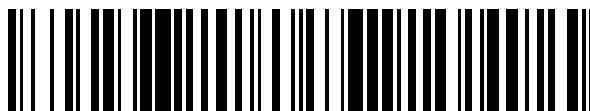


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 938 368**

51 Int. Cl.:

H01M 50/417 (2011.01)

H01M 50/46 (2011.01)

H01M 10/0525 (2010.01)

H01M 4/13 (2010.01)

H01M 50/489 (2011.01)

H01M 4/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.06.2018** **PCT/JP2018/023990**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.01.2019** **WO19009121**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.06.2018** **E 18827417 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.01.2023** **EP 3651257**

54 Título: **Elemento de batería secundaria de iones de litio y batería secundaria de iones de litio**

30 Prioridad:

07.07.2017 JP 2017133277

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

10.04.2023

73 Titular/es:

**ENVISION AESC JAPAN LTD. (100.0%)
10-1, Hironodai 2-chome, Zama-shi
Kanagawa 2520012, JP**

72 Inventor/es:

**TANAKA, SHIN;
OHARA, KENJI;
NAGASHIMA, SATOSHI y
IRIYAMA, JIRO**

74 Agente/Representante:

PONTI & PARTNERS, S.L.P.

ES 2 938 368 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

Elemento de batería secundaria de iones de litio y batería secundaria de iones de litio

5 CAMPO TÉCNICO

[0001] La presente invención se refiere a una batería de electrolito no acuoso, particularmente a una batería secundaria de iones de litio y a un elemento de batería secundaria de iones de litio que forma la batería secundaria de iones de litio.

10

ANTECEDENTES DE LA TÉCNICA

[0002] El documento US 2012/141887 A1 que menciona una mejora de las características del ciclo de una batería secundaria de alta capacidad que contiene un material activo empaquetado a una alta densidad, mediante el uso de un material activo particulado que tiene una baja relación de aspecto, describe una batería secundaria de electrolito no acuoso que comprende un electrodo negativo y un electrodo positivo, cada uno capaz de absorber/liberar litio, un separador y una solución electrolítica no acuosa que comprende un disolvente no acuoso y una sal de litio, donde el separador comprende una película porosa fabricada de una resina termoplástica que contiene una carga inorgánica, y se cumple al menos cualquiera de lo siguiente: el material activo contenido en el electrodo negativo es un material activo particulado que tiene una relación de aspecto de 1,02 a 3; y el material activo contenido en el electrodo positivo es un material activo particulado que tiene una relación de aspecto de 1,02 a 2,2.

[0003] Las baterías de electrolitos no acuosos se han utilizado en la práctica como baterías para vehículos que incluyen vehículos híbridos, vehículos eléctricos y similares. Los ejemplos de tales baterías para fuentes de energía en vehículos incluyen una batería secundaria de iones de litio. Se ha requerido que la batería secundaria de iones de litio tenga varias características tales como una característica de potencia de salida, densidad de energía, capacidad, vida útil y estabilidad a altas temperaturas. En particular, con el fin de mejorar la estabilidad y la vida útil de la batería, se ha mejorado de diversas maneras una estructura de batería que incluye un electrodo y una solución electrolítica.

[0004] En particular, se requiere que la batería secundaria de iones de litio para vehículos híbridos (batería para HEV) tenga tanto una alta potencia de salida como seguridad. Asimismo, se requiere que una batería de este tipo alcance el estado de alta potencia de salida inmediatamente después de que la batería funcione (descargue) y mantenga el estado de alta potencia de salida. Es decir, la batería para HEV alcanza la alta potencia de salida debido a la corriente que fluye después de que la batería funcione (descargue) pero, a medida que el voltaje disminuye, la potencia de salida disminuye. En vista de esto, es deseable mantener la potencia de salida durante un largo tiempo manteniendo el voltaje superior o igual a un cierto valor durante un cierto período de tiempo. Cuando los miembros de la batería están diseñados para lograr la alta potencia de salida de la batería, la difusión de iones de litio se convierte en un factor determinante de la velocidad. Por lo tanto, hay una limitación en el tiempo durante el cual se puede mantener el voltaje de la batería. Es deseable prolongar el tiempo durante el cual se mantiene la potencia de salida manteniendo el voltaje de la batería por encima de tal limitación.

[0005] Se ha sugerido una batería secundaria de iones de litio con la seguridad mejorada al impedir la generación de calor de la batería (Bibliografía de patente 1). El documento JP-A-2017-33826 sugiere mantener alta la potencia de salida de una batería sin mermar la seguridad considerando el equilibrio entre el índice de generación de calor de la batería y la contracción térmica de un separador.

RESUMEN DE LA INVENCION

PROBLEMAS A RESOLVER POR LA INVENCION

50

[0006] En la técnica convencional según el documento JP-A-2017-33826, la resistencia al calor de una batería para HEV se mejora principalmente mediante el uso de un separador cerámico. Sin embargo, debido a la presencia de la capa cerámica, el separador se vuelve más grueso. Por lo tanto, la distancia entre una superficie de un colector de corriente de electrodo negativo y una capa de material activo de electrodo positivo puede ser mayor. En este caso, ha habido margen de mejora en la prolongación del tiempo durante el cual se mantiene aún más la potencia máxima de la batería haciendo que la batería mantenga el voltaje que es superior o igual a un cierto nivel.

[0007] Un objeto de la presente invención es proporcionar un elemento para una batería secundaria de iones de litio con alta potencia de salida que pueda mantener un voltaje, que se degrada a medida que fluye la corriente después de que funcione (descargue) una batería, para que sea superior o igual a un cierto valor durante un cierto período de tiempo.

SOLUCION A LOS PROBLEMAS

[0008] Un elemento de batería secundaria de iones de litio según una realización de la presente invención

incluye un electrodo positivo, un separador y un electrodo negativo que están apilados. El electrodo positivo incluye una capa de material activo de electrodo positivo formada por aplicación de una mezcla de material activo de electrodo positivo, y el electrodo negativo incluye una capa de material activo de electrodo negativo formada por aplicación de una mezcla de material activo de electrodo negativo. El separador es una película de poliolefina estirada uniaxialmente y que tiene una permeabilidad al aire inferior o igual a 100 segundos/100 mililitros, y después de que una batería secundaria de iones de litio que incluye el elemento de batería secundaria de iones de litio se ha cargado y descargado una vez, un total de un espesor del separador y un espesor de la capa de material activo de electrodo negativo formada en una superficie del electrodo negativo es inferior o igual a 50 micrómetros.

10 EFECTOS DE LA INVENCION

[0009] Mediante el uso de un elemento de batería secundaria de iones de litio según la presente invención, se puede proporcionar una batería para HEV que puede mantener la alta potencia de salida considerando el equilibrio entre la permeabilidad al aire del separador y la distancia de movimiento sustancial de los iones de litio.

15 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0010] La FIG. 1 es una vista en sección transversal esquemática de una batería secundaria de iones de litio según una realización de la presente invención.

20 DESCRIPCIÓN DE LAS REALIZACIONES

[0011] Se describe en lo sucesivo en el presente documento una realización de la presente invención. Un elemento de batería secundaria de iones de litio según la realización incluye un electrodo positivo, un separador y un electrodo negativo que están apilados. El electrodo positivo incluye una capa de material activo de electrodo positivo formada por aplicación de una mezcla de material activo de electrodo positivo. El electrodo negativo incluye una capa de material activo de electrodo negativo formada por aplicación de una mezcla de material activo de electrodo negativo. En la realización, el electrodo positivo es un miembro de batería rectangular en forma de placa u hoja fina que incluye una capa de material activo de electrodo positivo. La capa de material activo de electrodo positivo se forma secando un colector de corriente de electrodo positivo tal como una lámina metálica sobre la que se aplica o enrolla una mezcla (mezcla de material activo de electrodo positivo) que incluye un material activo de electrodo positivo, un aglutinante y, si es necesario, un agente conductor. El electrodo negativo es un miembro de batería rectangular en forma de placa u hoja fina que incluye una capa de material activo de electrodo negativo. La capa de material activo de electrodo negativo se forma por aplicación de una mezcla (mezcla de material activo de electrodo negativo) que incluye un material activo de electrodo negativo, un aglutinante y, si es necesario, un agente conductor en un colector de corriente de electrodo negativo. El separador es un miembro de batería en forma de película para separar el electrodo positivo y el electrodo negativo con el fin de asegurar la conductividad de los iones de litio entre el electrodo negativo y el electrodo positivo. Mediante el electrodo positivo, el electrodo negativo y el separador que están apilados, se forma el elemento de batería secundario de iones de litio según la realización.

[0012] En el elemento de batería secundaria de iones de litio según la realización, el separador es una película de poliolefina estirada uniaxialmente. La poliolefina es un compuesto obtenido por polimerización o copolimerización de una α -olefina tal como etileno, propileno, buteno, penteno o hexeno. Los ejemplos de los mismos incluyen polietileno, polipropileno, polibuteno, polipenteno, polihexeno y un copolímero de los mismos. La película estirada uniaxialmente es una película obtenida por estiramiento de una poliolefina en una dirección longitudinal. La película estirada uniaxialmente tiene una alta resistencia en una dirección de estiramiento y una alta resistencia contra la torsión. La película estirada uniaxialmente tiene una propiedad de contracción térmica. La película estirada uniaxialmente tiene preferentemente una estructura que incluye poros que se cierran cuando se aumenta la temperatura de la batería. Es decir, la película estirada uniaxialmente es preferentemente una película de poliolefina porosa o microporosa. Dado que la película de poliolefina tiene tal estructura, incluso si la temperatura de la batería aumentara, el separador se cierra (deja de funcionar) para bloquear el flujo iónico. Es decir, cuando la película de poliolefina estirada uniaxialmente se contrae con el calentamiento de la batería, los poros se cierran. Por lo tanto, se puede evitar el cortocircuito entre el electrodo positivo y el electrodo negativo. Para lograr el efecto de parada, es particularmente preferible utilizar la película de polietileno porosa.

[0013] El separador del elemento de batería secundaria de iones de litio según la presente realización tiene una permeabilidad al aire inferior o igual a 100 segundos/100 mililitros. La permeabilidad al aire es el tiempo requerido para que el aire con un volumen predeterminado penetre en un área unitaria bajo una presión unitaria. La permeabilidad al aire también se denomina "permeabilidad de Gurley" o "impermeabilidad". En la presente memoria descriptiva, se utiliza la expresión "permeabilidad al aire". La unidad de la permeabilidad al aire es [segundos/100 mililitros]. Es decir, la permeabilidad al aire es el valor que expresa cuántos segundos tardan 100 mililitros de aire en penetrar en el área unitaria. A medida que este valor es mayor, el aire penetra con menos facilidad. El separador utilizado en la realización es una película porosa con una permeabilidad al aire particular. A medida que se descargan más iones de litio por área de la batería, es decir, se mueven más iones de litio por área unitaria, la potencia de salida de la batería está más influenciada por la permeabilidad al aire del separador. Se puede decir que a medida que se

mueven más iones de litio, el hecho de que el separador pase fácilmente los iones de litio tiene una mayor influencia en la potencia de salida de la batería. La batería secundaria de iones de litio del tipo de alta potencia de salida necesita mantener el voltaje predeterminado después de la descarga corta. Por lo tanto, es necesario seleccionar el separador apropiado para que el separador no interrumpa el movimiento de los iones de litio. En base a la permeabilidad al aire del separador, se puede seleccionar el separador preferible.

[0014] En la presente realización, el separador puede ser una película estirada uniaxialmente que está reticulada. Como se describió anteriormente, la película estirada uniaxialmente tiene la propiedad de contraerse cuando se calienta. Por lo tanto, cuando la batería se sobrecalienta, la película se contrae y el separador deja de funcionar. Sin embargo, cuando la película tiene una gran contracción térmica, el área de la película cambia en gran medida. Por lo tanto, por el contrario, puede fluir una gran corriente. La película estirada uniaxialmente reticulada tiene una contracción térmica apropiada. Por lo tanto, incluso si se sobrecalienta, tal película no cambia mucho de área, y la película se contrae solo por los poros cerrados.

[0015] En el elemento de batería secundaria de iones de litio según la realización, después de que la batería secundaria de iones de litio que incluye el elemento de batería secundaria de iones de litio se ha cargado y descargado una vez, el total del espesor del separador y el espesor de la capa de material activo de electrodo negativo formada en una superficie del electrodo negativo es inferior o igual a 50 micrómetros. El espesor del separador es el espesor promedio de todo el separador. El espesor de la capa de material activo de electrodo negativo formada en una superficie del electrodo negativo es el espesor promedio de toda la capa de material activo de electrodo negativo formada, por ejemplo, presionando la mezcla de material activo de electrodo negativo aplicada en una superficie del colector de corriente de electrodo negativo. A medida que la batería secundaria de iones de litio que incluye el electrodo negativo que incluye la capa de material activo de electrodo negativo formada se carga y descarga, cambia el espesor de la capa de material activo de electrodo negativo. En general, la capa de material activo de electrodo negativo después de la carga y descarga tiene un espesor mayor que la capa de material activo de electrodo negativo antes de la carga y descarga. En la presente realización, en la expresión "el total del espesor del separador y el espesor de la capa de material activo de electrodo negativo formada en una superficie del electrodo negativo", el espesor de la capa de material activo de electrodo negativo significa el espesor de la capa de material activo de electrodo negativo después de que la batería secundaria de iones de litio que incluye el elemento de batería secundaria de iones de litio según la presente realización se ha cargado y descargado una vez. En este caso, "después de que se ha cargado y descargado una vez" significa todo el período después de la carga y descarga iniciales de la batería secundaria de iones de litio. Es decir, "después de que se ha cargado y descargado una vez" incluye no solo después de la carga y descarga iniciales, sino también después de la segunda carga y descarga y la posterior carga y descarga. En la fabricación del elemento de batería secundaria de iones de litio, es preferible formar la capa de material activo de electrodo negativo por control de modo que el espesor total de la capa de material activo de electrodo negativo (una superficie) que se mide después de que la batería secundaria de iones de litio que incluye el elemento de batería secundaria de iones de litio según la presente realización se ha cargado y descargado inicialmente, y el espesor del separador sea inferior o igual a 50 micrómetros. El total del espesor del separador y el espesor de la capa de material activo de electrodo negativo formada en una superficie del electrodo negativo es la distancia de movimiento máxima del ion litio que se ha movido del electrodo negativo a la superficie del electrodo positivo en el lado en contacto con el separador cuando se descarga la batería. Esta distancia (longitud) es preferentemente inferior o igual a 50 micrómetros. Teniendo en cuenta el espesor del separador que se utiliza generalmente y el espesor sustancial de la capa de material activo de electrodo negativo, el espesor total del espesor del separador y el espesor de la capa de material activo de electrodo negativo formada en una superficie del electrodo negativo es preferentemente superior o igual a 10 micrómetros e inferior o igual a 40 micrómetros.

[0016] A continuación, se describen con más detalle los miembros del elemento de batería secundaria de iones de litio. El electrodo positivo que se puede utilizar en cada realización incluye la capa de material activo de electrodo positivo formada por aplicación de la mezcla de material activo de electrodo positivo. El electrodo positivo incluye la capa de material activo de electrodo positivo obtenida por secado de la mezcla del material activo de electrodo positivo, el aglutinante y, en algunos casos, el agente conductor que se aplican o enrollan en el colector de corriente de electrodo positivo que incluye una lámina metálica tal como una lámina de aluminio. Preferentemente, la capa de material activo de electrodo positivo es una capa porosa o microporosa que incluye poros. En cada realización, la capa de material activo de electrodo positivo incluye preferentemente óxido compuesto de litio y níquel como material activo de electrodo positivo. El óxido compuesto de litio y níquel es óxido compuesto de metal de transición que contiene litio y níquel, y se expresa mediante una fórmula general $\text{Li}_x\text{Ni}_y\text{Me}_{(1-y)}\text{O}_2$ (en este caso, Me es al menos un tipo de metal seleccionado del grupo que consiste en Al, Mn, Na, Fe, Co, Cr, Cu, Zn, Ca, K, Mg y Pb).

[0017] La capa de material activo de electrodo positivo puede incluir óxido compuesto de litio y manganeso como material activo de electrodo positivo. Los ejemplos del óxido compuesto de manganeso y litio incluyen óxido de litio y manganeso (LiMnO_2) con una estructura en capas en zigzag y óxido de litio y manganeso con una estructura de espinela (LiMn_2O_4). Al utilizar el óxido compuesto de litio y manganeso en combinación, el electrodo positivo se puede fabricar a un costo menor. En particular, es preferible utilizar el óxido de litio y manganeso de tipo espinela (LiMn_2O_4), que es superior en cuanto a la estabilidad de la estructura cristalina en un estado sobrecargado. Si se contiene el material activo de electrodo positivo de litio y manganeso, el contenido es preferentemente del 70 % en peso o menos,

más preferentemente del 30 % en peso o menos, del peso del material activo de electrodo positivo. En el caso de utilizar el electrodo positivo mixto, si el material activo de electrodo positivo incluye una cantidad excesiva de óxido compuesto de litio y manganeso, se forma fácilmente una batería parcial entre el electrodo positivo mixto y un depósito que se deriva de una materia extraña metálica y que puede entrar en la batería y, en este caso, fluye fácilmente una corriente de cortocircuito.

[0018] La capa de material activo de electrodo positivo incluye en particular preferentemente como material activo de electrodo positivo, óxido compuesto de litio, níquel, manganeso y cobalto con una estructura cristalina en capas que se expresa mediante una fórmula general $\text{Li}_x\text{Ni}_y\text{Co}_z\text{Mn}_{(1-y-z)}\text{O}_2$. Aquí, en la fórmula general, x es un número positivo que cumple $1 < x < 1,2$, y y z son números positivos que cumplen $y + z < 1$, e y es un valor de 0,5 o menos. Al contener más manganeso, resulta difícil sintetizar el óxido compuesto en una sola fase. Por lo tanto, es deseable que se cumpla que $1 - y - z < 0,4$. Asimismo, al contener más cobalto, el coste es mayor y la capacidad menor. Por lo tanto, es deseable que se cumpla que $z < y$ y $y + z < 1 - y - z$. Con el fin de lograr la batería de alta capacidad, es particularmente preferible que se cumpla que $y > 1 - y - z$ e $y > z$. El óxido compuesto de litio y níquel expresado por esta fórmula general es óxido compuesto de litio, níquel, cobalto y manganeso (en lo sucesivo en el presente documento también denominado "NCM"). NCM es óxido compuesto de litio y níquel que se utiliza adecuadamente con el fin de lograr la mayor capacidad de la batería. Por ejemplo, el óxido compuesto expresado por una fórmula general $\text{Li}_x\text{Ni}_y\text{Co}_z\text{Mn}_{(1,0-y-z)}\text{O}_2$ en la que $x = 1$, $y = 0,4$ y $z = 0,3$ se denomina "NCM433", el óxido compuesto en el que $x = 1$, $y = 0,5$ y $z = 0,2$ se denomina "NCM523" y el óxido compuesto en el que $x = 1$, $y = 1/3$ y $z = 1/3$ se denomina "NCM111".

[0019] Los ejemplos del aglutinante utilizado para la capa de material activo de electrodo positivo incluyen: resinas de flúor tales como fluoruro de polivinilideno (PVDF), politetrafluoroetileno (PTFE) y fluoruro de polivinilo (PVF); polímeros conductivos tales como polianilinas, politiofenos, poliacetilenos y polipirroles; caucho sintético tal como caucho de estireno-butadieno (SBR), caucho de butadieno (BR), caucho de cloropreno (CR), caucho de isopreno (IR) y caucho de acrilonitrilo-butadieno (NBR); y polisacáridos tales como carboximetilcelulosa (CMC), goma xantana, goma guar y pectina.

[0020] Los ejemplos del agente conductivo que se pueden utilizar para la capa de material activo de electrodo positivo incluyen materiales de carbono que incluyen fibra de carbono tal como nanofibra de carbono, negro de carbón tal como negro de acetileno o negro de Ketjen, carbón activado, grafito, carbono mesoporoso, fullerenos y nanotubos de carbono. Asimismo, la capa de material activo de electrodo positivo puede contener un aditivo de electrodo que se utiliza generalmente para formar el electrodo, tal como espesante, dispersante y estabilizador.

[0021] El electrodo negativo que se puede utilizar en cada realización incluye la capa de material activo de electrodo negativo formada aplicando la mezcla de material activo de electrodo negativo. El electrodo negativo incluye la capa de material activo de electrodo negativo obtenida por secado de la mezcla del material activo de electrodo negativo, el aglutinante y, en algunos casos, el agente conductivo que se aplica o enrolla en el colector de corriente de electrodo negativo que incluye una lámina metálica tal como una lámina de cobre. La capa de material activo de electrodo negativo es preferentemente una capa porosa o microporosa que incluye poros. En cada realización, el material activo de electrodo negativo incluye grafito. En particular, la capa de material activo de electrodo negativo que incluye grafito es ventajosa para mejorar la potencia de salida de la batería incluso cuando el estado de carga (SOC) de la batería es bajo. El grafito es un material de carbono cristalino hexagonal que tiene una estructura cristalina similar a una placa hexagonal, y también se denomina plomo negro, grafito o similares. La forma del grafito es preferentemente similar a una partícula.

[0022] Los ejemplos de grafito incluyen grafito natural y grafito artificial. El grafito natural es barato y se puede obtener en grandes cantidades, y tiene una estructura estable y una excelente durabilidad. El grafito artificial es el grafito producido artificialmente. Dado que el grafito artificial tiene una alta pureza (apenas contiene impurezas como alótropos), el grafito artificial tiene una baja resistencia eléctrica. El grafito natural o el grafito artificial se pueden utilizar adecuadamente en la presente realización. También se puede utilizar grafito natural que incluye el recubrimiento de carbono amorfo o grafito artificial que incluye el recubrimiento de carbono amorfo.

[0023] El carbono amorfo puede incluir, en una parte, una estructura similar al grafito. Aquí, el carbono amorfo es el material de carbono que es amorfo en su totalidad, con una estructura en la que los microcristales están conectados en red de forma aleatoria. Los ejemplos del carbono amorfo incluyen negro de carbón, coque, carbón activado, fibra de carbono, carbono duro, carbono blando y carbono mesoporoso.

[0024] Estos materiales activos de electrodo negativo pueden mezclarse para utilizarse en algunos casos. Como alternativa, se puede utilizar grafito cubierto con carbono amorfo. Cuando el material de carbono mixto que incluye tanto las partículas de grafito como las partículas de carbono amorfo se utiliza como material activo de electrodo negativo, se mejora el rendimiento de regeneración de la batería. Cuando las partículas de grafito natural que incluyen el recubrimiento del carbono amorfo o el grafito artificial que incluye el recubrimiento del carbono amorfo se utilizan como material de carbono del material activo de electrodo negativo, se suprime la descomposición de la solución electrolítica; por lo tanto, se mejora la durabilidad del electrodo negativo.

[0025] En el caso de utilizar el grafito artificial, el grafito artificial tiene preferentemente un valor de distancia entre capas d (d_{002}) de 0,337 nm o más. La estructura del cristal del grafito artificial suele ser más delgada que la del grafito natural. En el caso de utilizar el grafito artificial como material activo de electrodo negativo para una batería secundaria de iones de litio, el grafito artificial cumple una condición de tener la distancia entre capas que permite la intercalación de iones de litio. La distancia entre capas que permite la intercalación y desintercalación de iones de litio se estima en función del valor d (d_{002}). Cuando el valor d es de 0,337 nm o más, la intercalación y desintercalación de iones de litio son posibles sin problema.

[0026] Los ejemplos del aglutinante utilizado para la capa de material activo de electrodo negativo incluyen: resinas de flúor tales como fluoruro de polivinilideno (PVDF), politetrafluoroetileno (PTFE) y fluoruro de polivinilo (PVF); polímeros conductivos tales como polianilinas, poliofenos, poliacetilenos y polipirroles; caucho sintético tal como caucho de estireno-butadieno (SBR), caucho de butadieno (BR), caucho de cloropreno (CR), caucho de isopreno (IR) y caucho de acrilonitrilo-butadieno (NBR); y polisacáridos tales como carboximetilcelulosa (CMC), goma xantana, goma guar y pectina.

[0027] Los ejemplos del agente conductivo que se pueden utilizar para la capa de material activo de electrodo negativo incluyen materiales de carbono que incluyen fibra de carbono tal como nanofibra de carbono, negro de carbón tal como negro de acetileno o negro de Ketjen, carbón activado, carbono mesoporoso, fullerenos y nanotubos de carbono. Asimismo, la capa de material activo de electrodo negativo puede contener un aditivo de electrodo que se utiliza generalmente para formar el electrodo, tal como espesante, dispersante y estabilizador.

[0028] En el electrodo positivo y el electrodo negativo que se pueden emplear en cada realización, la capa de material activo de electrodo que incluye el material activo de electrodo positivo o el material activo de electrodo negativo descrito anteriormente está dispuesta en el colector de corriente de electrodo. Cada capa de material activo de electrodo tiene un espesor de preferentemente 10 a 100 μm , más preferentemente de 25 a 50 μm en cada superficie. Si el espesor de la capa de material activo de electrodo es demasiado pequeño, es difícil formar la capa de material activo de electrodo uniforme, lo cual es desventajoso. Por otro lado, si el espesor de la capa de material activo de electrodo es demasiado grande, el rendimiento de carga y descarga a una velocidad alta puede deteriorarse, lo cual es desventajoso. Con respecto al espesor de la capa de material activo de electrodo negativo, es necesario que el espesor total de la capa de material activo de electrodo negativo y del separador sea inferior o igual a 50 micrómetros después de que la batería secundaria de iones de litio que incluye el elemento de batería secundaria de iones de litio se ha cargado y descargado una vez. Por lo tanto, el espesor de la capa de material activo de electrodo negativo es preferentemente de 10 a 40 μm .

[0029] El separador que se utiliza en cada realización es la película de poliolefina estirada uniaxialmente como se describió anteriormente. El separador puede incluir una capa de micropartículas resistente al calor en algunos casos. En estos casos, la capa de micropartículas resistente al calor proporcionada para evitar el sobrecalentamiento de la batería puede resistir el calor de 150 °C o más, e incluye micropartículas inorgánicas que son estables en una reacción electroquímica. Los ejemplos de tales micropartículas inorgánicas incluyen óxido inorgánico que incluye sílice, alúmina (α -alúmina, β -alúmina y θ -alúmina), óxido de hierro, óxido de titanio, titanato de bario, óxido de circonio o similares, y minerales tales como boehmita, zeolita, apatita, caolín, espinela, mica y mullita. También se puede utilizar un separador cerámico que incluye la capa resistente al calor como se ha indicado anteriormente. Sin embargo, para hacer que el total del espesor del separador y del espesor de la capa de material activo de electrodo negativo formada en una superficie del electrodo negativo sea inferior o igual que 50 micrómetros después de que la batería secundaria de iones de litio que incluye el elemento de batería secundaria de iones de litio se ha cargado y descargado una vez, es deseable utilizar la película de poliolefina excluyendo la capa de micropartículas resistente al calor tanto como sea posible.

[0030] Cada uno del electrodo positivo, del separador y del electrodo negativo tiene una forma de hoja independiente. Estos miembros se apilan con el separador interpuesto entre la hoja de electrodo positivo y la hoja de electrodo negativo, de modo que se forme el elemento de batería secundaria de iones de litio con la forma de hoja. El elemento de batería secundaria de iones de litio con la forma de hoja se impregna con la solución electrolítica y se sella adicionalmente con el paquete; por lo tanto, se puede formar la batería secundaria de iones de litio. Sellar significa cubrir con un material de paquete relativamente blando de modo que al menos una parte del elemento de batería secundaria de iones de litio no quede expuesta al aire externo. El paquete de la batería secundaria de iones de litio según la realización es una carcasa o un paquete en forma de bolsa formado por un material relativamente blando. Este paquete tiene una propiedad de barrera contra los gases y puede sellar el elemento de batería secundaria de iones de litio. Un ejemplo preferible del paquete es una hoja laminada de aluminio que incluye una pila de una lámina de aluminio y polipropileno o similares. Como alternativa, la batería secundaria de iones de litio puede ser de cualquier otro tipo, tal como una batería de tipo bobina, una batería de tipo laminado o una batería de tipo enrollado.

[0031] La solución electrolítica es una solución eléctricamente conductiva en la que una sustancia iónica se disuelve en un disolvente. En la presente realización, en particular, se puede utilizar una solución electrolítica no acuosa. El elemento de batería secundaria de iones de litio que incluye el electrodo positivo, el electrodo negativo y el separador que están apilados e incluyen la solución electrolítica constituye una unidad de miembros componentes

principales de la batería. Habitualmente, una pluralidad de electrodos positivos rectangulares y una pluralidad de electrodos negativos rectangulares se apilan con una pluralidad de separadores rectangulares interpuestos entre los mismos. Esta pila se impregna con la solución electrolítica. La solución electrolítica que se utiliza en cada realización de la presente memoria descriptiva es la solución electrolítica no acuosa. Esta solución electrolítica no acuosa es preferentemente una mezcla que contiene: un carbonato lineal tal como carbonato de dimetilo (DMC), carbonato de dietilo (DEC), carbonato de etilmetilo (EMC), carbonato de di-n-propilo, carbonato de di-t-propilo, carbonato de di-n-butilo, carbonato de diisobutilo o carbonato de di-t-butilo; y un carbonato cíclico tal como carbonato de propileno (PC) o carbonato de etileno (EC). La solución electrolítica se obtiene disolviendo una sal de litio tal como hexafluorofosfato de litio (LiPF₆), tetrafluoroborato de litio (LiBF₄) o perclorato de litio (LiClO₄) en una mezcla de carbonato de este tipo.

[0032] La solución electrolítica puede contener otro compuesto de carbonato cíclico diferente del carbonato cíclico mencionado anteriormente como aditivo. Los ejemplos del carbonato cíclico utilizado como aditivo incluyen carbonato de vinileno (VC). Como aditivo se puede utilizar un compuesto de carbonato cíclico con un halógeno. Estos carbonatos cíclicos son también los compuestos que forman una película protectora para el electrodo positivo y el electrodo negativo en el procedimiento de carga y descarga de la batería. En particular, estos carbonatos cíclicos son el compuesto que puede evitar que el compuesto que contiene azufre, tal como el compuesto de ácido disulfónico o el compuesto de éster de ácido disulfónico, ataque el material activo de electrodo positivo que contiene el óxido compuesto de litio y níquel. Los ejemplos del compuesto de carbonato cíclico con un halógeno incluyen carbonato de fluoroetileno (FEC), carbonato de difluoroetileno, carbonato de trifluoroetileno, carbonato de cloroetileno, carbonato de dicloroetileno y carbonato de tricloroetileno. Se utiliza en particular preferentemente carbonato de fluoroetileno correspondiente a un ejemplo del compuesto de carbonato cíclico con un halógeno y un enlace insaturado.

[0033] La solución electrolítica puede incluir además un compuesto de ácido disulfónico como aditivo. El compuesto de ácido disulfónico es un compuesto que tiene dos grupos sulfo en una molécula. El compuesto de ácido disulfónico incorpora un compuesto de disulfonato que incluye un grupo sulfo que forma la sal con el ion metálico, o un compuesto de éster de ácido disulfónico que incluye un grupo sulfo que forma el éster. Uno o dos de los grupos sulfo del compuesto de ácido disulfónico pueden formar la sal con el ion metálico. Como alternativa, el grupo sulfo puede estar en estado aniónico. Los ejemplos del compuesto de ácido disulfónico incluyen ácido metanodisulfónico, ácido 1,2-etanodisulfónico, ácido 1,3-propanodisulfónico, ácido 1,4-butanodisulfónico, ácido bencenodisulfónico, ácido naftalenodisulfónico, ácido bifenildisulfónico, sales de los mismos (tales como metanodisulfonato de litio y 1,2-etanodisulfonato de litio), y aniones de los mismos (tales como anión de ácido metanodisulfónico y anión de ácido 1,2-etanodisulfónico). Otros ejemplos del compuesto de ácido disulfónico incluyen un compuesto de éster de ácido disulfónico. Se utilizan preferentemente éster de ácido disulfónico lineal que incluye diéster de alquilo, diéster de arilo o similares de ácido metanodisulfónico, ácido 1,2-etanodisulfónico, ácido 1,3-propanodisulfónico, ácido 1,4-butanodisulfónico, ácido bencenodisulfónico, ácido naftalenodisulfónico y ácido bifenildisulfónico, y éster de ácido disulfónico cíclico que incluye éster de metanodisulfonato de metileno, éster de metanodisulfonato de etileno, éster de metanodisulfonato de propileno o similares. El metanodisulfonato de metileno (MMDS) es particularmente preferible.

[0034] El electrodo positivo y el electrodo negativo descritos anteriormente que se apilan con el separador interpuesto entre ellos se sellan en el paquete junto con la solución electrolítica descrita anteriormente. Por lo tanto, se puede formar la batería secundaria de iones de litio de tipo laminado. El paquete puede estar formado por cualquier material que no exude la solución electrolítica hacia el exterior. El paquete puede estar formado por una película laminada cuya capa más externa incluye una capa protectora resistente al calor que incluye poliéster, poliamida, polímero cristalino líquido o similares, y cuya capa más interna es una capa selladora que incluye polietileno, polipropileno, ionómero, polietileno modificado con ácido tal como polietileno modificado con ácido maleico, polipropileno modificado con ácido tal como polipropileno modificado con ácido maleico o una capa selladora que incluye resina termoendurecible tal como tereftalato de polietileno (PET), naftalato de polietileno (PEN), isoftalato de polietileno (PEI), una combinación de PET y PEN, una combinación de PET y PEI, resina de poliamida, una combinación de resina de poliamida y PET, o una combinación de poliamida que contiene un grupo xileno y PET. El paquete puede estar formado por una película laminada o múltiples películas laminadas que se combinan y unen o sueldan. La capa metálica con una propiedad de barrera contra los gases puede estar formada por aluminio, estaño, cobre, níquel o acero inoxidable. La capa metálica tiene un espesor de preferentemente 30 a 50 µm. Es particularmente preferible utilizar un laminado de aluminio que incluye una pila de una lámina de aluminio y un polímero tal como polietileno o polipropileno.

[0035] Como procedimiento de fabricación para la batería secundaria de iones de litio según la realización, se puede emplear un procedimiento convencional sin una limitación particular. La batería secundaria de iones de litio según la realización puede fabricarse como se describirá a continuación, por ejemplo. Es decir, las conexiones de lengüeta de electrodo positivo y electrodo negativo están conectadas a la pila del electrodo positivo, el separador y el electrodo negativo mediante un procedimiento de soldadura ultrasónica o similares. Estas conexiones de lengüeta de electrodo positivo y electrodo negativo están dispuestas en una posición predeterminada en el material de paquete que está cortado en un rectángulo. A continuación, una parte (parte de reborde) del material de paquete que se solapa con las conexiones de lengüeta del electrodo positivo y del electrodo negativo se termosella. Después de eso, un lado del material de paquete entre los lados que no corresponden a una parte de extracción de conexión de lengüeta se termosella para formar un paquete en forma de bolsa. A continuación, la solución electrolítica se vierte en la bolsa.

Finalmente, el último lado se termosella a presión reducida. Tenga en cuenta que la conexión de lengüeta de cada electrodo que se utilizará en este caso es un terminal utilizado para introducir y producir electricidad entre el electrodo positivo o el electrodo negativo en la batería y el exterior. Como conexión de lengüeta de electrodo negativo de la batería secundaria de iones de litio, se puede utilizar níquel o un conductor de cobre niquelado. Como conexión de lengüeta de electrodo positivo se puede utilizar un conductor de aluminio.

[0036] Aquí, se describe un ejemplo de estructura de la batería secundaria de iones de litio según la realización con referencia al dibujo. La FIG. 1 ilustra un ejemplo de una vista en sección transversal de la batería secundaria de iones de litio. Una batería secundaria de iones de litio 10 incluye como componentes principales, un colector de corriente de electrodo negativo 11, una capa de material activo de electrodo negativo 13, un separador 17, un colector de corriente de electrodo positivo 12 y una capa de material activo de electrodo positivo 15. En la FIG. 1, la capa de material activo de electrodo negativo 13 se proporciona a cada superficie del colector de corriente de electrodo negativo 11, y la capa de material activo de electrodo positivo 15 se proporciona a cada superficie del colector de corriente de electrodo positivo 12. Como alternativa, la capa de material activo puede estar formada solo en una superficie de cada colector de corriente. El colector de corriente de electrodo negativo 11, el colector de corriente de electrodo positivo 12, la capa de material activo de electrodo negativo 13, la capa de material activo de electrodo positivo 15 y el separador 17 constituyen una celda unitaria (en el dibujo, la celda unitaria 19). Una pluralidad de tales celdas unitarias (elemento de batería secundaria) 19 se apila con el separador 17 interpuesto entre ellas. Las partes de extensión que se extienden desde los colectores de corriente de electrodo negativo 11 se unen entre sí conjuntamente en una conexión de lengüeta de electrodo negativo 25. Las partes de extensión que se extienden desde los colectores de corriente de electrodo positivo 12 se unen entre sí conjuntamente en una conexión de lengüeta de electrodo positivo 27. Obsérvese que se utiliza preferentemente una placa de aluminio como conexión de lengüeta de electrodo positivo, y se utiliza preferentemente una placa de cobre como conexión de lengüeta de electrodo negativo. La conexión de lengüeta de electrodo positivo y la conexión de lengüeta de electrodo negativo pueden incluir un recubrimiento parcial de un material polimérico u otro metal (tal como níquel, estaño o soldadura) en algunos casos. La conexión de lengüeta de electrodo positivo se suelda al electrodo positivo. La conexión de lengüeta de electrodo negativo se suelda al electrodo negativo. La batería formada apilando las celdas unitarias de esta manera se cubre con el paquete 29 de modo que la conexión de lengüeta de electrodo negativo 25 y la conexión de lengüeta de electrodo positivo 27 que se sueldan se extraen hacia el exterior. En el paquete 29, se vierte una solución electrolítica 31. El paquete 29 tiene una forma con su periferia termosellada.

EJEMPLOS

<Preparación de electrodo positivo>

[0037] Se mezcló óxido compuesto de litio, níquel, cobalto y manganeso NCM111, polvo de negro de carbón (CB) como agente conductor y PVDF (n.º 7200, KUREHA CORPORATION) como resina aglutinante, de modo que el óxido compuesto:CB:PVDF = 90:5:5 en una relación en masa de contenido sólido. La mezcla resultante se añadió a NMP como disolvente. A esta mezcla, se añadieron 0,03 partes en masa de ácido oxálico anhidro (peso molecular: 90) como un eliminador de humedad orgánica a 100 partes en masa de un contenido sólido obtenido excluyendo NMP de la mezcla. Después de eso, la difusión y la mezcla se realizaron por un procedimiento planetario durante 30 minutos, de modo que estos materiales se difundieron uniformemente. De esta manera, se preparó una suspensión. La suspensión obtenida se aplicó mediante un procedimiento de cuchilla rascadora en ambas superficies de una lámina de aluminio con un espesor de 20 µm como colector de corriente de electrodo positivo. A continuación, se realizó el secado a 100 °C de modo que se evaporó el NMP. Por lo tanto, la capa de material activo de electrodo positivo se formó en ambas superficies del colector de corriente de electrodo positivo. Asimismo, el prensado de rodillo se realizó de modo que el electrodo obtenido tuviera una porosidad del 35 %. Después de eso, el electrodo positivo se cortó para que la forma que incluía una parte no aplicada donde no se había aplicado el material activo de electrodo positivo se volviera rectangular.

<Preparación de electrodo negativo>

[0038] Se utilizó polvo de grafito como material activo de electrodo negativo. Se mezcló uniformemente este polvo de material de carbono, polvo de negro de carbón (CB) como agente conductor, caucho de estireno-butadieno (SBR) como resina aglutinante y carboximetilcelulosa (CMC) de modo que el polvo de grafito:CB:SBR:CMC = 96:1:2:1. La mezcla obtenida se añadió a NMP como disolvente. De esta manera, se preparó una suspensión. La suspensión obtenida se aplicó mediante un procedimiento de cuchilla rascadora en ambas superficies de una lámina de cobre con un espesor de 10 µm como colector de corriente de electrodo negativo, de modo que la relación de la capacidad del electrodo negativo respecto a la capacidad del electrodo positivo (relación A/C) es de 1,2. A continuación, se realizó el secado a 100 °C de modo que se evaporó el NMP. Por lo tanto, la capa de material activo de electrodo negativo se formó en ambas superficies del colector de corriente de electrodo negativo. Asimismo, el electrodo obtenido se prensó con rodillo de modo que la capa de material activo de electrodo negativo en ambas superficies tuviera una porosidad del 40 % y un espesor de 19 µm, 26 µm, 27 µm o 29 µm (estos valores se anotan en las columnas "espesor de la capa de material activo de electrodo negativo *antes de la carga y descarga" en las Tablas 1 a 3). Después de eso, el electrodo negativo se cortó para que la forma que incluía una parte no aplicada donde no se había aplicado el material

activo de electrodo negativo se volviera rectangular.

<Separador>

- 5 **[0039]** Se preparó el separador de polipropileno estirado uniaxialmente con una porosidad del 60 % y una permeabilidad al aire de 50 segundos/100 mililitros, 100 segundos/100 mililitros o 130 segundos/100 mililitros. La permeabilidad al aire del separador se midió de acuerdo con las normas industriales japonesas JISP8117:2009 utilizando un medidor de permeabilidad Gurley. Cada separador tenía el espesor que se muestra en la Tabla 1.

10 <Solución electrolítica>

- [0040]** Se mezcló carbonato de etileno (EC) y carbonato de dietilo (DEC) en una relación en volumen de EC:DEC = 30:70. Por lo tanto, se preparó el disolvente no acuoso en el que se mezcló el 1 % en peso de carbonato de vinileno (VC). En este disolvente no acuoso mixto, se disolvió hexafluorofosfato de litio (LiPF₆) como la sal electrolítica de modo que su concentración llegó a ser de 1 mol/l. Esta solución se utilizó como solución electrolítica.

<Paquete>

- [0041]** Como película laminada para el paquete, se utilizó una pila de películas que incluía nailon con un espesor de 25 µm, aluminio blando con un espesor de 40 µm y polipropileno con un espesor de 40 µm.

<Preparación de batería secundaria de iones de litio>

- [0042]** El electrodo positivo y el electrodo negativo que se preparan como anteriormente se dispusieron para superponerse entre sí con el separador interpuesto entre ellos; así, se obtuvo el elemento de batería. Aquí, cuando se apilaron estos electrodos, la dirección del electrodo positivo y el electrodo negativo se alineó de modo que la parte no aplicada del material activo de electrodo positivo y la parte no aplicada del material activo de electrodo negativo se dispusieran una frente a la otra. Mediante esta estructura, las conexiones de lengüeta de electrodo pueden salir por los dos lados que están uno frente al otro. La placa de aluminio que sirve de conexión de lengüeta de electrodo positivo y la parte no aplicada de la capa de material activo de electrodo positivo se soldaron conjuntamente con ondas ultrasónicas. De manera similar, la placa de cobre niquelada que se utilizó como conexión de lengüeta de electrodo negativo, y la parte no aplicada de la capa de material activo de electrodo negativo se soldaron conjuntamente con ondas ultrasónicas. A continuación, un extremo interno (una parte de extremo) del terminal de electrodo negativo se unió a una parte de extensión del colector de corriente de electrodo negativo de la placa de electrodo negativo. En el electrodo positivo que está dispuesto en el lado más exterior de la pila de electrodos, se fijó la pieza de cobre como sustancia extraña metálica. La película laminada cortada en un tamaño predeterminado se formó por embutición profunda en una forma de copa con un tamaño que puede alojar la pila de electrodos. Después de la embutición profunda, se recortó una parte de brida alrededor de la parte de copa de modo que se dejó un lado con un ancho de 15 mm. La pila de electrodos se alojó en la parte de copa de la película laminada. La pila de electrodos se dispuso de modo que las conexiones de lengüeta de electrodo se colocaran en dos posiciones en la parte de brida de la película laminada recortada. Aquí, el sellador, que se ha fusionado en la conexión de lengüeta de electrodo, se exudó hacia el interior y el exterior de la batería sobre la parte de brida en 1 mm cada uno. Al prensar térmicamente la parte de brida del lado por donde salía la conexión de lengüeta de electrodo, las películas laminadas se termosellaron entre sí en una anchura de 9,5 a 10 mm. En este caso, también se fusionaron el sellador que se ha fusionado con cada lengüeta de electrodo y la película laminada. Por lo tanto, las conexiones de lengüeta de electrodo también se sellaron estrictamente. De los dos lados adyacentes al lado de sellado de la conexión de lengüeta de electrodo, un lado se termoselló. La solución electrolítica se vertió desde el lado no sellado de modo que la pila de electrodos se impregnara lo suficiente con la solución electrolítica. Después de verter la solución electrolítica, el paquete se desgasificó al vacío. Después de eso, el último lado se selló utilizando una máquina de sellado al vacío. Por lo tanto, se completó la batería de iones de litio apilada. Después de que esta batería de iones de litio apilada se cargara inicialmente, se realizó el envejecimiento a 45 °C durante varios días. Por lo tanto, se obtuvo la batería de iones de litio apilada con una capacidad elemental de 37 mAh.

<Carga y descarga iniciales de la batería secundaria de iones de litio>

- 55 **[0043]** Al igual que la carga y descarga iniciales de la batería de iones de litio preparada como se indicó anteriormente, se realizó una carga de voltaje constante y corriente constante de 0,1 C y a 4,1 V (condición final: 12 horas), y a continuación se realizó una descarga de corriente constante de 0,1 C a 2,5 V. El espesor del separador y del electrodo negativo de la batería de iones de litio que se desmontó después de esta carga y descarga iniciales se midió utilizando un microcalibre. A partir de este valor, se restó el espesor del separador y el espesor del colector de corriente de electrodo negativo, y el valor obtenido se dividió por 2. Mediante el valor obtenido, se obtuvo el espesor de la capa de material activo de electrodo negativo que se aplicó en una superficie (en las Tablas 1 a 3, mostrado en la columna de "espesor de la capa de material activo de electrodo negativo *después de la carga y descarga"). En las Tablas 1 a 3, el valor mostrado en la columna "espesor de la capa de material activo de electrodo negativo + espesor del separador" es el valor obtenido sumando el valor indicado en "espesor de la capa de material activo de electrodo

negativo *después de la carga y descarga" y el valor indicado en "espesor del separador" anteriores.

<Evaluación del elemento secundario de una batería de iones de litio>

- 5 **[0044]** La batería de iones de litio preparada se cargó hasta 3,7 V. Se realizó la descarga con una cantidad de corriente de 44 mA/cm². Después de 10 segundos, se midió el voltaje de la batería. Se anotó el voltaje de batería de la batería que tenía un voltaje de batería de 2,5 V o más después de 10 segundos. Por otro lado, la batería cuyo voltaje de batería no se mantuvo a 2,5 V después de 10 segundos (batería cuyo voltaje de batería ha disminuido a 2,5 V o menos en 10 segundos) se consideró "inaceptable".

10

[Tabla 1] Evaluación del elemento de batería secundaria de iones de litio (permeabilidad al aire del separador: 50 segundos/100 ml)

	Espesor de la capa de material activo de electrodo negativo (μm) *Antes de la carga y descarga	Espesor de la capa de material activo de electrodo negativo (μm) *Después de la carga y descarga	Espesor del separador (μm)	Espesor de la capa de material activo de electrodo negativo + espesor del separador (μm) *Después de la carga y descarga	Evaluación del voltaje después de 10 segundos
Ejemplo 1	19	21	16	37	2,64 V
Ejemplo 2	19	21	20	41	2,61 V
Ejemplo 3	19	21	25	46	2,61 V
Ejemplo 4	26	29	16	45	2,60 V
Ejemplo 5	27	30	20	50	2,53 V
Ejemplo 6	27	30	16	46	2,61 V
Ejemplo comparativo 1	26	29	25	54	Inaceptable
Ejemplo comparativo 2	29	32	20	52	Inaceptable
Ejemplo comparativo 3	29	32	25	57	Inaceptable

[Tabla 2] Evaluación del elemento de batería secundaria de iones de litio (permeabilidad al aire del separador: 100 segundos/100 ml)

15

	Espesor de la capa de material activo de electrodo negativo (μm) *Antes de la carga y descarga	Espesor de la capa de material activo de electrodo negativo (μm) *Después de la carga y descarga	Espesor del separador (μm)	Espesor de la capa de material activo de electrodo negativo + espesor del separador (μm) *Después de la carga y descarga	Evaluación del voltaje después de 10 segundos
Ejemplo 1	19	21	16	37	2,60 V
Ejemplo 2	19	21	20	41	2,59 V
Ejemplo 3	19	21	25	46	2,61 V
Ejemplo 4	26	29	16	45	2,57 V
Ejemplo 5	27	30	20	50	2,51 V
Ejemplo 6	27	30	16	46	2,60 V
Ejemplo comparativo 1	26	29	25	54	Inaceptable
Ejemplo comparativo 2	29	32	20	52	Inaceptable
Ejemplo comparativo 3	29	32	25	57	Inaceptable

[Tabla 3] Evaluación del elemento de batería secundaria de iones de litio (permeabilidad al aire del separador: 130 segundos/100 ml)

	Espesor de la capa de material activo de electrodo negativo (μm) *Antes de la carga y descarga	Espesor de la capa de material activo de electrodo negativo (μm) *Después de la carga y descarga	Separador Espesor (μm)	Espesor de la capa de material activo de electrodo negativo + espesor del separador (μm) *Después de la carga y descarga	Evaluación del voltaje después de 10 segundos
Ejemplo comparativo 1	19	21	16	37	Inaceptable
Ejemplo comparativo 2	19	21	20	41	Inaceptable
Ejemplo comparativo 3	19	21	25	46	Inaceptable
Ejemplo comparativo 4	26	29	16	45	Inaceptable
Ejemplo comparativo 5	27	30	20	50	Inaceptable
Ejemplo comparativo 6	27	30	16	46	Inaceptable
Ejemplo comparativo 7	26	29	25	54	Inaceptable
Ejemplo comparativo 8	29	32	20	52	Inaceptable
Ejemplo comparativo 9	29	32	25	57	Inaceptable

- 5 **[0045]** Las baterías según los Ejemplos en los que el total del espesor del separador y el espesor de la capa de material activo de electrodo negativo formada en una superficie del electrodo negativo es inferior o igual a 50 micrómetros después de que la batería secundaria de iones de litio que incluye el separador con una permeabilidad al aire inferior o igual a 100 segundos/100 mililitros se haya cargado y descargado una vez alcanzado un voltaje de batería predeterminado en un tiempo predeterminado. Por otro lado, las baterías según los ejemplos comparativos en los que no se cumplió ninguna de las condiciones anteriores no lograron alcanzar la potencia de salida suficiente en el tiempo predeterminado.

- [0046]** Hasta ahora se han descrito los Ejemplos de la presente invención. Sin embargo, estos Ejemplos simplemente muestran algunos ejemplos de la realización de la presente invención. En estos Ejemplos no se pretende 15 limitar el alcance técnico de la presente invención a la realización particular o a la estructura específica.

REIVINDICACIONES

1. Un elemento de batería secundaria de iones de litio que comprende un electrodo positivo, un separador (17) y un electrodo negativo que están apilados, donde:
5 el electrodo positivo incluye una capa de material activo de electrodo positivo (15) formada por aplicación de una mezcla de material activo de electrodo positivo;
el electrodo negativo incluye una capa de material activo de electrodo negativo (13) formada por aplicación de una mezcla de material activo de electrodo negativo;
10 el separador (17) es una película de poliolefina estirada uniaxialmente y que tiene una permeabilidad al aire inferior o igual a 100 segundos/100 mililitros, siendo la permeabilidad al aire medida de acuerdo con las normas industriales japonesas JISP8117:2009 utilizando un medidor de permeabilidad Gurley; y
después de que una batería secundaria de iones de litio (10) que incluye el elemento de batería secundaria de iones de litio se ha cargado y descargado una vez, un total de un espesor del separador (17) y de un espesor de
15 la capa de material activo de electrodo negativo (13) formada en una superficie del electrodo negativo es inferior o igual a 50 micrómetros.
2. El elemento de batería secundaria de iones de litio según la reivindicación 1, donde la película estirada uniaxialmente de la poliolefina está reticulada.
20
3. El elemento de batería secundaria de iones de litio según la reivindicación 1 o 2, donde cada uno del electrodo positivo, del separador (17) y del electrodo negativo tiene una forma de hoja independiente.
4. Una batería secundaria de iones de litio (10) que comprende, en un paquete (29), un elemento
25 generador de energía que incluye el elemento de batería secundaria de iones de litio según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, y una solución electrolítica (31).

FIG. 1

10

