

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 923 129**

51 Int. Cl.:

H01M 4/60 (2006.01)

H01M 10/052 (2010.01)

H01M 4/62 (2006.01)

H01M 10/0525 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.04.2018** **PCT/JP2018/017263**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.11.2018** **WO18203534**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.04.2018** **E 18793960 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.06.2022** **EP 3621135**

54 Título: **Electrodo negativo para batería recargable de iones de litio y batería recargable de iones de litio**

30 Prioridad:

01.05.2017 US 201762492657 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.09.2022

73 Titular/es:

MURATA MANUFACTURING CO., LTD. (50.0%)
10-1, Higashikotari 1-chome
Nagaokakyo-shi, Kyoto 617- 8555, JP y
HYDRO-QUÉBEC (50.0%)

72 Inventor/es:

ASAKAWA, YUICHIRO;
UESAKA SHINICHI;
LAFLEUR-LAMBERT ANTOINE y
ZAGHIB KARIM

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 923 129 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

Electrodo negativo para batería recargable de iones de litio y batería recargable de iones de litio

Campo técnico

- 5 La presente tecnología se refiere a un ánodo, para una batería secundaria de iones de litio, usado en una batería secundaria de iones de litio y a una batería secundaria de iones de litio dotada del ánodo para una batería secundaria de iones de litio.

Antecedentes de la técnica

- 10 Como resultado del uso generalizado de diversos aparatos electrónicos, se ha promovido el desarrollo de una batería secundaria de iones de litio, como fuente de alimentación, que es de pequeño tamaño, peso ligero y que puede obtener una alta densidad de energía.

Una batería secundaria de iones de litio incluye una disolución electrolítica junto con un cátodo y un ánodo. El ánodo contiene un material activo de ánodo, etc. que está relacionado con una reacción de carga-descarga. Dado que la configuración del ánodo influye en gran medida en una característica de batería, se han dado varias consideraciones a la configuración del ánodo.

- 15 Específicamente, para suprimir el deterioro de una característica de batería en un momento de almacenamiento a alta temperatura, un ánodo contiene poliéter cíclico, criptando, etc. (por ejemplo, véase el documento PTL 1). Como poliéter cíclico, se usa 4,10-diaza-12-corona-4-éter o similar.

- 20 El documento PTL 2 da a conocer una batería secundaria de iones de litio en la que el electrolito puede comprender un agente protector (C) seleccionado de una lista que también comprende un éter corona del tipo 24-corona-8-éter. Dicho agente (C) forma una capa protectora sobre la superficie del ánodo.

Lista de referencias**Bibliografía de patentes**

Documento PTL 1: publicación de solicitud de patente no examinada japonesa No. 2015-118782

Documento PTL 2: documento WO2011/129053A1

25 **Sumario de la invención**

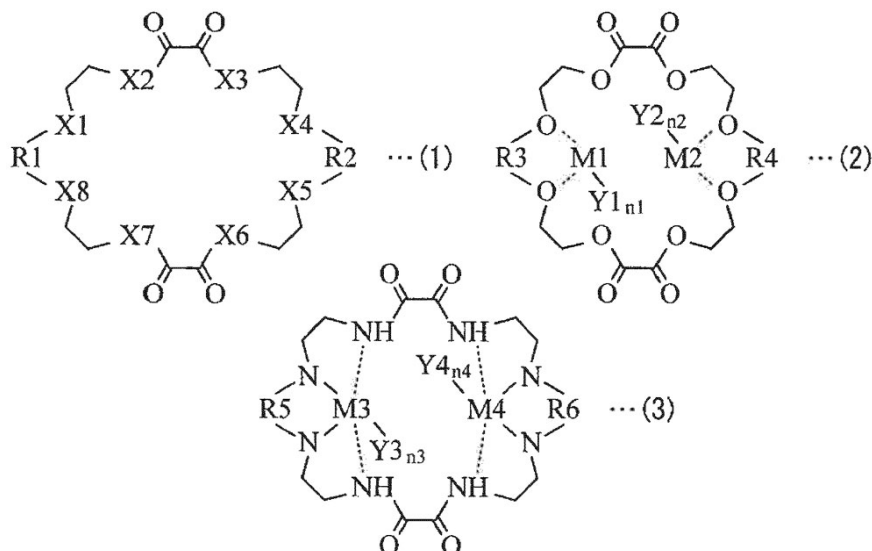
Un aparato electrónico en el que va a montarse una batería secundaria de iones de litio está ganando cada vez más rendimiento y más funciones. Por este motivo, la frecuencia de uso de un aparato electrónico está aumentando y el entorno de uso del aparato electrónico se está expandiendo. Por tanto, la característica de batería de una batería secundaria de iones de litio todavía puede mejorarse.

- 30 La presente tecnología se ha realizado en vista del problema anterior, y un objeto de la misma es proporcionar un ánodo para una batería secundaria de iones de litio y una batería secundaria de iones de litio que son capaces de obtener una característica de batería superior.

- 35 Un ánodo para una batería secundaria de iones de litio según una realización de la presente tecnología incluye un compuesto cíclico, y el compuesto cíclico contiene uno o más de un primer compuesto cíclico representado por la siguiente fórmula (1), un segundo compuesto cíclico representado por la siguiente fórmula (2) y un tercer compuesto cíclico representado por la siguiente fórmula (3).

[Fórm. quím. 1]

Fórm. quím. 1



(Cada uno de X1 a X8 es uno de un grupo oxo (-O-) y un grupo imino (-NH-). Cada uno de R1 a R6 es uno de un grupo etileno (-CH₂-CH₂-) y un grupo dicarbonilo (-C(=O)-C(=O)-). Cada uno de M1 a M4 es un elemento metálico. Cada uno de Y1 a Y4 es un elemento halógeno. Cada uno de n1 a n4 es un número entero).

- 5 Una batería secundaria de iones de litio según una realización de la presente tecnología incluye un cátodo, un ánodo y una disolución electrolítica. El ánodo tiene una configuración similar a la del ánodo para una batería secundaria de iones de litio según una realización de la presente tecnología descrita anteriormente.

Según el ánodo para una batería secundaria de iones de litio o la batería secundaria de iones de litio de la presente tecnología, dado que el ánodo contiene el compuesto cíclico y el compuesto cíclico contiene uno o más del primer compuesto cíclico descrito anteriormente, el segundo compuesto cíclico descrito anteriormente y el tercer compuesto cíclico descrito anteriormente, es posible obtener una característica de batería superior.

Cabe señalar que los efectos de la presente tecnología no se limitan necesariamente a los efectos descritos en este caso, y pueden ser cualquiera de una serie de efectos relacionados con la presente tecnología que se describirán a continuación.

15 Breve descripción de los dibujos

[Figura 1] La figura 1 es una vista en sección transversal de una configuración de una batería secundaria de iones de litio (de tipo cilíndrico) según una realización de la presente tecnología.

[Figura 2] La figura 2 es una vista en sección transversal a escala ampliada de una configuración de una parte principal de la batería secundaria de iones de litio ilustrada en la figura 1.

20 [Figura 3] La figura 3 es una vista en perspectiva de una configuración de otra batería secundaria de iones de litio (de tipo película laminada) según una realización de la presente tecnología.

[Figura 4] La figura 4 es una vista en sección transversal a escala ampliada de una configuración de una parte principal de la batería secundaria de iones de litio ilustrada en la figura 3.

25 [Figura 5] La figura 5 es una vista en sección transversal de una configuración de una batería secundaria de prueba (de tipo botón).

Modos para llevar a cabo la invención

Una realización de la presente tecnología se describirá a continuación con detalle con referencia a los dibujos. Debe observarse que la descripción se proporciona en el siguiente orden.

1. Batería secundaria de iones de litio y ánodo para batería secundaria de iones de litio (de tipo cilíndrico)

30 1-1. Configuración

1-2. Funcionamiento

1-3. Método de fabricación

1-4. Mecanismo y efectos

2. Batería secundaria de iones de litio y ánodo para batería secundaria de iones de litio (de tipo película laminada)

5 2-1. Configuración

2-2. Funcionamiento

2-3. Método de fabricación

2-4. Mecanismo y efectos

3. Aplicaciones de batería secundaria de iones de litio y ánodo para batería secundaria de iones de litio

10 <1. Batería secundaria de iones de litio y ánodo para batería secundaria de iones de litio (de tipo cilíndrico)>

Se describirá una batería secundaria de iones de litio según una realización de la presente tecnología. Cabe señalar que, dado que un ánodo para una batería secundaria de iones de litio según una realización de la presente tecnología es una porción (un componente) de la batería secundaria de iones de litio que se describirá a continuación, también se describirá a continuación el ánodo para una batería secundaria de iones de litio.

15 A continuación en el presente documento, la batería secundaria de iones de litio según una realización de la presente tecnología se denomina simplemente "batería secundaria de iones de litio", y el ánodo para una batería secundaria de iones de litio según una realización de la presente tecnología se denomina simplemente "ánodo".

20 La batería secundaria de iones de litio descrita en este caso es, por ejemplo, una batería secundaria en la que una capacidad de batería (una capacidad de un ánodo 22 que se describirá a continuación) se obtiene utilizando un fenómeno de inserción y extracción de litio.

Cabe señalar que, en cuanto a una serie de ejemplos específicos descritos a continuación según sea apropiado, es decir, en cuanto a una pluralidad de candidatos de un material, un método de formación, etc., sólo puede usarse uno cualquiera de ellos, o pueden combinarse cualesquiera dos o más de ellos entre sí.

<1-1. Configuración>

25 La figura 1 ilustra una configuración en sección transversal de una batería secundaria de iones de litio, y la figura 2 muestra una ampliación de una configuración en sección transversal de una parte principal (cuerpo de electrodo enrollado en espiral 20) de la batería secundaria de iones de litio ilustrada en la figura 1. Cabe señalar que la figura 2 ilustra sólo una porción del cuerpo de electrodo enrollado en espiral 20.

30 Tal como se ilustra en la figura 1, la batería secundaria de iones de litio es, por ejemplo, una batería secundaria de iones de litio de tipo cilíndrico en la que se aloja un dispositivo de batería (el cuerpo de electrodo enrollado en espiral 20) dentro de un vaso de batería cilíndrico 11.

35 Específicamente, la batería secundaria de iones de litio incluye, por ejemplo, un par de placas aislantes 12 y 13 y el cuerpo de electrodo enrollado en espiral 20 dentro del vaso de batería 11. El cuerpo de electrodo enrollado en espiral 20 es, por ejemplo, una estructura formada apilando un cátodo 21 y un ánodo 22 con un separador 23 interpuesto entre los mismos y después de eso enrollando en espiral el cátodo 21, el ánodo 22 y el separador 23. El cuerpo de electrodo enrollado en espiral 20 se impregna con una disolución electrolítica que es un electrolito líquido.

40 El vaso de batería 11 tiene, por ejemplo, una estructura cilíndrica hueca en la que un extremo está cerrado y el otro extremo está abierto. El vaso de batería 11 incluye, por ejemplo, un material metálico tal como hierro. Cabe señalar, por ejemplo, que una superficie del vaso de batería 11 puede estar recubierta con un material metálico tal como níquel. Las placas aislantes 12 y 13 se extienden cada una, por ejemplo, en una dirección que corta una superficie periférica enrollada en espiral del cuerpo de electrodo enrollado en espiral 20, y están dispuestas de tal manera para encerrar el cuerpo de electrodo enrollado en espiral 20 entre las mismas.

45 En el extremo abierto del vaso de batería 11, por ejemplo, una tapa de batería 14, un mecanismo de válvula de seguridad 15 y un dispositivo de coeficiente positivo de temperatura (dispositivo de PTC) 16 están unidos engarzándose con una junta 17. Por tanto, el extremo abierto del vaso de batería 11 está sellado. Un material para formar la tapa de batería 14 es, por ejemplo, similar a un material para formar el vaso de batería 11. El mecanismo de válvula de seguridad 15 y el dispositivo de coeficiente positivo de temperatura 16 están previstos en el lado interior de la tapa de batería 14. El mecanismo de válvula de seguridad 15 está eléctricamente acoplado a la tapa de batería 14 a través del dispositivo de coeficiente positivo de temperatura 16. En el mecanismo de válvula de seguridad 15, por ejemplo, cuando la presión interna del vaso de batería 11 es igual a o mayor de un valor

predeterminado como resultado de un cortocircuito interno, calentamiento externo, etc., se invierte una placa de disco 15A. De ese modo, se corta el acoplamiento eléctrico entre la tapa de batería 14 y el cuerpo de electrodo enrollado en espiral 20. La resistencia eléctrica del dispositivo de coeficiente positivo de temperatura 16 aumenta con un aumento de la temperatura para impedir una generación de calor anómala debido a una gran corriente. La junta 17 incluye, por ejemplo, un material aislante. Cabe señalar que puede aplicarse, por ejemplo, asfalto, etc. a una superficie de la junta 17.

Por ejemplo, un pasador central 24 se inserta en un espacio 20C previsto en un centro de enrollamiento en espiral del cuerpo de electrodo enrollado en espiral 20. Cabe señalar que puede omitirse el pasador central 24. Un conector de cátodo 25 está acoplado al cátodo 21. El conector de cátodo 25 incluye, por ejemplo, un material eléctricamente conductor tal como aluminio. El conector de cátodo 25 está acoplado eléctricamente a la tapa de batería 14 a través del mecanismo de válvula de seguridad 15, por ejemplo. Un conector de ánodo 26 está acoplado al ánodo 22. El conector de ánodo 26 incluye, por ejemplo, un material eléctricamente conductor tal como níquel. Por ejemplo, el conector de ánodo 26 está acoplado eléctricamente al vaso de batería 11.

[Cátodo]

Tal como se ilustra en la figura 2, el cátodo 21 incluye, por ejemplo, un colector de corriente de cátodo 21A y una capa de material activo de cátodo 21B prevista en el colector de corriente de cátodo 21A. La capa de material activo de cátodo 21B puede estar prevista en, por ejemplo, sólo una única superficie del colector de corriente de cátodo 21A, o puede estar prevista en ambas superficies del colector de corriente de cátodo 21A. La figura 2 ilustra, por ejemplo, un caso en el que las capas de material activo de cátodo 21B están previstas en ambas superficies del colector de corriente de cátodo 21A.

(Colector de corriente de cátodo)

El colector de corriente de cátodo 21A incluye, por ejemplo, un material eléctricamente conductor tal como aluminio.

(Capa de material activo de cátodo)

La capa de material activo de cátodo 21B contiene, como material activo de cátodo, un material de cátodo que puede insertar y extraer litio. Por ejemplo, cabe señalar que la capa de material activo de cátodo 21B puede contener además otros materiales tales como un aglutinante de cátodo o un agente conductor de cátodo.

(Material de cátodo)

El material de cátodo contiene, por ejemplo, un compuesto de litio. El compuesto de litio es un término genérico para un compuesto que contiene litio como elemento constituyente. Un motivo para esto es que es posible obtener una alta densidad de energía. El compuesto de litio no está particularmente limitado en cuanto a su tipo; sin embargo, el compuesto de litio es, por ejemplo, un óxido compuesto de litio, un compuesto de fosfato de litio, etc.

El óxido compuesto de litio es un término genérico para un óxido que contiene litio y uno o más de otros elementos como elementos constituyentes. El óxido compuesto de litio tiene, por ejemplo, una estructura cristalina de tipo sal gema estratificada, tipo espinela, etc. El compuesto de fosfato de litio es un término genérico para un compuesto de fosfato que contiene litio y uno o más de otros elementos como elementos constituyentes. El compuesto de fosfato de litio tiene, por ejemplo, una estructura cristalina de tipo olivino, etc.

Los otros elementos son elementos distintos del litio. Los otros elementos no están particularmente limitados en cuanto a sus tipos; sin embargo, en particular, se prefiere que los otros elementos sean elementos pertenecientes a cualquiera del grupo 2 al grupo 15 de la tabla periódica larga. Un motivo para esto es que es posible obtener una alta tensión. Específicamente, los ejemplos de los otros elementos incluyen níquel, cobalto, manganeso, hierro, etc.

Los ejemplos del óxido compuesto de litio que tienen la estructura cristalina de tipo sal gema estratificada incluyen LiNiO_2 , LiCoO_2 , $\text{LiCo}_{0,98}\text{Al}_{0,01}\text{Mg}_{0,01}\text{O}_2$, $\text{LiNi}_{0,5}\text{Co}_{0,2}\text{Mn}_{0,3}\text{O}_2$, $\text{LiNi}_{0,8}\text{Co}_{0,15}\text{Al}_{0,05}\text{O}_2$, $\text{LiNi}_{0,33}\text{Co}_{0,33}\text{Mn}_{0,33}\text{O}_2$, $\text{Li}_{1,2}\text{Mn}_{0,52}\text{Co}_{0,175}\text{Ni}_{0,1}\text{O}_2$, $\text{Li}_{1,15}(\text{Mn}_{0,65}\text{Ni}_{0,22}\text{Co}_{0,13})\text{O}_2$, etc. Los ejemplos del óxido compuesto de litio que tienen la estructura cristalina de tipo espinela incluyen LiMn_2O_4 , etc. Los ejemplos del compuesto de fosfato de litio que tienen la estructura cristalina de tipo olivino incluyen LiFePO_4 , LiMnPO_4 , $\text{LiFe}_{0,5}\text{Mn}_{0,5}\text{PO}_4$, $\text{LiFe}_{0,3}\text{Mn}_{0,7}\text{PO}_4$, etc.

(Aglutinante de cátodo y agente conductor de cátodo)

El aglutinante de cátodo incluye, por ejemplo, caucho sintético, un compuesto polimérico, etc. Los ejemplos del caucho sintético incluyen caucho a base de estireno-butadieno, etc. Los ejemplos del compuesto polimérico incluyen poli(fluoruro de vinilideno), poliimida, etc.

El agente conductor de cátodo incluye, por ejemplo, un material eléctricamente conductor tal como un material de carbono. Los ejemplos del material de carbono incluyen grafito, negro de carbono, negro de acetileno, negro de Ketjen, etc. Cabe señalar que el agente conductor de cátodo puede ser un material metálico, un polímero eléctricamente conductor, etc.

[Ánodo]

Tal como se ilustra en la figura 2, el ánodo 22 incluye, por ejemplo, un colector de corriente de ánodo 22A y una capa de material activo de ánodo 22B prevista en el colector de corriente de ánodo 22A. La capa de material activo de ánodo 22B puede estar prevista en, por ejemplo, sólo una única superficie del colector de corriente de ánodo 22A, o puede estar prevista en ambas superficies del colector de corriente de ánodo 22A. La figura 2 ilustra, por ejemplo, un caso en el que las capas de material activo de ánodo 22B están previstas en ambas superficies del colector de corriente de ánodo 22A.

(Colector de corriente de ánodo)

El colector de corriente de ánodo 22A incluye, por ejemplo, un material eléctricamente conductor tal como cobre. Se prefiere que se desbaste la superficie del colector de corriente de ánodo 22A mediante un método de electrólisis, etc. Un motivo para esto es que se mejora una característica de adhesión de la capa de material activo de ánodo 22B al colector de corriente de ánodo 22A utilizando un efecto de ancla.

(Capa de material activo de ánodo)

La capa de material activo de ánodo 22B contiene, como material activo de ánodo, un material de ánodo que puede insertar y extraer litio. Cabe señalar que la capa de material activo de ánodo 22B puede contener además otros materiales tales como un aglutinante de ánodo o un agente conductor de ánodo, por ejemplo.

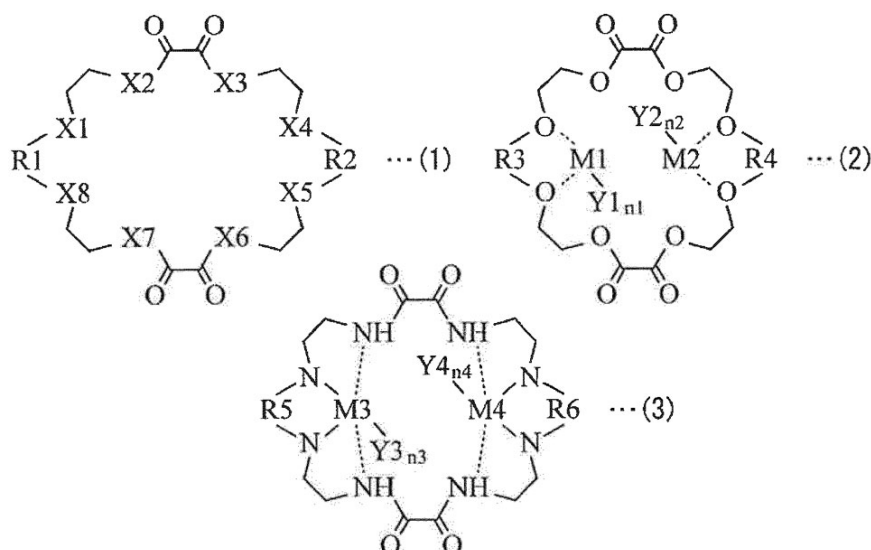
Para impedir que el litio metálico se deposite involuntariamente en la superficie del ánodo 22 durante la carga, se prefiere que la capacidad del material de ánodo cargable sea mayor que la capacidad de descarga del cátodo 21. Dicho de otro modo, se prefiere que el equivalente electroquímico del material de ánodo sea mayor que el equivalente electroquímico del cátodo 21.

(Material de ánodo: compuesto cíclico)

El material de ánodo incluye un compuesto cíclico que tiene una estructura cíclica específica. Específicamente, el compuesto cíclico contiene uno o más de un primer compuesto cíclico representado por la siguiente fórmula (1), un segundo compuesto cíclico representado por la siguiente fórmula (2) y un tercer compuesto cíclico representado por la siguiente fórmula (3). Un tipo del primer compuesto cíclico puede ser sólo un tipo o dos o más tipos. Esto se aplica de manera similar a cada uno del segundo compuesto cíclico y el tercer compuesto cíclico.

[Fórm. quím. 2]

[Fórm. quím. 2]



(Cada uno de X1 a X8 es uno de un grupo oxo y un grupo imino. Cada uno de R1 a R6 es uno de un grupo etileno y un grupo dicarbonilo. Cada uno de M1 a M4 es un elemento metálico. Cada uno de Y1 a Y4 es un elemento halógeno. Cada uno de n1 a n4 es un número entero).

El compuesto cíclico tiene una estructura cíclica en la que se incluyen dos o más grupos dicarbonilo. Más específicamente, el compuesto cíclico tiene una estructura cíclica representada por cada una de las fórmulas (1) a (3). En particular, no se introduce ningún átomo metálico en una estructura principal cíclica en la fórmula (1). En

cambio, se introducen átomos metálicos (M1 a M4) en una estructura principal cíclica en cada una de la fórmula (2) y la fórmula (3) usando enlaces coordinados, enlaces covalentes, o ambos. Cabe señalar que se describirá a continuación una configuración detallada de cada uno del primer compuesto cíclico, el segundo compuesto cíclico y el tercer compuesto cíclico.

- 5 Un motivo por el que el ánodo 22 contiene el compuesto cíclico es que, en comparación con un caso en el que el ánodo 22 no contiene el compuesto cíclico, el compuesto cíclico sirve como material de ánodo de una manera similar a la de un material de carbono, etc. que se describirá a continuación, y el compuesto cíclico suprime la expansión y contracción de la capa de material activo de ánodo 22B en los momentos de la carga y descarga.

- 10 En detalle, el compuesto cíclico puede insertar y extraer litio utilizando un espacio interno de una estructura principal cíclica (un campo de coordinación). Esto hace posible que el compuesto cíclico sirva como material de ánodo de manera similar al material de carbono, etc. Además, el compuesto cíclico puede extenderse y contraerse como un muelle utilizando una característica de extensión-contracción de la estructura principal cíclica. Por consiguiente, un fenómeno de expansión y contracción de la capa de material activo de ánodo 22B se modera utilizando la característica de expansión y contracción del compuesto cíclico en los momentos de la carga y descarga. Como resultado, es más difícil para la capa de material activo de ánodo 22B expandirse y contraerse.

(Primer compuesto cíclico)

- 20 Tal como se representa por la fórmula (1), el primer compuesto cíclico es un compuesto que tiene una estructura principal cíclica que contiene dos o más grupos dicarbonilo y no se ha introducido ningún átomo metálico en la estructura principal cíclica. Dicho de otro modo, el primer compuesto cíclico es un compuesto orgánico en el que no se introduce ninguna parte inorgánica (ningún compuesto metálico) en una parte orgánica (la estructura principal cíclica).

Tal como se describió anteriormente, cada uno de X1 a X8 no está particularmente limitado siempre que sea uno de un grupo oxo y un grupo imino. Dicho de otro modo, todos de X1 a X8 pueden ser grupos oxo, todos de X1 a X8 pueden ser grupos imino, o parte de X1 a X8 pueden ser grupos oxo y el resto pueden ser grupos imino.

- 25 En particular, se prefiere que todos de X1 a X8 sean grupos oxo o todos de X1 a X8 sean grupos imino. Un motivo para esto es que es más fácil que el primer compuesto cíclico suprima la expansión y contracción de la capa de material activo de ánodo 22B en los momentos de la carga y descarga.

- 30 Tal como se describió anteriormente, cada uno de R1 y R2 no está particularmente limitado siempre que sea uno de un grupo etileno y un grupo dicarbonilo. Dicho de otro modo, ambos de R1 y R2 pueden ser grupos etileno, ambos de R1 y R2 pueden ser grupos dicarbonilo, o uno de R1 y R2 puede ser un grupo etileno y el otro puede ser un grupo dicarbonilo. Por consiguiente, el primer compuesto cíclico tiene de dos a cuatro grupos dicarbonilo.

(Segundo compuesto cíclico)

- 35 Tal como se representa en la fórmula (2), el segundo compuesto cíclico es un compuesto que tiene una estructura principal de oxígeno cíclica que contiene dos o más grupos dicarbonilo y tiene átomos metálicos (M1 y M2) introducidos en la estructura principal de oxígeno cíclica utilizando enlaces coordinados. Dicho de otro modo, el segundo compuesto cíclico es un compuesto híbrido orgánico-inorgánico en el que una parte inorgánica (un compuesto metálico) se introduce en una parte orgánica (la estructura principal de oxígeno cíclica).

- 40 En el segundo compuesto cíclico, el átomo metálico (M1) se coordina con dos átomos de oxígeno ubicados en los lados respectivos de R3, y el átomo metálico (M2) se coordina con dos átomos de oxígeno ubicados en los lados respectivos de R4. Cabe señalar que el número n1 de átomos de halógeno (Y1) está unido covalentemente al átomo metálico (M1), y el número n2 de átomos de halógeno (Y2) está unido covalentemente al átomo metálico (M2).

- 45 Tal como se describió anteriormente, el segundo compuesto cíclico tiene los átomos metálicos (M1 y M2) introducidos en la estructura principal de oxígeno cíclica utilizando enlaces coordinados. Por tanto, se obtiene una ventaja en comparación con el primer compuesto cíclico en el que no se introduce ningún átomo metálico en la estructura principal cíclica. Específicamente, se utiliza una capacidad electroquímica del átomo metálico para facilitar que el ánodo 22 inserte y extraiga litio, y se utiliza un potencial de coordinación del átomo metálico (una especie metálica) para aumentar el potencial del ánodo 22.

- 50 Los detalles relacionados con cada uno de R3 y R4 son similares a los relacionados con cada uno de R1 y R2. Dicho de otro modo, cada uno de R3 y R4 no está particularmente limitado siempre que sea uno de un grupo etileno y un grupo dicarbonilo. Por tanto, el segundo compuesto cíclico tiene de dos a cuatro grupos dicarbonilo.

Tal como se describió anteriormente, cada uno de M1 y M2 no está particularmente limitado siempre que sea un elemento metálico. Más específicamente, cada uno de M1 y M2 no está particularmente limitado siempre que sea un átomo metálico (un elemento metálico) que puede coordinarse con dos átomos de oxígeno tal como se describió anteriormente. Por ejemplo, un tipo de M1 y un tipo de M2 pueden ser iguales o diferentes entre sí.

Específicamente, los ejemplos del elemento metálico incluyen estaño (Sn), titanio (Ti), silicio (Si), cobre (Cu), manganeso (Mn), hierro (Fe), niobio (Nb), níquel (Ni), cobalto (Co), aluminio (Al), zirconio (Zr), etc. Un motivo para esto es que es más fácil que los átomos metálicos (M1 y M2) se coordinen con la estructura principal de oxígeno cíclica. Esto facilita que el primer compuesto cíclico suprima la expansión y contracción de la capa de material activo de ánodo 22B en los momentos de la carga y descarga, y el potencial del ánodo 22 se vuelve suficientemente alto.

Tal como se describió anteriormente, cada uno de Y1 e Y2 no está particularmente limitado siempre que sea un elemento halógeno. Por ejemplo, un tipo de Y1 y un tipo de Y2 pueden ser iguales o diferentes entre sí. Además, los tipos de número n1 de los Y1 pueden ser, por ejemplo, sólo un tipo o dos o más tipos. Esto también se aplica de manera similar a los tipos de número n2 de Y2.

Específicamente, los ejemplos de cada uno de Y1 e Y2 incluyen flúor (F), cloro (Cl), bromo (Br), yodo (I), etc. Un motivo para esto es que es más fácil que los átomos metálicos (M1 y M2) se coordinen con la estructura principal de oxígeno cíclica. Esto facilita que el primer compuesto cíclico suprima la expansión y contracción de la capa de material activo de ánodo 22B en los momentos de la carga y descarga, y permite que el potencial del ánodo 22 sea suficientemente alto.

n1 es el número de Y1 unido a M1. Se determina un valor de n1 según el tipo de M1. n2 es el número de Y2 unido a M2. Se determina un valor de n2 según el tipo de Y2. Por ejemplo, los valores de n1 y n2 pueden ser iguales o diferentes entre sí.

El valor de n1 no está particularmente limitado siempre que sea un número entero determinado según el tipo de M1 tal como se describió anteriormente; sin embargo, el valor de n1 es, por ejemplo, 2 o 4. El valor de n2 no está particularmente limitado siempre que sea un número entero determinado según el tipo de M2 tal como se describió anteriormente; sin embargo, el valor de n2 es, por ejemplo, 2 o 4.

(Tercer compuesto cíclico)

Tal como se representa por la fórmula (3), el tercer compuesto cíclico es un compuesto que tiene una estructura principal de nitrógeno cíclica que contiene dos o más grupos dicarbonilo, y tiene átomos metálicos (M3 y M4) introducidos en la estructura principal de nitrógeno cíclica utilizando enlaces coordinados y enlaces covalentes. Dicho de otro modo, al igual que con el segundo compuesto cíclico, el tercer compuesto cíclico es un compuesto híbrido orgánico-inorgánico en el que una parte inorgánica (un compuesto metálico) se introduce en una parte orgánica (la estructura principal de nitrógeno cíclica).

En el tercer compuesto cíclico, el átomo metálico (M3) está unido covalentemente a dos átomos de nitrógeno ubicados en los lados respectivos de R5, y el átomo metálico (M4) está unido covalentemente a dos átomos de nitrógeno ubicados en los lados respectivos de R6. En este caso, el átomo metálico (M3) está coordinado con un átomo de nitrógeno ubicado al lado de uno de los dos átomos de nitrógeno ubicados en los lados respectivos de R5, y el átomo metálico (M3) está coordinado con un átomo de nitrógeno ubicado al lado del otro de los dos átomos de nitrógeno. Además, el átomo metálico (M4) está coordinado con un átomo de nitrógeno ubicado al lado de uno de los dos átomos de nitrógeno ubicados en los lados respectivos de R6, y el átomo metálico (M4) está coordinado con un átomo de nitrógeno ubicado al lado del otro de los dos átomos de nitrógeno. Cabe señalar que el número n3 de átomos de halógeno (Y3) está unido al átomo metálico (M3), y el número n4 de átomos de halógeno (Y4) está unido al átomo metálico (M4).

En el tercer compuesto cíclico, los átomos metálicos (M3 y M4) se introducen en la estructura principal de nitrógeno cíclica utilizando enlaces coordinados y enlaces covalentes, tal como se describió anteriormente. Por tanto, es posible obtener una ventaja similar a la del segundo compuesto cíclico en el que los átomos metálicos (M1 y M2) se introducen en la estructura principal de nitrógeno cíclica utilizando enlaces coordinados.

Los detalles relacionados con cada uno de R5 y R6 son similares a los relacionados con cada uno de R1 y R2. Dicho de otro modo, cada uno de R5 y R6 no está particularmente limitado siempre que sea uno de un grupo etileno y un grupo dicarbonilo. Por tanto, el tercer compuesto cíclico tiene de dos a cuatro grupos dicarbonilo.

Los detalles relacionados con cada uno de M3 y M4 son similares a los relacionados con cada uno de M1 y M2. Dicho de otro modo, cada uno de M3 y M4 no está particularmente limitado siempre que sea un átomo metálico (un elemento metálico) que pueda unirse covalentemente a dos átomos de nitrógeno y pueda coordinarse con otros dos átomos de nitrógeno, tal como se describió anteriormente. Por ejemplo, un tipo de M3 y un tipo de M4 pueden ser iguales o diferentes entre sí.

Los detalles relacionados con cada uno de Y3 e Y4 son similares a los relacionados con cada uno de Y1 e Y2. Por ejemplo, un tipo de Y1 y un tipo de Y2 pueden ser iguales o diferentes entre sí. Además, los tipos de número n1 de Y1 pueden ser, por ejemplo, sólo un tipo o dos o más tipos, y los tipos de número n2 de Y2 pueden ser, por ejemplo, sólo un tipo o dos o más tipos.

Los detalles relacionados con cada uno de n3 y n4 son similares a los relacionados con cada uno de n1 y n2. n3 es el número de Y3 unido a M3. Se determina un valor de n3 según el tipo de M3. n4 es el número de Y4 unido a M4.

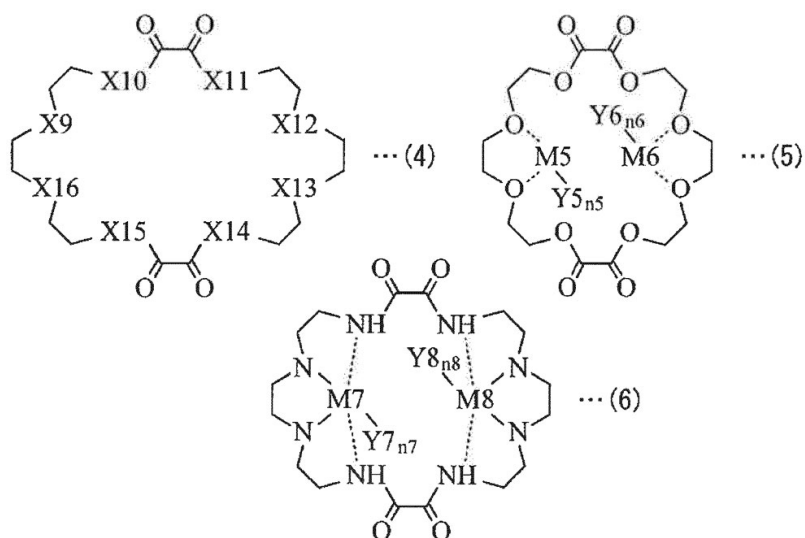
Se determina un valor de n_4 según el tipo de M4.

(Ejemplos específicos de compuestos cíclicos)

- 5 En particular, se prefiere que el primer compuesto cíclico sea un compuesto representado por la siguiente fórmula (4). Se prefiere que el segundo compuesto cíclico sea un compuesto representado por la siguiente fórmula (5). Se prefiere que el tercer compuesto cíclico sea un compuesto representado por la siguiente fórmula (6). Un motivo para esto es que es más fácil que el compuesto cíclico se expanda y se contraiga, lo que, en cambio, hace más difícil que la capa de material activo de ánodo 22B se expanda y se contraiga en los momentos de la carga y descarga.

[Fórm. quím. 3]

Fórm. quím. 3



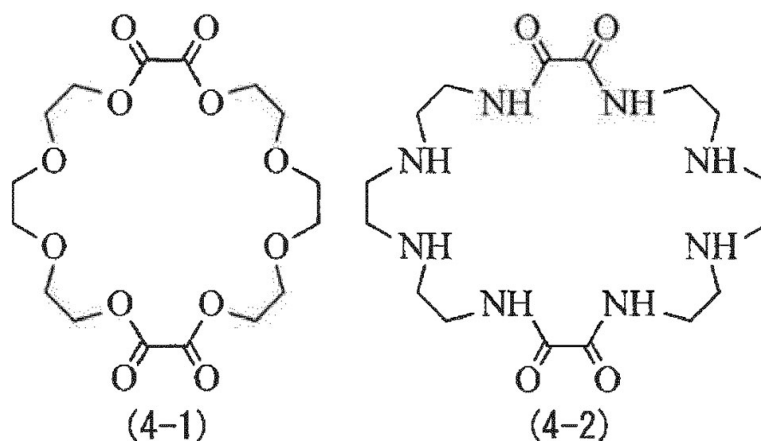
- 10 (Cada uno de X9 a X16 es de un grupo oxo y un grupo imino. Cada uno de M5 a M8 es un elemento metálico. Cada uno de Y5 a Y8 es un elemento halógeno. Cada uno de n_5 a n_8 es un número entero.)

El compuesto representado por la fórmula (4) es un compuesto de coordinación no metálico cíclico en el que cada uno de R1 y R2 es un grupo etileno, del primer compuesto cíclico representado por la fórmula (1).

Específicamente, los ejemplos del compuesto de coordinación no metálico cíclico incluyen compuestos representados por las respectivas fórmula (4-1) y fórmula (4-2) siguientes, etc.

[Fórm. quím. 4]

Fórm. quím. 4

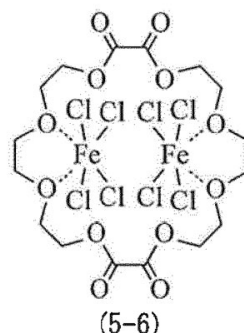
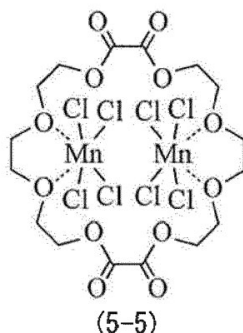
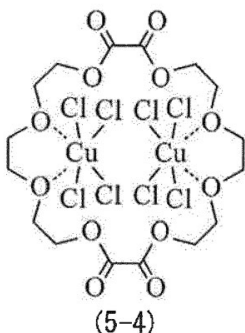
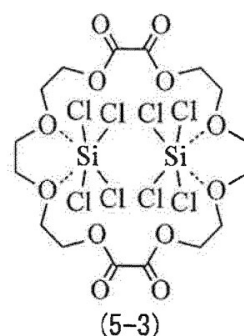
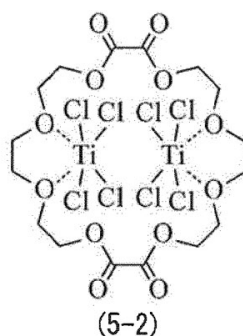
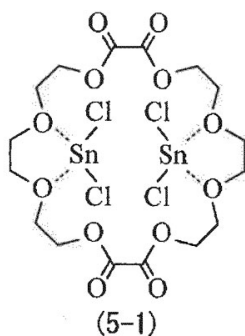


El compuesto representado por la fórmula (5) es un compuesto de coordinación metálico de tipo éter corona en el que cada uno de R3 y R4 es un grupo etileno, del segundo compuesto cíclico representado por la fórmula (2). Los detalles relacionados con M5, M6, Y5, Y6, n5 y n6 son similares a los relacionados con M1, M2, Y1, Y2, n1 y n2, respectivamente, por ejemplo.

- 5 Los ejemplos del compuesto de coordinación metálico de tipo éter corona incluyen compuestos representados por las respectivas fórmula (5-1) a fórmula (5-12) siguientes, etc. Por ejemplo, cabe señalar que cada una de la fórmula (5-1) a la fórmula (5-11) representa un caso en el que cada uno de Y5 y Y6 en la fórmula (5) es cloro. Cada uno de Y5 y Y6 puede ser, sin embargo, flúor, bromo o yodo, por ejemplo, tal como se describió anteriormente. Específicamente, por ejemplo, tal como se representa por la fórmula (5-12), cada uno de Y5 y Y6 puede ser flúor.

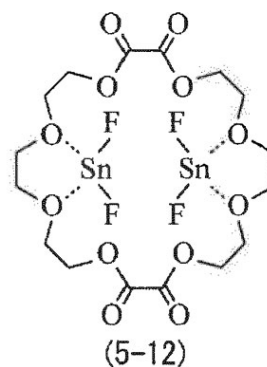
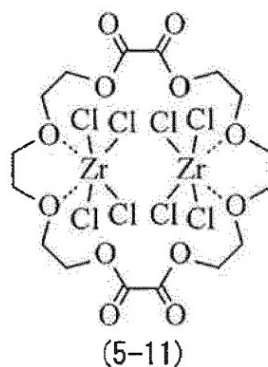
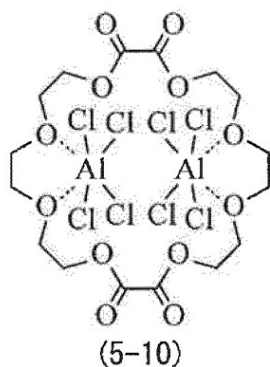
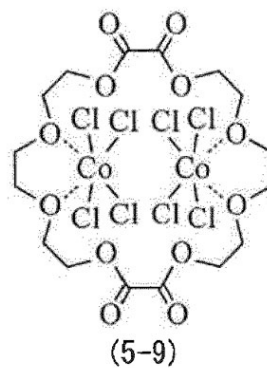
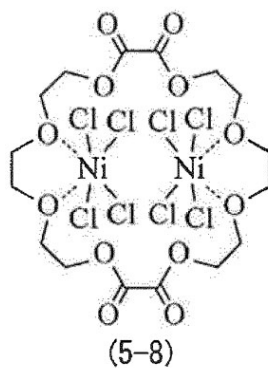
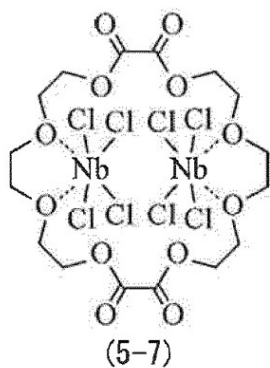
[Fórm. quím. 5]

Fórm. quím. 5



[Fórm. quím. 6]

Fórm. quím. 6

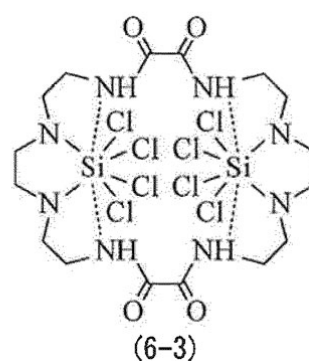
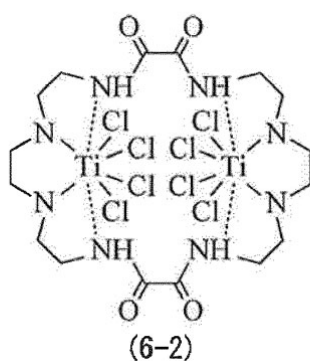
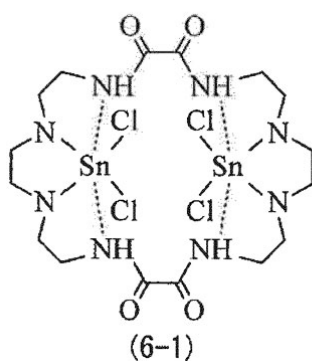


El compuesto representado por la fórmula (6) es un compuesto de coordinación metálico de tipo éter aza-corona en el que cada uno de R5 y R6 es un grupo etileno, del tercer compuesto cíclico representado por la fórmula (3). Los detalles relacionados con M7, M8, Y7, Y8, n7 y n8 son similares a los relacionados con M1, M2, Y1, Y2, n1 y n2, respectivamente, por ejemplo.

Los ejemplos de ejemplos del compuesto de coordinación metálico de tipo éter aza-corona incluyen compuestos representados por las respectivas fórmula (6-1) a fórmula (6-12) siguientes. Cabe señalar que cada una de la fórmula (6-1) a la fórmula (6-11) representa, por ejemplo, un caso en el que cada uno de Y7 y Y8 en la fórmula (6) es cloro. Cada uno de Y7 y Y8 puede ser, sin embargo, flúor, bromo o yodo, por ejemplo, tal como se describió anteriormente. Específicamente, por ejemplo, tal como se representa por la fórmula (6-12), cada uno de Y7 y Y8 puede ser flúor.

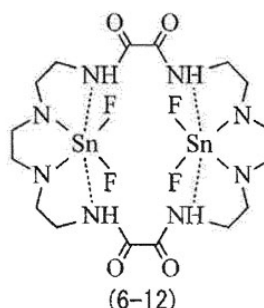
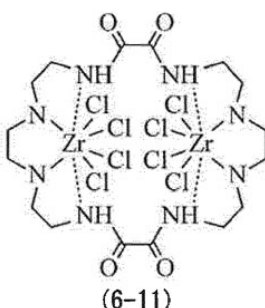
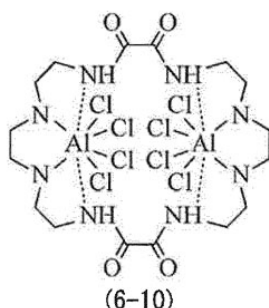
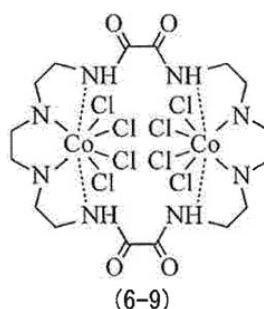
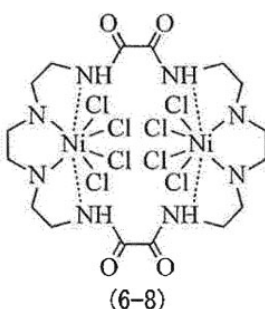
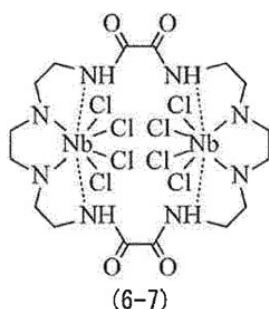
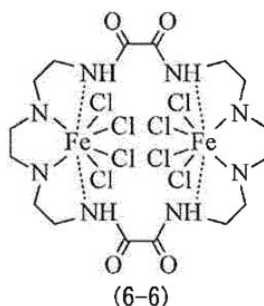
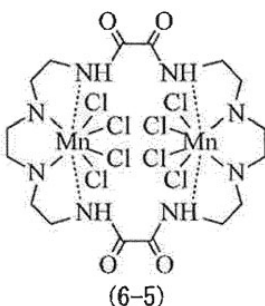
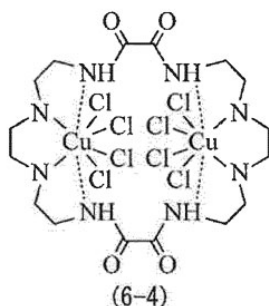
[Fórm. quím. 7]

Fórm. quím. 7



[Fórm. quím. 8]

[Fórm. quím. 8]



(Otros materiales de ánodo)

Cabe señalar que el material de ánodo puede contener, por ejemplo, otros materiales de ánodo, además del compuesto cíclico descrito anteriormente. Los otros materiales no están particularmente limitados en cuanto a sus tipos; sin embargo, los ejemplos de los otros materiales incluyen un material de carbono, un material a base de metales, etc.

El material de carbono es un término genérico para un material que contiene carbono como elemento constituyente. Un motivo para esto es que la estructura cristalina del material de carbono apenas cambia en los momentos de inserción y extracción de litio, lo que hace posible obtener de manera estable una alta densidad de energía. Además, otro motivo para esto es que el material de carbono también sirve como agente conductor de ánodo, lo que mejora la conductividad eléctrica de la capa de material activo de ánodo 22B.

Los ejemplos del material de carbono incluyen carbono grafitizable, carbono no grafitizable, grafito, etc. Cabe señalar que el espaciado entre planos de un plano (002) en el carbono no grafitizable es preferiblemente de 0,37 nm o más, y el espaciado entre planos de un plano (002) en el grafito es preferiblemente de 0,34 nm o menos.

Más específicamente, los ejemplos del material de carbono incluyen carbones pirolíticos, coques, fibras de carbono vítreo, cuerpos cocidos de compuestos poliméricos orgánicos, carbón activado, negros de carbón, etc. Los coques incluyen, por ejemplo, coque de brea, coque de aguja, coque de petróleo, etc. El cuerpo cocido del compuesto de polímero orgánico es un producto cocido como resultado de la cocción (carbonización) de un compuesto polimérico tal como una resina de fenol o una resina de furano a una temperatura apropiada. Aparte de lo anterior, el material de carbono puede ser, por ejemplo, carbono poco cristalino sometido a un tratamiento térmico a una temperatura de aproximadamente 1000°C o menor, o carbono amorfo. Los ejemplos de una forma del material de carbono incluyen una forma fibrosa, una forma esférica, una forma granular, una forma escamosa, etc.

El material a base de metales es un término genérico para un material que contiene uno o más elementos metálicos y elementos metaloides como elementos constituyentes. Un motivo para esto es que es posible obtener una alta densidad de energía.

El material a base de metales puede ser una sustancia simple, una aleación, un compuesto, una mezcla de dos o más de los mismos, o un material que contenga una o más fases del mismo. Cabe señalar que la aleación abarca no sólo un compuesto que contiene dos o más elementos metálicos, sino también un compuesto que contiene uno o más elementos metálicos y uno o más elementos metaloides. Además, la aleación puede contener uno o más elementos no metálicos. Los ejemplos de una estructura del material a base de metales incluyen una disolución sólida, un eutéctico (una mezcla eutéctica), un compuesto intermetálico, una coexistencia de dos o más de los mismos, etc.

Cada uno del elemento metálico y el elemento metaloide puede formar una aleación con litio. Específicamente, los ejemplos del elemento metálico y el elemento metaloide incluyen magnesio, boro, aluminio, galio, indio, silicio, germanio, estaño, plomo, bismuto, cadmio, plata, zinc, hafnio, zirconio, itrio, paladio, platino, etc.

En particular, se prefieren el silicio y el estaño, y se prefiere más el silicio. Un motivo para esto es que es posible obtener una densidad de energía notablemente alta debido al rendimiento superior de inserción y extracción de litio.

Específicamente, el material a base de metales puede ser una sustancia simple de silicio, una aleación de silicio, un compuesto de silicio, una sustancia simple de estaño, una aleación de estaño, un compuesto de estaño, una mezcla de dos o más de los mismos, o un material que contiene una o más fases de los mismos. Dado que la sustancia única descrita en este caso se refiere a una sustancia única general, la sustancia única puede contener una pequeña cantidad de impurezas. Dicho de otro modo, la pureza de la sustancia única no se limita necesariamente al 100%.

La aleación de silicio contiene, por ejemplo, estaño, níquel, cobre, hierro, cobalto, manganeso, zinc, indio, plata, titanio, germanio, bismuto, antimonio, cromo, etc., como elementos constituyentes distintos del silicio. El compuesto de silicio contiene, por ejemplo, carbono, oxígeno, etc., como elementos constituyentes distintos del silicio. Cabe señalar que el compuesto de silicio puede contener, por ejemplo, el elemento constituyente descrito en relación con la aleación de silicio, como elemento constituyente distinto del silicio.

Los ejemplos de la aleación de silicio y el compuesto de silicio incluyen SiB_4 , SiB_6 , Mg_2Si , Ni_2Si , TiSi_2 , MoSi_2 , CoSi_2 , NiSi_2 , CaSi_2 , CrSi_2 , Cu_5Si , FeSi_2 , MnSi_2 , NbSi_2 , TaSi_2 , VSi_2 , WSi_2 , ZnSi_2 , SiC , Si_3N_4 , $\text{Si}_2\text{N}_2\text{O}$, SiO_v ($0 < v \leq 2$), etc. Cabe señalar que un intervalo de v puede ser, por ejemplo, $0,2 < v < 1,4$.

La aleación de estaño contiene, por ejemplo, silicio, níquel, cobre, hierro, cobalto, manganeso, zinc, indio, plata, titanio, germanio, bismuto, antimonio, cromo, etc., como elementos constituyentes distintos del estaño. El compuesto de estaño contiene, por ejemplo, carbono, oxígeno, etc., como elementos constituyentes distintos del estaño. Cabe señalar que el compuesto de estaño puede contener, por ejemplo, el elemento constituyente descrito en relación con la aleación de estaño como elemento constituyente distinto del estaño.

Los ejemplos de la aleación de estaño y el compuesto de estaño incluyen SnO_w ($0 < w \leq 2$), SnSiO_3 , Mg_2Sn , etc.

En particular, se prefiere que el material de ánodo contenga el material de carbono, el material a base de metales, o ambos, junto con el compuesto cíclico. En este caso, el material de ánodo puede contener el material de carbono junto con el compuesto cíclico, puede contener el material a base de metales junto con el compuesto cíclico, o puede contener el material de carbono y el material a base de metales junto con el compuesto cíclico. Un motivo para esto es que es posible obtener una alta capacidad teórica (capacidad de batería) y esto dificulta suficientemente que la capa de material activo de ánodo 22B se expanda y se contraiga en los momentos de la carga y descarga.

La razón de mezcla del compuesto cíclico con respecto al material de carbono y el material a base de metales no está particularmente limitada. En particular, la razón en peso del compuesto cíclico con respecto al compuesto cíclico, el material de carbono y el material a base de metales (= peso de compuesto cíclico / (peso de compuesto cíclico + peso de material de carbono + peso de material a base de metales)) es preferiblemente de desde 0,01 hasta 0,99, y más preferiblemente desde 0,05 hasta 0,90. Un motivo para esto es que es posible obtener una alta capacidad de batería mientras se suprime suficientemente la expansión y contracción de la capa de material activo de ánodo 22B en los momentos de la carga y descarga.

(Aglutinante de ánodo y agente conductor de ánodo)

Los detalles relacionados con el aglutinante de ánodo son, por ejemplo, similares a los relacionados con el aglutinante de cátodo. Los detalles del agente conductor de ánodo son, por ejemplo, similares a los del agente conductor de cátodo.

(Método de formación de la capa de material activo de ánodo)

Un método de formación de la capa de material activo de ánodo 22B no está particularmente limitado; sin embargo, los ejemplos del mismo incluyen un método de recubrimiento, un método en fase de vapor, un método en fase líquida, un método de pulverización térmica, un método de cocido (un método de sinterización), etc. El método de recubrimiento es, por ejemplo, un método que aplica, al colector de corriente de ánodo 22A, una disolución en la que una mezcla del material activo de ánodo en forma de partículas (polvo), el aglutinante de ánodo, etc. se disuelve o dispersa mediante un disolvente orgánico, etc. Los ejemplos del método en fase de vapor incluyen un método de deposición física, un método de deposición química, etc. Más específicamente, los ejemplos del método en fase de vapor incluyen un método de deposición a vacío, un método de bombardeo catódico, un método de chapado iónico, un método de ablación con láser, un método de deposición química en fase vapor térmica, un método de deposición química en fase vapor (CVD), un método de deposición química en fase vapor por plasma, etc. Los ejemplos del método en fase líquida incluyen un método de chapado electrolítica, un método de chapado no electrolítico, etc. El método de pulverización térmica es un método de pulverización del material activo de ánodo en un estado fundido o un estado semifundido sobre el colector de corriente de ánodo 22A. El método de cocido es, por ejemplo, un método de aplicar una disolución al colector de corriente de ánodo 22A mediante un método de recubrimiento, y después de eso realizar un tratamiento térmico en la disolución (una película de recubrimiento) a una temperatura mayor que el punto de fusión del aglutinante de ánodo, etc. Los ejemplos más específicos del método de cocido incluyen un método de cocido atmosférico, un método de cocido por reacción, un método de cocido por prensado en caliente, etc.

[Separador]

Tal como se ilustra en la figura 2, por ejemplo, el separador 23 está interpuesto entre el cátodo 21 y el ánodo 22. El separador 23 permite el paso de un ion de litio a través del mismo mientras que se impide el cortocircuito provocado por el contacto de los dos electrodos. Por ejemplo, el separador 23 incluye una película porosa de una resina sintética, cerámica, etc. El separador 23 puede ser una película laminada en la que dos o más películas porosas se laminan unas sobre otras. Los ejemplos de la resina sintética incluyen polietileno, etc.

En particular, el separador 23 puede incluir, por ejemplo, la película porosa descrita anteriormente (una capa de base) y una capa de compuesto polimérico prevista en la capa de base. La capa de compuesto polimérico puede estar prevista sobre un único lado de la capa de base, o puede estar prevista sobre ambos lados de la capa de base. Un motivo para esto es que se mejora la adhesividad del separador 23 a cada uno del cátodo 21 y el ánodo 22, lo que hace que sea más difícil que se distorsione el cuerpo de electrodo enrollado en espiral 20. Por consiguiente, se suprime una reacción de descomposición de la disolución electrolítica, y también se suprime el escape de la disolución electrolítica con la que se impregna la capa de base. Por tanto, incluso cuando se repiten la carga y la descarga, es más difícil que aumente la resistencia eléctrica de la batería secundaria de iones de litio, y es más difícil que se hinche la batería secundaria de iones de litio.

Por ejemplo, la capa de compuesto polimérico contiene un compuesto polimérico tal como poli(fluoruro de vinilideno). Un motivo para esto es que es superior en cuanto a resistencia física y es electroquímicamente estable. Cabe señalar que, por ejemplo, la capa de compuesto polimérico puede contener una partícula aislante tal como una partícula inorgánica. Un motivo para esto es que se mejora la seguridad. La partícula inorgánica no está particularmente limitada en cuanto a su tipo; sin embargo, la partícula inorgánica es, por ejemplo, óxido de aluminio, nitrato de aluminio, etc.

[Disolución electrolítica]

Tal como se describió anteriormente, el cuerpo de electrodo enrollado en espiral 20 se impregna con la disolución electrolítica. Por este motivo, por ejemplo, el separador 23 se impregna con la disolución electrolítica y cada uno del cátodo 21 y el ánodo 22 se impregna con la disolución electrolítica.

La disolución electrolítica contiene un disolvente y una sal de electrolito. Cabe señalar que, por ejemplo, la disolución electrolítica puede contener además diversos aditivos.

(Disolvente)

El disolvente contiene, por ejemplo, un disolvente no acuoso (un disolvente orgánico). La disolución electrolítica que contiene el disolvente no acuoso es una denominada disolución electrolítica no acuosa. Los ejemplos del disolvente no acuoso incluyen éster de carbonato cíclico, éster de carbonato de cadena, éster de carboxilato de cadena, lactona, un compuesto de nitrilo (mononitrilo), etc. Un motivo para esto es que es posible obtener una capacidad de batería superior, una característica de ciclo superior, una característica de almacenamiento superior, etc.

Los ejemplos del éster de carbonato cíclico incluyen carbonato de etileno, carbonato de propileno, carbonato de butileno, etc. Los ejemplos del éster de carbonato de cadena incluyen carbonato de dimetilo, carbonato de dietilo, carbonato de etilmetilo, carbonato de metilpropilo, etc. Los ejemplos del éster de carboxilato de cadena incluyen acetato de metilo, acetato de etilo, propionato de metilo, propionato de etilo, propionato de propilo, butirato de metilo, isobutirato de metilo, trimetilacetato de metilo, trimetilacetato de etilo, etc. Los ejemplos de la lactona incluyen γ -butirolactona, γ -valerolactona, etc. Los ejemplos del compuesto de nitrilo incluyen acetnitrilo, metoxiacetnitrilo, 3-metoxipropionitrilo, etc.

Además, los ejemplos del disolvente no acuoso incluyen 1,2-dimetoxietano, tetrahidrofurano, 2-metiltetrahidrofurano, tetrahidropirano, 1,3-dioxolano, 4-metil-1,3-dioxolano, 1,3-dioxano, 1,4-dioxano, N,N-dimetilformamida, N-metilpirrolidinona, N-metiloxazolidinona, N,N'-dimetilimidazolidinona, nitrometano, nitroetano, sulfolano, fosfato de trimetilo, dimetilsulfóxido, etc. Un motivo para esto es que es posible obtener una ventaja similar.

- 5 Además de los anteriores, el disolvente no acuoso puede ser un éster de carbonato cíclico insaturado, un éster de carbonato halogenado, un éster de sulfonato, un anhídrido de ácido, un compuesto de nitrilo polivalente, un compuesto de diisocianato, un éster de fosfato, etc. Un motivo para esto es que se mejora la estabilidad química de la disolución electrolítica.

- 10 Los ejemplos del éster de carbonato cíclico insaturado incluyen carbonato de vinileno (1,3-dioxol-2-ona), carbonato de viniletileno (4-vinil-1,3-dioxolano-2-ona), carbonato de metilenetileno (4-metilen-1, 3-dioxolano-2-ona), etc. Los ejemplos del éster de carbonato halogenado incluyen 4-fluoro-1,3-dioxolan-2-ona, 4,5-difluoro-1,3-dioxolan-2-ona, fluorometilmetilcarbonato, bis(fluorometil)carbonato, difluorometilmetilcarbonato, etc. Los ejemplos del éster de sulfonato incluyen 1,3-propanosultón, 1,3-propenosultón, etc. Los ejemplos del anhídrido ácido incluyen anhídrido succínico, anhídrido etanodisulfónico, anhídrido sulfobenzóico, etc. Los ejemplos del compuesto de nitrilo polivalente incluyen succinonitrilo, etc. Los ejemplos del compuesto de diisocianato incluyen $\text{OCN-C}_6\text{H}_{12}\text{-NCO}$, etc. Los ejemplos del éster de fosfato incluyen fosfato de trimetilo, etc.

(Sal de electrolito)

- 20 La sal de electrolito es, por ejemplo, una sal de litio. Cabe señalar que la sal de electrolito puede contener adicionalmente, por ejemplo, una sal distinta de sal de litio. Los ejemplos de las otras sales incluyen una sal de un metal ligero distinto de litio.

Los ejemplos de la sal de litio incluyen hexafluorofosfato de litio (LiPF_6), tetrafluoroborato de litio (LiBF_4), bis(fluorosulfonil)amidolito ($\text{LiN}(\text{SO}_2\text{F})_2$), bis(trifluorometanosulfonil)amidolito ($\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$), difluorofosfato de litio (LiPF_2O_2), fluorofosfato de litio (Li_2PFO_3), etc.

- 25 Un contenido de la sal de electrolito no está particularmente limitado; sin embargo, el contenido de la sal de electrolito es de, por ejemplo, desde 0,3 mol/kg hasta 3,0 mol/kg con respecto al disolvente.

<1-2. Funcionamiento>

- 30 Por ejemplo, la batería secundaria de iones de litio funciona de la siguiente manera. En el momento de la carga, se extraen los iones de litio del cátodo 21, y se insertan los iones de litio en el ánodo 22 a través de la disolución electrolítica. En el momento de la descarga, se extraen iones de litio del ánodo 22, y se insertan los iones de litio en el cátodo 21 a través de la disolución electrolítica.

<1-3. Método de fabricación>

Por ejemplo, la batería secundaria de iones de litio se fabrica mediante el siguiente procedimiento.

[Fabricación del cátodo]

- 35 En primer lugar, se mezcla un material activo de cátodo con un aglutinante de cátodo, un agente conductor de cátodo, etc. según se necesite para proporcionar una mezcla de cátodo. Después de eso, se dispersa la mezcla de cátodo en un disolvente orgánico, etc. para obtener una suspensión de cátodo similar a una pasta. Por último, después de aplicarse la suspensión de mezcla de cátodo a ambas superficies del colector de corriente de cátodo 21A, se seca la suspensión de mezcla de cátodo para formar la capa de material activo de cátodo 21B. Después de eso, puede moldearse por compresión la capa de material activo de cátodo 21B mediante el uso de una máquina de prensado de rodillos, etc. En este caso, puede calentarse la capa de material activo de cátodo 21B, o puede repetirse el moldeado por compresión una pluralidad de veces.

[Fabricación del ánodo]

- 45 Se forman las capas de material activo de ánodo 22B sobre ambas superficies del colector de corriente de ánodo 22A mediante un procedimiento similar al procedimiento de fabricación del cátodo 21 descrito anteriormente. Específicamente, se mezcla un material activo de ánodo que contiene el compuesto cíclico con un aglutinante de ánodo, un agente conductor de ánodo, etc., según se necesite para proporcionar una mezcla de ánodo. Después de eso, se dispersa la mezcla de ánodo en un disolvente orgánico, etc. para obtener una suspensión de mezcla de ánodo similar a una pasta. Después de eso, se aplica la suspensión de mezcla de ánodo a ambas superficies del colector de corriente de ánodo 22A y, después de eso, se seca la suspensión de mezcla de ánodo. Se forma de ese modo la capa de material activo de ánodo 22B. Como resultado, se fabrica el ánodo 22. Después de eso, puede moldearse por compresión la capa de material activo de ánodo 22B.

[Preparación de la disolución electrolítica]

Después de añadir la sal de electrolito al disolvente, se agita el disolvente. Se disuelve de ese modo la sal de

electrolito. Como resultado, se prepara la disolución electrolítica.

[Ensamblaje de la batería secundaria de iones de litio]

5 En primer lugar, se acopla el conector de cátodo 25 al colector de corriente de cátodo 21A mediante un método de soldadura, etc., y se acopla el conector de ánodo 26 al colector de corriente de ánodo 22A mediante un método de soldadura, etc. Después de eso, se apilan el cátodo 21 y el ánodo 22 uno sobre otro con el separador 23 interpuesto entre los mismos. Después de eso, se enrollan en espiral el cátodo 21, el ánodo 22 y el separador 23 para formar un cuerpo enrollado en espiral. Después de eso, se inserta el pasador central 24 en el espacio 20C previsto en el centro de enrollamiento en espiral del cuerpo enrollado en espiral.

10 Después de eso, en un estado en el que se intercala el cuerpo enrollado en espiral entre el par de placas aislantes 12 y 13, se aloja el cuerpo enrollado en espiral dentro del vaso de batería 11 junto con las placas aislantes 12 y 13. En este caso, se acopla el conector de cátodo 25 al mecanismo de válvula de seguridad 15 mediante un método de soldadura, etc., y se acopla el conector de ánodo 26 al vaso de batería 11 mediante un método de soldadura, etc. Después de eso, se inyecta la disolución electrolítica en el vaso de batería 11 para impregnar el cuerpo enrollado en espiral con la disolución electrolítica. Se impregna de ese modo cada uno del cátodo 21, el ánodo 22 y el separador 15 23 con la disolución electrolítica. Como resultado, se forma el cuerpo de electrodo enrollado en espiral 20.

Por último, se engarza el extremo abierto del vaso de batería 11 con la junta 17. Se unen de ese modo la tapa de batería 14, el mecanismo de válvula de seguridad 15 y el dispositivo de coeficiente positivo de temperatura 16 al extremo abierto del vaso de batería 11. Se sella de ese modo el cuerpo de electrodo enrollado en espiral 20 dentro del vaso de batería 11. Como resultado, se completa la batería secundaria de iones de litio.

20 <1-4. Mecanismos y efectos>

Según la batería secundaria de iones de litio de tipo cilíndrico, el ánodo 22 contiene el compuesto cíclico, es decir, uno o más del primer compuesto cíclico, el segundo compuesto cíclico y el tercer compuesto cíclico. En este caso, en comparación con el caso en el que el ánodo 22 no contiene el compuesto cíclico, el compuesto cíclico sirve como material activo de ánodo (el material de ánodo), y el compuesto cíclico suprime la expansión y contracción de la 25 capa de material activo de ánodo 22B en los momentos de la carga y descarga, tal como se describió anteriormente. Como resultado, es posible obtener una característica de batería superior.

El caso en el que el ánodo 22 no contiene el compuesto cíclico descrito anteriormente se refiere a no sólo un caso en el que el ánodo 22 no contiene ninguno del primer compuesto cíclico, el segundo compuesto cíclico y el tercer compuesto cíclico, sino también a un caso en el que el ánodo 22 contiene otro compuesto cíclico similar al 30 compuesto cíclico. Los ejemplos de los otros compuestos cíclicos incluyen un compuesto cíclico que contiene oxígeno, un compuesto cíclico que contiene nitrógeno, un compuesto cíclico que contiene oxígeno-nitrógeno, etc. Los ejemplos del compuesto cíclico que contiene oxígeno incluyen éter corona, criptando, etc. Los ejemplos del compuesto cíclico que contiene nitrógeno incluyen cicleno, etc. Los ejemplos del compuesto cíclico que contiene oxígeno-nitrógeno incluyen 4,10-diaza-12-corona-4-éter, etc.

35 En particular, cuando cada uno de M1 a M4 es estaño, etc., es más fácil que los átomos metálicos (M1 a M4) se coordinen con la estructura principal cíclica (la estructura principal de oxígeno cíclica y la estructura principal de nitrógeno cíclica). Esto hace más fácil suprimir la expansión y contracción de la capa de material activo de ánodo 22B en los momentos de la carga y descarga, y aumenta suficientemente el potencial del ánodo 22. Como resultado, es posible obtener un mayor efecto.

40 Además, cuando cada uno de Y1 a Y4 es flúor, etc., como en el caso en el que cada uno de M1 a M4 es estaño, etc., es más fácil que los átomos metálicos (M1 a M4) se coordinen con la estructura principal cíclica (la estructura principal de oxígeno cíclica y la estructura principal de nitrógeno cíclica). Como resultado, es posible obtener un mayor efecto.

45 Además, cuando todos de X1 a X8 son grupos oxo o grupos imino, es más fácil suprimir la expansión y contracción de la capa de material activo de ánodo 22B en los momentos de la carga y descarga. Como resultado, es posible obtener un mayor efecto.

Además, cuando el primer compuesto cíclico es un compuesto de coordinación no metálico cíclico, el segundo compuesto cíclico es un compuesto de coordinación metálico de tipo éter corona y el tercer compuesto cíclico es un 50 compuesto de coordinación metálico de tipo éter aza-corona, es más fácil que el compuesto cíclico se extienda y se contraiga. Esto hace más difícil que la capa de material activo de ánodo 22B se expanda y se contraiga en los momentos de la carga y descarga. Como resultado, es posible obtener un mayor efecto.

Además, cuando el ánodo 22 contiene el material de carbono, el material a base de metales, o ambos junto con el compuesto cíclico, y la razón en peso de los mismos es de desde 0,01 hasta 0,99, es posible obtener una alta 55 capacidad de batería mientras que se suprimen suficientemente la expansión y contracción de la capa de material activo de ánodo 22B en los momentos de la carga y descarga. Como resultado, es posible obtener un mayor efecto.

Un motivo es.

Aparte de lo anterior, según el ánodo 22 que va a usarse en la batería secundaria de iones de litio de tipo cilíndrico, el ánodo 22 contiene el compuesto cíclico descrito anteriormente. Por consiguiente, es posible obtener una característica de batería superior por un motivo similar al del caso descrito en relación con la batería secundaria de iones de litio.

<2. Batería secundaria de iones de litio y ánodo para batería secundaria de iones de litio (de tipo película laminada)>

A continuación, se proporciona la descripción de otra batería secundaria de iones de litio según una realización de la presente tecnología y otro ánodo para batería secundaria de iones de litio según una realización de la presente tecnología. En la descripción a continuación, se hará referencia, cuando sea apropiado, a los componentes de la batería secundaria de iones de litio de tipo cilíndrico que ya se han descrito (véanse las figuras 1 y 2).

La figura 3 ilustra una configuración en perspectiva de otra batería secundaria de iones de litio, y la figura 4 muestra una ampliación de una configuración en sección transversal de una parte principal (un cuerpo de electrodo enrollado en espiral 30) de la batería secundaria de iones de litio tomada a lo largo de la línea IV-IV ilustrada en la figura 3. Cabe señalar que la figura 4 ilustra un estado en el que el cuerpo de electrodo enrollado en espiral 30 y un elemento de envase exterior 40 están separados entre sí.

<2-1. Configuración>

Tal como se ilustra en la figura 4, la batería secundaria de iones de litio es, por ejemplo, una batería secundaria de iones de litio de un tipo película laminada en la que se aloja un dispositivo de batería (el cuerpo de electrodo enrollado en espiral 30) dentro del elemento de envase exterior de tipo película 40 que tiene elasticidad (o flexibilidad).

Por ejemplo, el cuerpo de electrodo enrollado en espiral 30 es una estructura formada apilando un cátodo 33 y un ánodo 34 con un separador 35 y una capa de electrolito 36 interpuestos entre los mismos, y después de eso enrollando en espiral el cátodo 33, el ánodo 34, el separador 35 y la capa de electrolito 36. Por ejemplo, una superficie del cuerpo de electrodo enrollado en espiral 30 está protegida por una cinta protectora 37. Por ejemplo, la capa de electrolito 36 está interpuesta entre el cátodo 33 y el separador 35, y está interpuesta entre el ánodo 34 y el separador 35.

Se acopla un conector de cátodo 31 al cátodo 33. El conector de cátodo 31 se lleva hacia el exterior desde el interior del elemento de envase exterior 40. Por ejemplo, un material para formar el conector de cátodo 31 es similar al material para formar el conector de cátodo 25. Por ejemplo, una forma del conector de cátodo 31 es una forma de placa delgada, una forma de malla, etc.

Se acopla un conector de ánodo 32 al ánodo 34. El conector de ánodo 32 sale desde el interior hacia el exterior del elemento de envase exterior 40. Por ejemplo, una dirección de salida del conector de ánodo 32 es la misma que una dirección de salida del conector de cátodo 31. Por ejemplo, un material para formar el conector de ánodo 32 es similar al material para formar el conector de ánodo 26. Por ejemplo, una forma del conector de ánodo 32 es similar a la forma del conector de cátodo 31.

[Elemento de envase exterior]

Por ejemplo, el elemento de envase exterior 40 es una película individual que puede plegarse en la dirección de una flecha R ilustrada en la figura 3. Por ejemplo, una depresión 40U destinada a alojar el cuerpo de electrodo enrollado en espiral 30 está prevista en una porción del elemento de envase exterior 40.

Por ejemplo, el elemento de envase exterior 40 es un laminado (una película laminada) en el que se laminan una capa de unión por fusión, una capa metálica y una capa de protección superficial en este orden desde el interior hacia el exterior. Por ejemplo, en un procedimiento de fabricación de la batería secundaria de iones de litio, se pliega el elemento de envase exterior 40 de tal manera que las capas de unión por fusión están dispuestas de manera opuesta entre sí con el cuerpo de electrodo enrollado en espiral 30 interpuesto entre las mismas, y después de eso, se unen por fusión los bordes periféricos exteriores de las capas de unión por fusión entre sí. Por ejemplo, la capa de unión por fusión es una película que contiene un compuesto polimérico tal como polipropileno. Por ejemplo, la capa metálica es una lámina metálica que contiene un material metálico tal como aluminio. Por ejemplo, la capa de protección superficial es una película que contiene un compuesto polimérico tal como nailon. Cabe señalar que el elemento de envase exterior 40 incluye, por ejemplo, dos películas laminadas. Por ejemplo, las dos películas laminadas pueden unirse entre sí con un adhesivo en el medio.

Por ejemplo, se inserta una película adhesiva 41 entre el elemento de envase exterior 40 y el conector de cátodo 31, para impedir la entrada de aire del exterior. La película adhesiva 41 incluye un material que tiene adhesión con respecto al conector de cátodo 31. Por ejemplo, el material descrito anteriormente es una resina de poliolefina tal como polipropileno.

Por ejemplo, se inserta una película adhesiva 42 entre el elemento de envase exterior 40 y el conector de ánodo 32. La película adhesiva 42 tiene una función similar a la de la película adhesiva 41. Un material para formar la película adhesiva 42 es similar al material para formar la película adhesiva 41 excepto que tiene adhesión con respecto al conector de ánodo 32 en lugar del conector de cátodo 31.

5 [Cátodo, ánodo y separador]

El cátodo 33 incluye, por ejemplo, un colector de corriente de cátodo 33A y una capa de material activo de cátodo 33B, y el ánodo 34 incluye, por ejemplo, un colector de corriente de ánodo 34A y una capa de material activo de ánodo 34B. Por ejemplo, las configuraciones del colector de corriente de cátodo 33A, la capa de material activo de cátodo 33B, el colector de corriente de ánodo 34A y la capa de material activo de ánodo 34B son similares a las configuraciones del colector de corriente de cátodo 21A, la capa de material activo de cátodo 21B, el colector de corriente de ánodo 22A y la capa de material activo de ánodo 22B, respectivamente. Es decir, el ánodo 34 contiene el compuesto cíclico. Más específicamente, el ánodo 34 contiene uno o más del primer compuesto cíclico, el segundo compuesto cíclico y el tercer compuesto cíclico. Además, una configuración del separador 35 es, por ejemplo, similar a la del separador 23.

15 [Capa de electrolito]

La capa de electrolito 36 contiene un compuesto polimérico junto con una disolución electrolítica. Dado que la capa de electrolito 36 descrita en este caso es un denominado electrolito en gel, la disolución electrolítica se mantiene por el compuesto polimérico en la capa de electrolito 36. Un motivo para esto es que es posible obtener una alta conductividad iónica (por ejemplo, 1 mS/cm o más a temperatura ambiente) y se impide el escape de la disolución electrolítica. Cabe señalar, por ejemplo, que la capa de electrolito 36 puede incluir además otros materiales tales como diversos aditivos.

(Disolución electrolítica y compuesto polimérico)

Una configuración de la disolución electrolítica es similar a la de la disolución electrolítica que va a usarse en la batería secundaria de tipo cilíndrico. Por ejemplo, el compuesto polimérico incluye un homopolímero, un copolímero, o ambos. Los ejemplos del homopolímero incluyen poli(fluoruro de vinilideno), etc. Los ejemplos del copolímero incluyen un copolímero de fluoruro de vinilideno y hexafluoropireno, etc.

En la capa de electrolito 36 que es un electrolito en gel, un disolvente contenido en la disolución electrolítica es un concepto amplio que abarca no sólo un material líquido, sino también un material que tiene una conductividad iónica que puede disociar la sal de electrolito. Por tanto, en un caso en el que se usa un compuesto polimérico que tiene conductividad iónica, también se incluye el compuesto polimérico en el disolvente.

[Uso de la disolución electrolítica]

Cabe señalar que la disolución electrolítica puede usarse tal cual en lugar de la capa de electrolito 36. En este caso, se impregna el cuerpo de electrodo enrollado en espiral 30 (el cátodo 33, el ánodo 34 y el separador 35) con la disolución electrolítica.

35 <2-2. Funcionamiento>

Por ejemplo, la batería secundaria de iones de litio funciona de la siguiente manera. En el momento de la carga, se extraen los iones de litio del cátodo 33, y se insertan los iones de litio en el ánodo 34 a través de la capa de electrolito 36. En el momento de la descarga, se extraen los iones de litio del ánodo 34, y se insertan los iones de litio en el cátodo 33 a través de la capa de electrolito 36.

40 <2-3. Método de fabricación>

Por ejemplo, la batería secundaria de iones de litio que incluye la capa de electrolito 36 se fabrica mediante tres procedimientos descritos a continuación.

[Primer procedimiento]

En primer lugar, se fabrica el cátodo 33 mediante un procedimiento similar al procedimiento de fabricación del cátodo 21, y se fabrica el ánodo 34 mediante un procedimiento similar al procedimiento de fabricación del ánodo 22. Dicho de otro modo, en el caso de la fabricación del cátodo 33, se forman las capas de material activo de cátodo 33B sobre ambas superficies del colector de corriente de cátodo 33A, y en el caso de la fabricación del ánodo 34, se forman las capas de material activo de ánodo 34B sobre ambas superficies del colector de corriente de ánodo 34A.

Después de eso, se prepara la disolución electrolítica mediante un procedimiento similar al del método de preparación de la disolución electrolítica usada en la batería secundaria de tipo cilíndrico. Después de eso, se mezclan la disolución electrolítica, el compuesto polimérico, el disolvente orgánico, etc. para preparar una disolución precursora. Después de eso, se aplica la disolución precursora al cátodo 33. Después de eso, se seca la disolución precursora para formar la capa de electrolito 36. También se aplica la disolución precursora al ánodo 34. Después

de eso, se seca la disolución precursora para formar la capa de electrolito 36. Después de eso, se acopla el conector de cátodo 31 al colector de corriente de cátodo 33A mediante un método de soldadura, etc., y se acopla el conector de ánodo 32 al colector de corriente de ánodo 34A mediante un método de soldadura, etc. Después de eso, se apilan el cátodo 33 y el ánodo 34 uno sobre otro con el separador 35 interpuesto entre los mismos. Después de eso, se enrollan en espiral el cátodo 33, el ánodo 34 y el separador 35 para formar el cuerpo de electrodo enrollado en espiral 30. Después de eso, se une la cinta protectora 37 a la superficie del cuerpo de electrodo enrollado en espiral 30.

Por último, se pliega el elemento de envase exterior 40 de tal manera que intercala el cuerpo de electrodo enrollado en espiral 30, y después de eso, se unen los bordes periféricos exteriores del elemento de envase exterior 40 entre sí usando un método de fusión térmica, etc. En este caso, se inserta la película adhesiva 41 entre el conector de cátodo 31 y el elemento de envase exterior 40, y se inserta la película adhesiva 42 entre el conector de ánodo 32 y el elemento de envase exterior 40. Se sella de ese modo el cuerpo de electrodo enrollado en espiral 30 dentro del elemento de envase exterior 40. Como resultado, se completa la batería secundaria de iones de litio.

[Segundo procedimiento]

En primer lugar, se fabrican el cátodo 33 y el ánodo 34. Después de eso, se acopla el conector de cátodo 31 al cátodo 33, y se acopla el conector de ánodo 32 al ánodo 34. Después de eso, se apilan el cátodo 33 y el ánodo 34 uno sobre otro con el separador 35 interpuesto entre los mismos. Después de eso, se enrollan en espiral el cátodo 33, el ánodo 34 y el separador 35 para formar un cuerpo enrollado en espiral. Después de eso, se une la cinta protectora 37 a una superficie del cuerpo enrollado en espiral. Después de eso, se pliega el elemento de envase exterior 40 de tal manera que intercala el cuerpo enrollado en espiral. Después de eso, se unen entre sí los bordes periféricos exteriores excepto por un lado del elemento de envase exterior 40 usando un método de unión por fusión térmica, etc. para alojar el cuerpo enrollado en espiral dentro del elemento de envase exterior 40 con forma de bolsa.

Después de eso, se mezclan una disolución electrolítica, un monómero como materia prima de un compuesto polimérico, un iniciador de polimerización y otros materiales tales como un inhibidor de polimerización según sea necesario. Después de eso, se agita la mezcla para preparar una composición para electrolito. Después de eso, se inyecta la composición para electrolito en el elemento de envase exterior 40 con forma de bolsa. Después de eso, se sella el elemento de envase exterior 40 mediante un método de unión por fusión térmica, etc. Por último, se polimerizan térmicamente los monómeros para formar un compuesto polimérico. Esto provoca que la disolución electrolítica sea mantenida por el compuesto polimérico. Se forma de ese modo la capa de electrolito 36. Se sella de ese modo el cuerpo de electrodo enrollado en espiral 30 dentro del elemento de envase exterior 40. Como resultado, se completa la batería secundaria de iones de litio.

[Tercer procedimiento]

En primer lugar, se fabrica un cuerpo enrollado en espiral mediante un procedimiento similar al segundo procedimiento descrito anteriormente excepto que se usa el separador 35 en el que se forma la capa de compuesto polimérico sobre la capa de base. Después de eso, se aloja el cuerpo enrollado en espiral dentro del elemento de envase exterior 40 con forma de bolsa. Después de eso, se inyecta la disolución electrolítica en el elemento de envase exterior 40. Después de eso, se sella una abertura del elemento de envase exterior 40 usando un método de unión por fusión térmica, etc. Por último, se adhiere el separador 35 con cada uno del cátodo 33 y el ánodo 34 con la capa de compuesto polimérico interpuesta entre los mismos calentando el elemento de envase exterior 40 mientras se aplica un peso al elemento de envase exterior 40. Se gelifica de ese modo la capa de compuesto polimérico impregnada con la disolución electrolítica. Se forma de ese modo la capa de electrolito 36. Se sella de ese modo el cuerpo de electrodo enrollado en espiral 30 dentro del elemento de envase exterior 40. Como resultado, se completa la batería secundaria de iones de litio.

En el tercer procedimiento, es más difícil que la batería secundaria de iones de litio se hinche en comparación con el primer procedimiento. Además, en el tercer procedimiento, en comparación con el segundo procedimiento, es más difícil que el disolvente y el monómero (la materia prima del compuesto polimérico) se permanezcan en la capa de electrolito 36. Por tanto, cada uno del cátodo 33, el ánodo 34 y el separador 35 se adhiere suficientemente a la capa de electrolito 36.

<2-4. Mecanismos y efectos>

Según la batería secundaria de iones de litio del tipo película laminada, el ánodo 34 contiene el compuesto cíclico, es decir, uno o más del primer compuesto cíclico, el segundo compuesto cíclico y el tercer compuesto cíclico. Por consiguiente, es posible obtener una característica de batería superior por un motivo similar al del caso descrito en relación con la batería secundaria de iones de litio del tipo cilíndrico.

Cabe señalar que otros mecanismos y efectos de la batería secundaria de iones de litio de tipo película laminada son similares a los otros mecanismos y efectos de la batería secundaria de iones de litio de tipo cilíndrico.

<3. Aplicaciones de la batería secundaria de iones de litio y el ánodo para batería secundaria de iones de litio>

Por ejemplo, una aplicación de la batería secundaria de iones de litio según una realización de la presente tecnología es tal como se describe a continuación. Cabe señalar que, dado que una aplicación del ánodo para una batería secundaria de iones de litio de la presente tecnología es la misma que la aplicación de la batería secundaria de iones de litio, se describirán juntos a continuación la aplicación del ánodo para batería secundaria de iones de litio.

La aplicación de la batería secundaria de iones de litio no está particularmente limitada siempre que sea una máquina, un dispositivo, una herramienta, un aparato, un sistema (un conjunto de una pluralidad de dispositivos y similares), o similares que puedan utilizar la batería secundaria de iones de litio como fuente de alimentación para el accionamiento, una fuente de almacenamiento de energía para acumulación de energía, etc. La batería secundaria de iones de litio usada como fuente de alimentación puede ser una fuente de alimentación principal o una fuente de alimentación auxiliar. La fuente de alimentación principal es una fuente de alimentación que se usa de manera preferente con independencia de la presencia o ausencia de otras fuentes de alimentación. La fuente de alimentación auxiliar puede ser, por ejemplo, una fuente de alimentación usada en lugar de la fuente de alimentación principal, o puede ser una fuente de alimentación conmutada desde la fuente de alimentación principal según se necesite. En un caso en el que la batería secundaria de iones de litio se usa como fuente de alimentación auxiliar, un tipo de la fuente de alimentación principal no está limitado a la batería secundaria de iones de litio.

Por ejemplo, la aplicación de la batería secundaria de iones de litio es de la siguiente manera. Es un aparato electrónico (incluyendo un aparato electrónico portátil) tal como una cámara de video, una cámara fotográfica digital, un teléfono móvil, un ordenador personal portátil, un teléfono inalámbrico, auriculares estéreo, una radio portátil, un televisor portátil o un terminal de información portátil. Es un electrodoméstico portátil tal como una maquinilla de afeitar eléctrica. Es un aparato de almacenamiento tales como una fuente de alimentación de reserva o una tarjeta de memoria. Es una herramienta eléctrica tal como un taladro eléctrico o una sierra eléctrica. Es un bloque de baterías que va a montarse en un ordenador personal portátil, etc. como fuente de alimentación que puede conectarse y desconectarse. Es un aparato electrónico médico tal como un marcapasos o un audífono. Es un vehículo eléctrico tal como un automóvil eléctrico (incluyendo un automóvil híbrido). Es un sistema de almacenamiento de energía eléctrica, tal como un sistema de baterías doméstico que almacena energía eléctrica en preparación para una emergencia. No hace falta decir que la aplicación de la batería secundaria de iones de litio puede ser otra aplicación distinta de las aplicaciones descritas anteriormente.

Ejemplos de trabajo

A continuación, se describen los ejemplos de trabajo de la presente tecnología. Cabe señalar que se proporciona la descripción en el siguiente orden.

1. Fabricación de batería secundaria de iones de litio
2. Evaluación de batería secundaria de iones de litio
3. Análisis
4. Conclusión

Tal como se describe a continuación, después de fabricarse una batería secundaria de iones de litio de prueba, se evaluaron las características de batería de la batería secundaria de iones de litio.

<1. Fabricación de la batería secundaria de iones de litio>

La figura 5 ilustra una configuración en sección transversal de la batería secundaria de prueba. La batería secundaria es una batería secundaria de iones de litio de tipo botón en la que se apilan uno sobre otro un electrodo de prueba 51 y un contraelectrodo 52 con un separador 53 interpuesto entre los mismos, y se unen entre sí un vaso de envase exterior 54 que aloja el electrodo de prueba 51 y una cubeta de envase exterior 55 que aloja el contraelectrodo 52 engarzándose con una junta 56.

[Fabricación del electrodo de prueba]

En el caso de la fabricación del electrodo de prueba 51, en primer lugar, se mezclaron 95 partes en masa de un material activo de ánodo y 5 partes en masa de un aglutinante de ánodo (poli(fluoruro de vinilideno)) para obtener una mezcla de ánodo. Después de eso, se introdujo la mezcla de ánodo en un disolvente orgánico (N-metil-2-pirrolidona). Después de eso, se agitó el disolvente orgánico para obtener una suspensión de mezcla de ánodo similar a una pasta. Después de eso, se aplicó la suspensión de mezcla de ánodo a ambas superficies de un colector de corriente de ánodo (una lámina de cobre, grosor = 8 μm) usando un aparato de recubrimiento. Después de eso, se secó la suspensión de mezcla de ánodo para formar la capa de material activo de ánodo. Por último, se moldeó por compresión la capa de material activo de ánodo usando una máquina de prensado de rodillos.

Como material activo de ánodo, se usaron el compuesto cíclico, el material de carbono, el material a base de metales y los otros compuestos cíclicos. Un tipo y una composición (una razón en peso) del material activo de ánodo

son tal como se describen en las tablas 1 y 2.

5 Como compuesto cíclico, se usaron el primer compuesto cíclico (el compuesto de coordinación no metálico cíclico), el segundo compuesto cíclico (el compuesto de coordinación metálico de tipo éter corona) y el tercer compuesto cíclico (el compuesto de coordinación metálico de tipo éter aza-corona). Un tipo de cada uno del compuesto de coordinación no metálico cíclico, el compuesto de coordinación metálico de tipo éter corona y el compuesto de coordinación metálico de tipo éter aza-corona es tal como se describe en la tabla 1.

Se usó grafito (Gr) como material de carbono, y se usaron silicio (Si) y estaño (Sn) como material a base de metales.

10 Como los otros compuestos cíclicos, se usaron el compuesto cíclico que contiene oxígeno (éter corona (CE) y criptando (CRP)), el compuesto cíclico que contiene nitrógeno (ciclono (CYC)) y el compuesto cíclico que contiene oxígeno-nitrógeno (4,10-diaza-12-corona-4-éter (DACE)).

15 En este caso, se mezclaron dos tipos de materiales activos de ánodo según se necesite. Una razón en peso en un caso en el que se usan el compuesto cíclico y el material de carbono es una razón en peso del compuesto cíclico con respecto al compuesto cíclico y el material de carbono. Una razón en peso en el caso en el que se usan el compuesto cíclico y el material a base de metales es una razón en peso del compuesto cíclico con respecto al compuesto cíclico y el material a base de metales. Una razón en peso en el caso en el que se usan el material de carbono y el material a base de metales es una razón en peso del material a base de metales con respecto al material de carbono y el material a base de metales. Una razón en peso en un caso en el que se usan el material de carbono y los otros compuestos cíclicos es una razón en peso de los otros compuestos cíclicos con respecto al material de carbonos y los compuestos cíclicos.

20 [Preparación de la disolución electrolítica]

En el caso de la preparación de la disolución electrolítica, se añadió una sal de electrolito (hexafluorofosfato de litio) a un disolvente (carbonato de etileno y carbonato de dietilo). Después de eso, se agitó el disolvente para disolver la sal de electrolito. En este caso, la razón de mezcla (razón en peso) del disolvente era carbonato de etileno:carbonato de dietilo = 30:70, y el contenido de la sal de electrolito era de 1 mol/kg con respecto al disolvente.

25 [Ensamblaje de la batería secundaria]

30 En el caso del ensamblaje de la batería secundaria, se troqueló el electrodo de prueba 51 para dar una forma de pastilla. Después de eso, se alojó el cátodo 51 dentro del vaso de envase exterior 54. Después de eso, se troqueló el contraelectrodo 52 (una placa de litio metálico, grosor = 100 μm) para dar una forma de pastilla. Después de eso, se alojó el contraelectrodo 52 dentro de la cubeta de envase exterior 55. Después de eso, se apilaron uno sobre otro el electrodo de prueba 51 alojado dentro del vaso de envase exterior 54 y el contraelectrodo 52 alojado dentro de la cubeta de envase exterior 55 con el separador 53 (una película porosa de poliolefina, grosor = 23 μm) interpuesto entre los mismos. Después de eso, se unieron entre sí el vaso de envase exterior 54 y la cubeta de envase exterior 55 engarzándose con una junta 56. Como resultado, se completó una batería secundaria de iones de litio de tipo botón (capacidad de batería = 2,5 mAh).

35 <2. Evaluación de la batería secundaria de iones de litio>

Se evaluaron las características de batería (una característica de carga-descarga y una característica de resistencia eléctrica) de la batería secundaria de iones de litio, y se obtuvieron los resultados descritos en las tablas 1 y 2.

[Característica de carga-descarga]

40 En el caso de examinar la característica de carga-descarga, en primer lugar, se midió la capacidad de carga (una capacidad de carga inicial: mAh/g) de un primer ciclo cargando la batería secundaria de iones de litio en un entorno a temperatura ambiental (temperatura = 25°C). Después de eso, se midió la capacidad de descarga (mAh/g) del primer ciclo descargando la batería secundaria de iones de litio en el mismo entorno.

45 Después de eso, se midió la capacidad de carga (mAh/g) de un segundo ciclo cargando la batería secundaria de iones de litio en el mismo entorno. Después de eso, se midió la capacidad de descarga (mAh/g) del segundo ciclo descargando la batería secundaria de iones de litio en el mismo entorno. Por último, se calculó el rendimiento de descarga (%) en función de un resultado de medición de la capacidad de descarga del primer ciclo y un resultado de medición de la capacidad de descarga del segundo ciclo. Se calcula el rendimiento de descarga mediante $\text{rendimiento de descarga (\%)} = (\text{capacidad de descarga del segundo ciclo} / \text{capacidad de descarga del primer ciclo}) \times 100$.

50 En el momento de la carga, se realizó una carga de corriente constante a una corriente de 0,2 ItA hasta que la tensión alcanzó 0,05 V. Después de eso, se realizó una carga de tensión constante a una tensión de 0,05 V hasta que la corriente alcanzó 0,01 ItA. En el momento de la descarga, se realizó una descarga de corriente constante a una corriente de 0,2 ItA hasta que la tensión alcanzó 1,5 V. El valor de 0,2 ItA es un valor de corriente en el que la capacidad de batería descrita anteriormente se descarga completamente en cinco horas, y el valor de 0,01 ItA es un

valor de corriente en el que la capacidad de batería descrita anteriormente se descarga completamente en cien horas.

[Característica de resistencia eléctrica]

- 5 En el caso de examinar una característica de resistencia eléctrica, se cargó la batería secundaria de iones de litio hasta que el régimen de carga (SOC) alcanzó el 50% en una temperatura ambiental (temperatura = 25°C). Después de eso, se midió la impedancia (Ω) de la batería secundaria de iones de litio usando un dispositivo de medición electroquímico (un sistema de medición electroquímico multicanal VPM3 disponible de Bio-Logic Science Instruments).
- 10 Las condiciones de carga eran similares a las del caso de examinar la característica de carga-descarga descrita anteriormente. Las condiciones de medición de impedancia eran un intervalo de frecuencia = de 1 MHz a 10 mHz, y una amplitud de corriente alterna (amplitud de CA) = 10 mV. Se midió de ese modo la impedancia a la frecuencia = 10 Hz.

[Tabla 1]
Tabla 1

Ejemplo experimental	Material activo de ánodo					Capacidad de carga inicial (mAh/g)	Rendimiento de descarga (%)	Impedancia (Ω)
	Compuesto cíclico	Material de carbono	Material a base de metales	Otro compuesto cíclico	Razón en peso			
1	Fórmula (4-1)	Gr	-	-	0,1	342,7	99,2	11,7
2	Fórmula (4-2)	Gr	-	-	0,1	323,9	99,3	10,8
3	Fórmula (5-1)	-	-	-	-	274,5	89,7	23,1
4	Fórmula (5-1)	Gr	-	-	0,1	533,8	98,9	16,7
5	Fórmula (6-1)	-	-	-	-	283,1	84,1	25,2
6	Fórmula (6-1)	Gr	-	-	0,1	518,8	97,9	17,5
7	Fórmula (4-2)	-	Si	-	0,1	1545,3	47,7	67,5
8	Fórmula (5-1)	-	Si	-	0,1	1573,1	43,2	53,4
9	Fórmula (6-1)	-	Si	-	0,1	1583,2	49,0	59,5
10	Fórmula (4-2)	-	Sn	-	0,1	645,7	92,3	24,3
11	Fórmula (5-1)	-	Sn	-	0,1	647,8	97,3	22,9
12	Fórmula (6-1)	-	Sn	-	0,1	651,9	91,5	21,3

[Tabla 2]

Tabla 2

Ejemplo experimental	Material activo de ánodo					Capacidad de carga inicial (mAh/g)	Rendimiento de descarga (%)	Impedancia (Ω)
	Compuesto cíclico	Material de carbono	Material a base de metales	Otro compuesto cíclico	Razón en peso			
13	-	Gr	-	-	-	365,6	98,9	12,5
14	-	-	Si	-	-	1680,5	15,7	84,3
15	-	-	Sn	-	-	678,3	87,8	27,3
16	-	Gr	Si	-	0,1	633,9	71,6	42,4
17	-	Gr	Si	-	0,25	765,4	56,7	63,4
18	-	Gr	-	CE	0,1	337,9	96,5	12,4
19	-	Gr	-	CRP	0,1	314,5	97,2	13,1
20	-	Gr	-	CYC	0,1	325,6	94,9	11,7
21	-	Gr	-	DACE	0,1	326,5	93,9	14,5

<3. Análisis>

Una relación entre la configuración del material activo de ánodo y las características de batería (la característica de carga-descarga y la característica de resistencia eléctrica) se describe a continuación con referencia a las tablas 1 y 2.

En el caso en el que se usó el compuesto cíclico como material activo de ánodo (ejemplos experimentales 3 y 5), se obtuvo una alta capacidad de carga inicial de hasta aproximadamente 300 mAh/g mientras que se suprimió la impedancia hasta un nivel del 20%, y también se obtuvo un alto rendimiento de descarga de hasta el 80% o más.

También se obtuvo una tendencia de este tipo en el caso en el que se usaron el material de carbono y el material a base de metales junto con el compuesto cíclico como materiales activos de ánodo (ejemplos experimentales 1, 2, 4 y 6 a 12). Más específicamente, en el caso en el que se usaron el material de carbono y el material a base de metales junto con el compuesto cíclico como materiales activos de ánodo (1, 2, 4 y 6 a 12), se obtuvieron una capacidad de carga inicial, un rendimiento de descarga y una impedancia casi equivalentes a los del caso en el que sólo se usaron el material de carbono y el material a base de metales como materiales activos de ánodo (ejemplos experimentales 13 a 16).

Cabe señalar que, en el caso en el que se usó el compuesto cíclico como material activo de ánodo (ejemplos experimentales 1, 2, 4 y 6 a 12), se mejoraron uno o más de la capacidad de carga inicial, el rendimiento de descarga y la impedancia en comparación con los del caso en el que se usó otro compuesto cíclico como material activo de ánodo (ejemplos experimentales 18 a 21).

<4. Conclusión>

A partir de lo anterior, cuando el ánodo contenía el compuesto cíclico, se mejoró la característica de carga-descarga mientras se aseguró la característica de resistencia eléctrica. Se considera que un motivo para esto es que los iones de litio se insertaron y extrajeron fácil y suficientemente en los momentos de la carga y descarga por el compuesto cíclico sirviendo como material activo de ánodo, y se suprimieron suficientemente la expansión y contracción del electrodo de prueba 51 por el compuesto cíclico en los momentos de la carga y descarga. Por tanto, se obtuvieron características de batería superiores en la batería secundaria de iones de litio.

Aunque la presente tecnología se ha descrito anteriormente con referencia a la realización y los ejemplos de trabajo, los modos de la presente tecnología no están limitados a los modos descritos en la realización y en los ejemplos de trabajo y, por tanto, pueden modificarse en una variedad de maneras.

Específicamente, aunque se ha proporcionado la descripción de la batería secundaria de iones de litio de tipo cilíndrico, la batería secundaria de iones de litio de tipo película laminada y la batería secundaria de iones de litio de tipo botón, estas no son limitativas. Por ejemplo, puede ser otra batería secundaria de iones de litio tal como una batería secundaria de iones de litio de tipo rectangular.

Además, aunque se ha descrito el caso en el que el dispositivo de batería que va a usarse en la batería secundaria de iones de litio tiene la estructura enrollada en espiral, esta no es limitativa. Por ejemplo, el dispositivo de batería puede tener otra estructura tal como una estructura laminada.

Cabe señalar que los efectos descritos en la presente descripción son meros ejemplos y, por tanto, los efectos de la presente tecnología no están limitados a los efectos descritos en la presente descripción. Por consiguiente, pueden obtenerse otros efectos relacionados con la presente tecnología.

Además, los expertos en la técnica deben entender que pueden producirse diversas modificaciones, combinaciones, subcombinaciones y alteraciones dependiendo de los requisitos de diseño y otros factores en la medida en que estén dentro de la esencia del alcance de las reivindicaciones adjuntas o el alcance de los equivalentes de las mismas.

REIVINDICACIONES

1. Una batería secundaria de iones de litio que comprende:

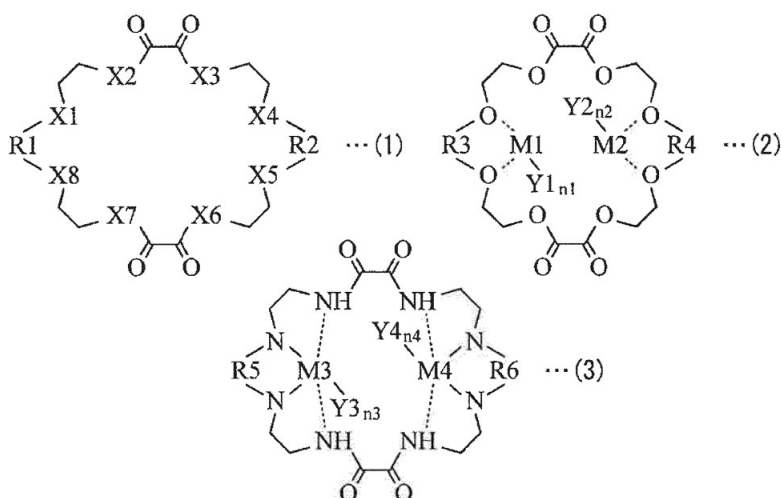
un cátodo;

- 5 un ánodo que contiene un compuesto cíclico, conteniendo el compuesto cíclico uno o más de un primer compuesto cíclico representado por la siguiente fórmula (1), un segundo compuesto cíclico representado por la siguiente fórmula (2) y un tercer compuesto cíclico representado por la siguiente fórmula (3); y

una disolución electrolítica.

[Fórm. quím. 1]

Fórm. quím. 1



- 10 (Cada uno de X1 a X8 es uno de un grupo oxo (-O-) y un grupo imino (-NH-). Cada uno de R1 a R6 es uno de un grupo etileno (-CH₂-CH₂-) y un grupo dicarbonilo (-C(=O)-C(=O)-). Cada uno de M1 a M4 es un elemento metálico. Cada uno de Y1 a Y4 es un elemento halógeno. Cada uno de n1 a n4 es un número entero).

2. La batería secundaria de iones de litio según la reivindicación 1, en la que cada uno del M1 al M4 es uno de estaño (Sn), titanio (Ti), silicio (Si), cobre (Cu), manganeso (Mn), hierro (Fe), niobio (Nb), níquel (Ni), cobalto (Co), aluminio (Al) y zirconio (Zr).

3. La batería secundaria de iones de litio según la reivindicación 1 o 2, en la que cada uno del Y1 al Y4 es uno de flúor (F), cloro (Cl), bromo (Br) y yodo (I).

4. La batería secundaria de iones de litio según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que todos del X1 al X8 son grupos oxo o grupos imino.

- 20 5. La batería secundaria de iones de litio según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que

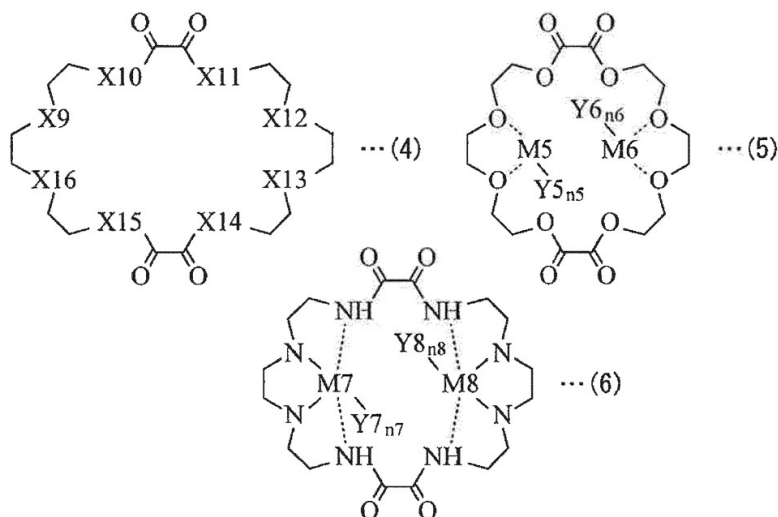
el primer compuesto cíclico es un compuesto representado por la siguiente fórmula (4),

el segundo compuesto cíclico es un compuesto representado por la siguiente fórmula (5) y

el tercer compuesto cíclico es un compuesto representado por la siguiente fórmula (6).

[Fórm. quím. 2]

Fórm. quím. 2



(Cada uno de X9 a X16 es uno de un grupo oxo y un grupo imino. Cada uno de M5 a M8 es un elemento metálico. Cada uno de Y5 a Y8 es un elemento halógeno. Cada uno de n5 a n8 es un número entero).

6. La batería secundaria de iones de litio según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en la que

5 el ánodo incluye además un material de carbono, un material a base de metales, o ambos, y

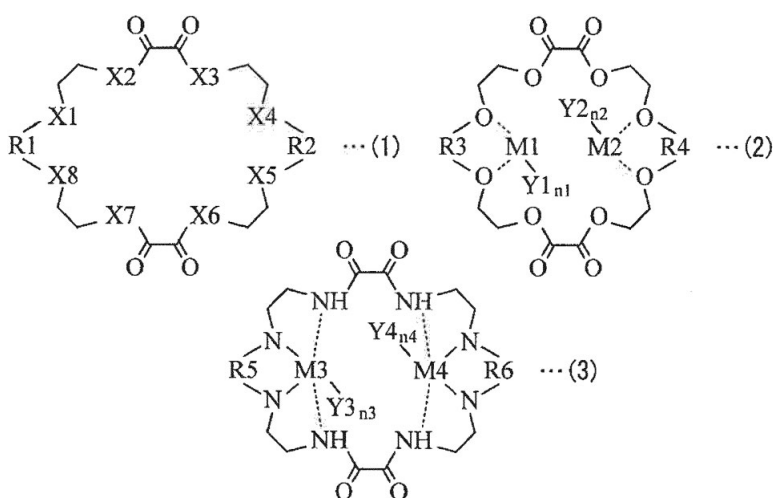
una razón en peso del compuesto cíclico con respecto al compuesto cíclico, el material de carbono y el material a base de metales es de 0,01 o más y 0,99 o menos.

7. Un ánodo para una batería secundaria de iones de litio, comprendiendo el ánodo un compuesto cíclico, conteniendo el compuesto cíclico uno o más de un primer compuesto cíclico representado por la siguiente fórmula (1), un segundo compuesto cíclico representado por la siguiente fórmula (2) y un tercer compuesto cíclico representado por la siguiente fórmula (3).

10

[Fórm. quím. 3]

Fórm. quím. 3



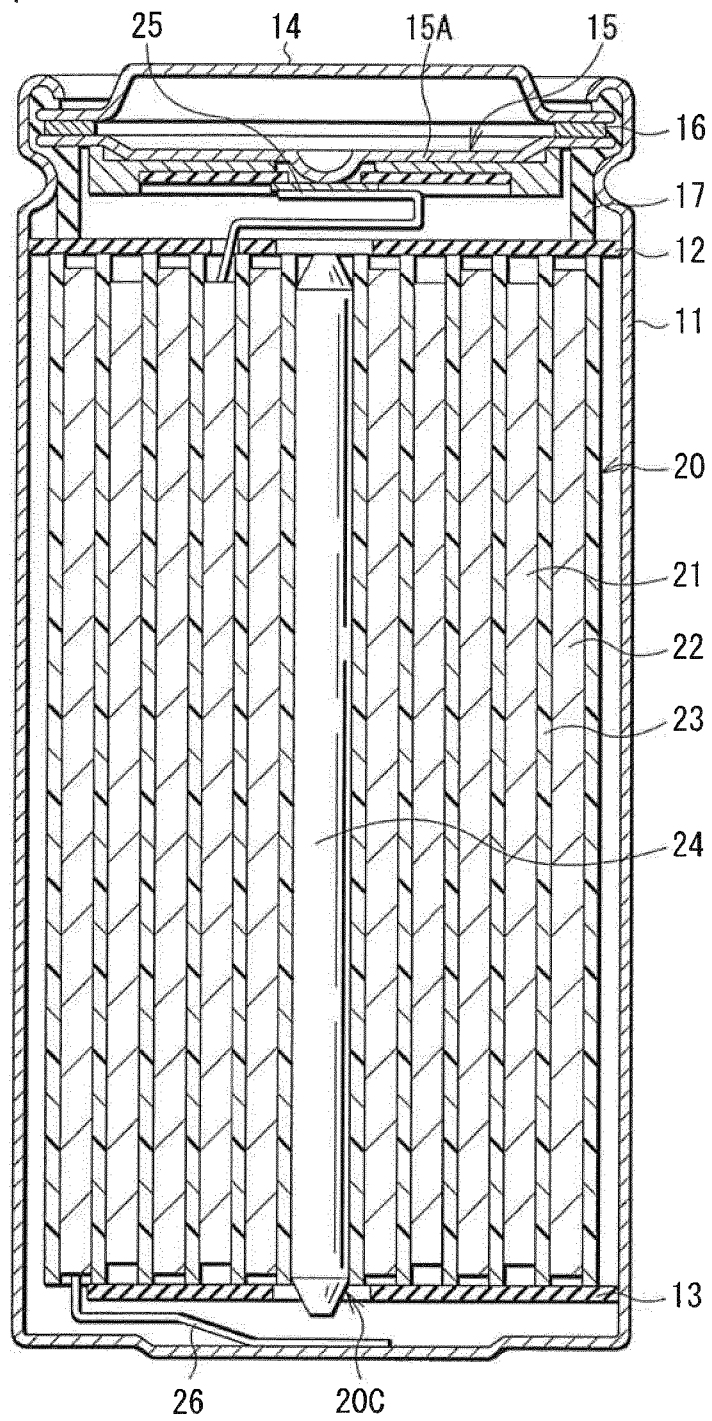
(Cada uno de X1 a X8 es uno de un grupo oxo (-O-) y un grupo imino (-NH-). Cada uno de R1 a R6 es uno de un grupo etileno (-CH₂-CH₂-) y un grupo dicarbonilo (-C(=O)-C(=O)-). Cada uno de M1 a M4 es un elemento metálico. Cada uno de Y1 a Y4 es un elemento halógeno. Cada uno de n1 a n4 es un número

15

entero.)

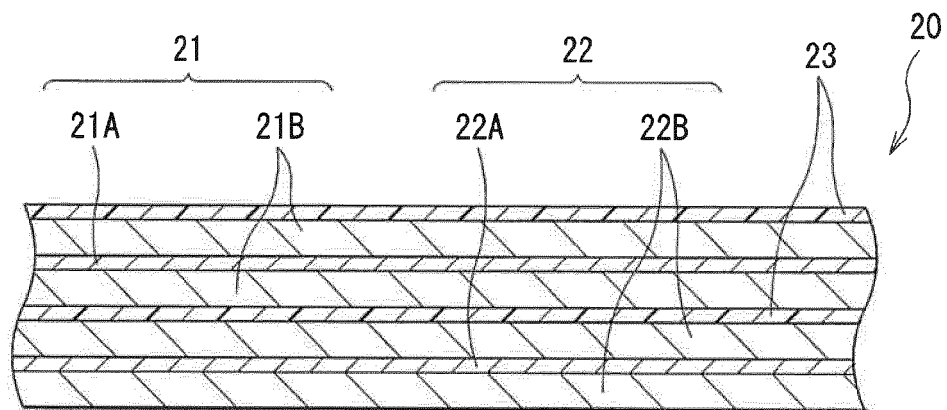
[FIG. 1]

FIG. 1



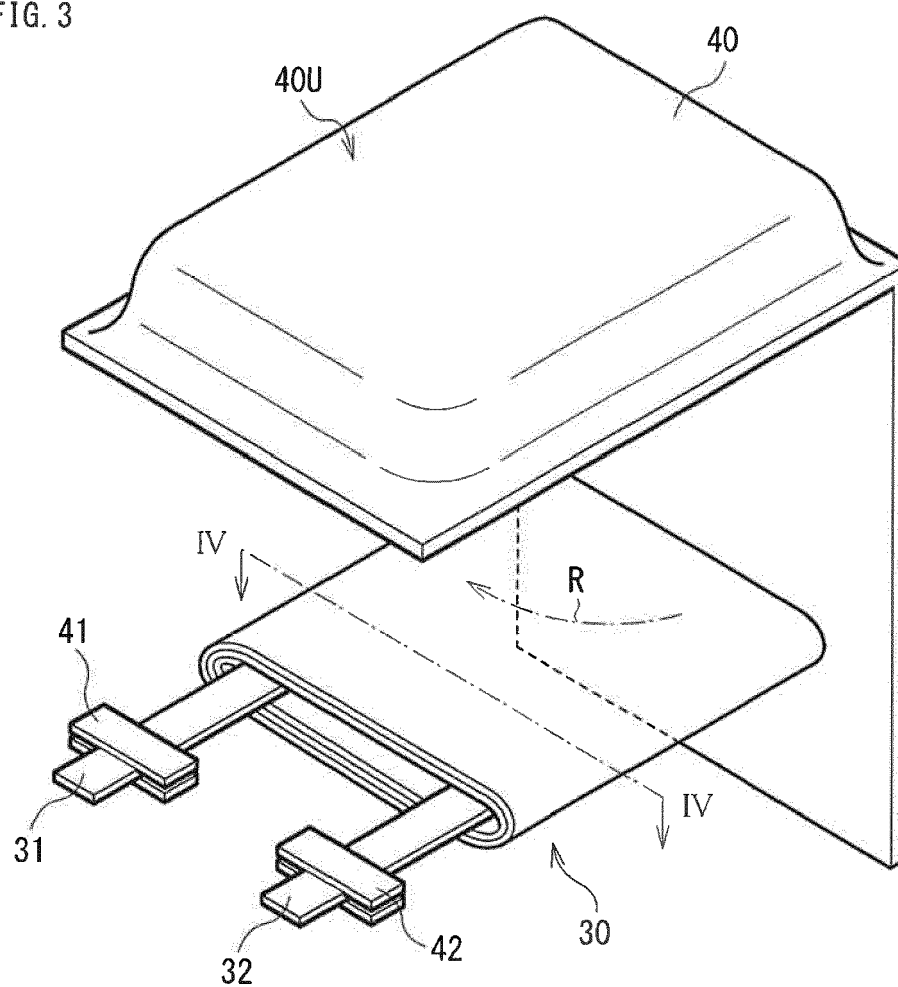
[FIG. 2]

FIG. 2



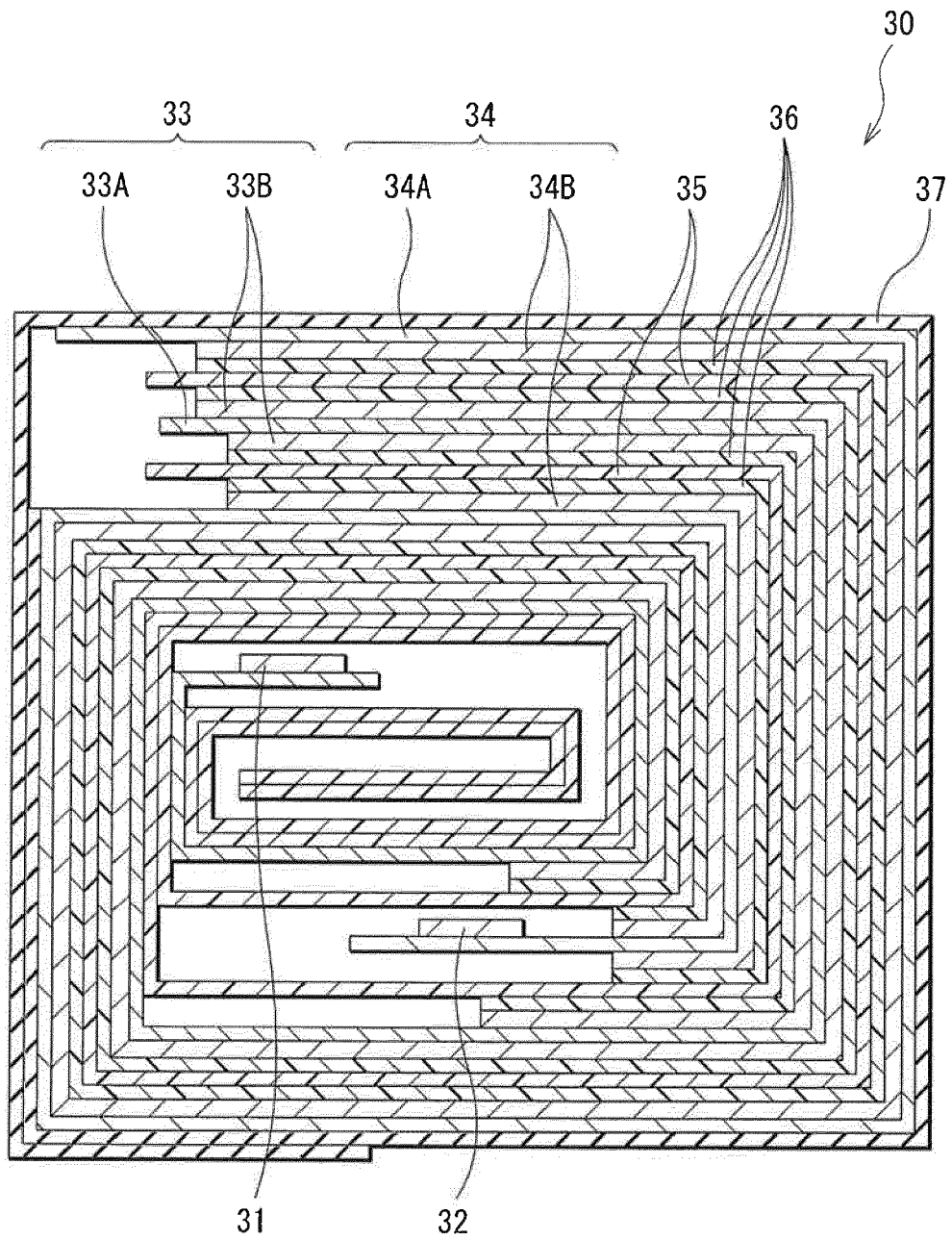
[FIG. 3]

FIG. 3



[FIG. 4]

FIG. 4



[FIG. 5]

FIG. 5

