodo de 48 μm y una porosidad del 10 %.

(2) Fabricación de la batería

Se utilizaron un electrodo cortado en forma circular de 1,4875 cm² y una lámina de litio metálico cortada en forma circular de 1,7671 cm² como contraelectrodo, para obtener una semicelda tipo moneda. En particular, una membrana de electrolito sólido de 50 μm (PEO + LiFSI, relación molar 20:1) se interpuso entre el electrodo y el litio metálico para formar un conjunto de electrodo, que, a su vez, se fabricó en una celda de moneda.

Ejemplo Comparativo 2

- 5 Se fabricaron un electrodo y una batería de la misma manera que en el Ejemplo Comparativo 1, excepto que NCM811 como material activo de electrodo, VGCF como material conductor y electrolito sólido polimérico (PEO + LiFSI, relación molar 20:1) se mezclaron en una relación en peso de 82:5,5:12,5.

Ejemplo Comparativo 3

- 10 Se fabricaron un electrodo y una batería de la misma manera que en el Ejemplo Comparativo 1, excepto que NCM811 como material activo de electrodo, VGCF como material conductor y electrolito sólido polimérico (PEO/PPC (1:1) LiFSI, relación molar 20:1) se mezclaron en una relación en peso de 82:5,5:12,5.

Ejemplo Comparativo 4

- 15 (1) Fabricación del electrodo

- Para formar una suspensión, NCM811 ($\text{LiNi}_{0,8}\text{Co}_{0,1}\text{Mn}_{0,1}\text{O}_2$) como material activo de electrodo, VGCF como material conductor y primer electrolito sólido polimérico (PEO + LiFSI, relación molar 20:1) se mezclaron en una relación en peso de 90:3:7. La mezcla resultante se introdujo y se agitó con acetonitrilo para formar una suspensión de electrodo. Se preparó un colector de corriente de cobre con un espesor de 20 μm y luego se aplicó la suspensión al colector de corriente y se secó al vacío a 120 °C durante 4 horas. Después, se llevó a cabo un proceso de prensado para obtener un electrodo que tenía una carga de electrodo de 2 mAh/cm², un espesor de la capa de electrodo de 48 μm y una porosidad del 25 %. De esta manera, se formó una estructura que incluía el material activo recubierto superficialmente con el material conductor y el electrolito sólido. Al mismo tiempo, para mejorar la conductividad iónica en el electrodo, se preparó una solución de un segundo electrolito sólido polimérico (PEO + LiFSI, con una relación molar de 20:1 y luego el electrodo obtenido como se ha descrito anteriormente se impregnó con la solución y se secó al vacío a 120 °C durante 4 horas. Después de la impregnación, se obtuvo un electrodo terminado que tenía una porosidad del 10 %.

- 30 (2) Fabricación de la batería

- Se utilizaron un electrodo cortado en forma circular de 1,4875 cm² y una lámina de litio metálico cortada en forma circular de 1,7671 cm² como contraelectrodo, para obtener una semicelda tipo moneda. En particular, una membrana de electrolito sólido de 50 μm (PEO + LiFSI, relación molar 20:1) se interpuso entre el electrodo y el litio metálico para formar un conjunto de electrodo, que, a su vez, se fabricó en una celda de moneda.

Ejemplo de ensayo 1: Evaluación de la resistencia eléctrica de la capa de material activo en el electrodo

- 40 Se determinó la resistencia eléctrica de cada uno de los electrodos de acuerdo con los Ejemplos 1-3 y los Ejemplos Comparativos 1-4 usando un comprobador de MP. Los resultados se muestran en las siguientes Tablas 1 y 2.

Ejemplo de ensayo 2: Evaluación de la capacidad de descarga inicial y las características de vida

- 45 Cada una de las baterías de acuerdo con los Ejemplos 1-3 y los Ejemplos Comparativos 1-4 se sometió a carga/descarga y se evaluaron la capacidad de descarga inicial y el mantenimiento de la capacidad. Al mismo tiempo, para realizar evaluaciones de las características de vida, la carga/descarga se llevó a cabo a 60 °C por debajo de 0,05 C, terminándose el ciclo 30º en un estado descargado y se evaluó el mantenimiento de la capacidad.

- 50 Condición de carga: Corriente constante (CC) / Tensión constante (CV) (corte de corriente de 4,0 V o 4,25 V, 0,005 C)
Condición de descarga: Condición de corriente constante (CC) 3 V

- El mantenimiento de la capacidad se dedujo calculando la relación de la capacidad de descarga después del ciclo 30º basándose en la capacidad de la primera descarga. Los resultados se muestran en las siguientes Tablas 1 y 2.

Ejemplo de ensayo 3: Evaluación de las características de salida

- 60 Se evaluaron las características de salida de cada una de las baterías de acuerdo con los Ejemplos 1-3 y los Ejemplos Comparativos 1-4. La capacidad a 0,2 C se comparó con la capacidad a 0,05 C y 4,0 V. Los resultados se muestran en las siguientes Tablas 1 y 2.

[Tabla 1]

Ejemplo	Resistencia eléctrica del material activo	Capacidad de descarga (mAh/g, 4,0 V)	Mantenimiento de la capacidad de descarga (% 30 ciclos, 4,0 V)	Capacidad de descarga (mAh/g, 4,25V)	Mantenimiento de la capacidad de descarga (% 30 ciclos, 4,25 V)	Características de salida (% 0,2 C/0,05 C, 4,0 V)
	capa (ohmios*cm)		4,0 V)			
1	10,8	138	94			76
2	12,1	135	95	170	86	73
3	12,3	136	95	178	94	72

[Tabla 2]

Ej. Comp.	Resistencia eléctrica de la capa de material activo (ohm*cm)	Capacidad de descarga (mAh/g, 4,0 V)	Mantenimiento de la capacidad de descarga (% 30 ciclos, 4,0 V)	Capacidad de descarga (mAh/g, 4,25V)	Mantenimiento de la capacidad de descarga (% 30 ciclos, 4,25 V)	Características de salida (% 0,2 C/0,05 C, 4,0 V)
1	34,4	126	89			
2	20,8	129	91			
3	21,1	130	91	173	89	65
4	14,2	140	94	173	88	73

- 5 Como puede verse a partir de lo anterior, de acuerdo con la presente divulgación, es posible mejorar la estructura de un electrodo para una batería de estado sólido y reducir eficazmente la cantidad de material conductor. Por tanto, es posible aumentar la cantidad de un electrolito sólido para proporcionar una mayor relación de desarrollo de capacidad derivada de una conductividad iónica mejorada. Además, dicha electroconductividad mejorada en el electrodo permite mejorar las características de salida. Adicionalmente, dado que un electrolito sólido PPC estable frente a alta tensión
- 10 está recubierto sobre la superficie de un material activo, es posible aumentar la capacidad de un electrodo positivo según lo determinado a partir de la tensión límite superior del electrodo positivo de 4,25 V aumentado de 4,0 V en el caso de PEO. También es posible mejorar la estabilidad a la oxidación.

[Descripción de los números de dibujo]

- 15 100: Electrodo
110: Colector de corriente
120: Capa de material activo de electrodo
121: Partículas de material activo de electrodo
- 20 122: Primera y segunda capas de recubrimiento
122a: Primera capa de recubrimiento 122b: Segunda capa de recubrimiento
123: Material conductor
130: Electropulverización
131: Suspensión para formar el electrodo
- 25 140: Boquilla tipo rociador
141: Electrolito polimérico líquido

REIVINDICACIONES

1. Un método para fabricar un electrodo para una batería de estado sólido, que comprende las etapas de:

5 (S10) preparar una suspensión para formar un electrodo que comprende:

- un primer electrolito polimérico, o el primer electrolito polimérico y una resina aglutinante,
- un material conductor, y
- una pluralidad de partículas de material activo de electrodo;

10

(S20) recubrir la superficie de un colector de corriente con la suspensión; y
(S30) impregnar el producto de (S20) con un segundo electrolito polimérico,
en donde la etapa (S20) se lleva a cabo mediante un proceso de electropulverización.

15

2. El método para fabricar un electrodo para una batería de estado sólido de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el producto de (S20) comprende las partículas de material activo de electrodo con una superficie al menos parcialmente recubierta con el primer electrolito polimérico.

20

3. El método para fabricar un electrodo para una batería de estado sólido de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además la etapa (S40) de secar el producto obtenido de (S30), en donde el producto de (S40) es un electrodo en el que la pluralidad de partículas de material activo de electrodo están unidas entre sí por al menos uno del primer electrolito polimérico y el segundo electrolito polimérico para formar una estructura integrada.

FIG. 1a

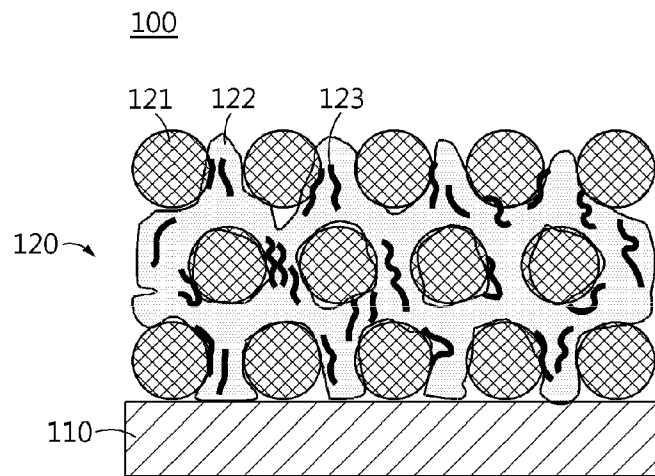


FIG. 1b

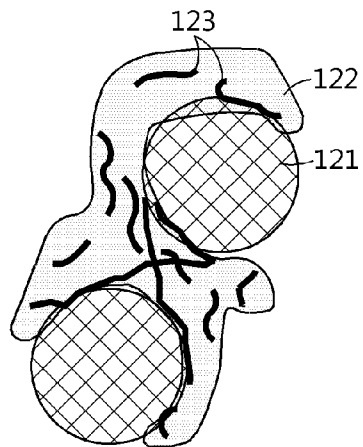


FIG. 2a

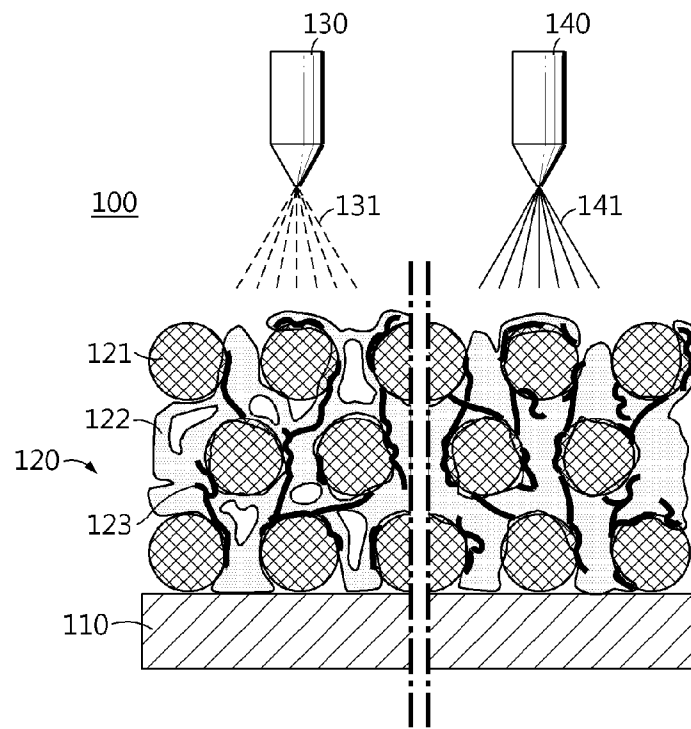


FIG. 2b

