(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 404 691**

(51) Int. Cl.:

H01M 4/58 (2010.01)
H01M 10/0525 (2010.01)
H01M 10/0567 (2010.01)
H01M 4/587 (2010.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.07.2003** **E 03771450 (8)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.04.2013** **EP 1538690**

(54) Título: **Batería secundaria de litio**

(30) Prioridad:

31.07.2002 JP 2002222510

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.05.2013

(73) Titular/es:

UBE INDUSTRIES, LTD. (100.0%)
1978-96, O-AZA KOGUSHI
UBE-SHI YAMAGUCHI-KEN 755-8633, JP

(72) Inventor/es:

ABE, KOJI;
HATTORI, TAKASHI;
KUWATA, TAKAAKI y
MATSUMORI, YASUO

(74) Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 404 691 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

Batería secundaria de litio

Campo de la Invención

La presente invención se refiere a una batería secundaria de litio que tiene características excelentes de batería en funcionamiento cíclico, capacidad eléctrica y propiedad de almacenamiento.

[Antecedentes de la Invención]

En la actualidad, se emplea generalmente una batería secundaria de litio como fuente de electricidad para el accionamiento de pequeños dispositivos electrónicos. La batería secundaria de litio comprende esencialmente un electrodo positivo, una solución electrolítica no acuosa, y un electrodo negativo. Se utiliza favorablemente una batería secundaria de litio que utiliza un electrodo positivo de un óxido de litio compuesto tal como $LiCoO_2$ y un electrodo negativo de material carbonoso o litio metálico. Como la solución electrolítica para la batería secundaria de litio, se emplea favorablemente un carbonato tal como carbonato de etileno (EC) o carbonato de propileno (PC).

Sin embargo, se desea proporcionar una batería secundaria que exhiba características mejoradas en el funcionamiento cíclico y capacidad eléctrica.

Una batería secundaria de litio que utiliza un electrodo positivo de $LiCoO_2$, $LiMn_2O_4$ o $LiNiO_2$ exhibe a veces disminución de eficiencia eléctrica debido a que una porción del disolvente no acuoso en la solución electrolítica no acuosa se descompone por oxidación durante el curso de la carga y por tanto el producto de descomposición producido perturba la reacción electroquímica deseada. Se considera que la descomposición está causada por oxidación electroquímica del disolvente en la interfaz entre el electrodo positivo y la solución electrolítica no acuosa.

Por otra parte, una batería secundaria de litio que utiliza un electrodo negativo de material carbonoso de cristalización alta tal como grafito natural o grafito artificial exhibe también disminución de sus eficiencias eléctricas debido a que un disolvente de la solución electrolítica se descompone por reducción en la superficie del electrodo negativo durante el curso de la carga. La descomposición por reducción ocurre también en los procedimientos repetidos de carga y descarga cuando EC (que se emplea usualmente como disolvente no acuoso de la solución electrolítica) se utiliza como el disolvente no acuoso.

La Publicación Provisional de Patente Japonesa 10-74537 describe que el funcionamiento cíclico y la capacidad eléctrica se mejoran cuando una pequeña cantidad de un compuesto aromático tal como benceno que tiene un sustituyente hidrocarbonado (v.g., ciclohexilbenceno).

La Publicación Provisional de Patente Japonesa 10-112335 describe que el funcionamiento cíclico mejora cuando se añade una pequeña cantidad de un compuesto aromático que contiene átomo(s) de flúor, tal como fluorobenceno, a una solución electrolítica no acuosa de una batería secundaria de litio.

EP 1.458.046 A, se refiere a una batería secundaria de litio que comprende un electrodo negativo de grafito (véase [24] y [32]) donde la solución del electrolito no acuoso comprende un ciclohexilbenceno con un átomo de halógeno unido al anillo de benceno (véase [12]) en una cantidad de 3-15% en peso. Como el átomo de halógeno se menciona flúor como particularmente deseable.

El documento EP 1 065 744 da a conocer una batería secundaria de litio en la que el electrólito no acuoso comprende derivados de alquilbenceno o cicloalquilbenceno.

[Exposición de la Invención]

La presente invención tiene por objeto proporcionar una batería secundaria de litio que exhibe un funcionamiento cíclico mejorado de la batería, mejor capacidad eléctrica, y almacenabilidad mejorada en estado cargado.

La presente invención reside en una batería secundaria de litio que comprende un electrodo positivo, un electrodo negativo de grafito artificial o grafito natural y una solución electrolítica no acuosa que tiene un electrólito disuelto en un disolvente no acuoso, que se caracteriza porque está contenido 0,1 a 20% en peso de 1-fluoro-4-ciclohexilbenceno en la solución electrolítica no acuosa.

[Exposición Detallada de la Invención]

Si el contenido de ciclohexil-fluorobenceno en la solución electrolítica no acuosa es extremadamente grande, las eficiencias de la batería pueden disminuir. Si el contenido del ciclohexil-halogenobenceno es extremadamente pequeño, no puede alcanzarse una mejora esperada de las eficiencias de la batería. De acuerdo con ello, el contenido está comprendido en el intervalo de 0,1-20% en peso, preferiblemente 0,2-10% en peso, muy preferiblemente 0,5-5% en peso, basado en la cantidad de la solución electrolítica no acuosa, a fin de que la eficiencia del ciclo puede mejorarse notablemente.

Ejemplos de los disolventes no acuosos empleados en la solución electrolítica de la invención son carbonatos cíclicos tales como carbonato de etileno (EC), carbonato de propileno (PC), carbonato de butileno (BC), y carbonato de vinilideno (VC), lactonas tales como γ-butirolactona, carbonatos lineales tales como carbonato de dimetilo (DMC), carbonato de metil-etilo (MEC), y carbonato de dietilo (DEC), éteres tales como tetrahidrofurano, 2-metiltetrahidrofurano, 1,4-dioxano, 1,2-dimetoxietano, 1,2-dietoxietano, y 1,2-dibutoxietano, nitrilos tales como acetonitrilo y adiponitrilo, ésteres tales como propionato de metilo, pivalato de metilo, pivalato de butilo, pivalato de octilo y oxalato de dimetilo, amidas tales como dimetilformamida, y compuestos que contienen grupo S=O tales como 1,3-propanosultona, sulfito de glicol y divinil-sulfona.

Los disolventes no acuosos se pueden emplear aisladamente o en combinación de dos o más. No hay limitaciones específicas con respecto a la combinación de los disolventes no acuosos. Ejemplos de las combinaciones incluyen una combinación de un carbonato cíclico y un carbonato lineal, una combinación de un carbonato cíclico y una lactona, y una combinación de carbonatos cíclicos y carbonatos lineales plurales.

Ejemplos de los electrólitos empleados en la invención incluyen $LiPF_6$, $LiBF_4$, $LiClO_4$, $LiN(SO_2CF_3)_2$, $LiN(SO_2C_2F_5)_2$, $LiC(SO_2CF_3)_3$, $LiPF_4(CF_3)_2$, $LiPF_3(C_2F_5)_3$, $LiPF_3(CF_3)_3$, $LiPF_3(iso\text{-}C_3F_7)_3$, y $LiPF_5$ (iso-C_3F_7). Estos electrólitos se pueden emplear aisladamente o en combinación de dos o más. El electrólito puede incorporarse en el disolvente no acuoso generalmente en una cantidad tal que dé una solución electrolítica de 0,1 M a 3 M, preferiblemente 0,5 M a 1,5 M.
La solución electrolítica de la invención puede prepararse, por ejemplo, por mezcla de los disolventes no acuosos arriba mencionados; disolución del electrólito arriba mencionado en la mixtura; y disolución ulterior del ciclohexil-halogenobenceno arriba mencionado en la mixtura resultante.

Por ejemplo, el material activo del electrodo positivo es un óxido metálico compuesto que comprende litio y cobalto o níquel. El material activo del electrodo positivo puede utilizarse aisladamente o en combinación. Ejemplos de los óxidos metálicos compuestos incluyen $LiCoO_2$, $LiNiO_2$, y $LiCo_{1-x}Ni_xO_2$ ($0,01 < x < 1$). Estos compuestos pueden emplearse en una combinación opcional tal como una combinación de $LiCoO_2$ y $LiMn_2O_4$, una combinación de $LiCoO_2$ y $LiNiO_2$, y una combinación de $LiMn_2O_4$ y $LiNiO_2$.

El electrodo positivo puede fabricarse por amasado del material activo arriba mencionado del electrodo positivo, un material electroconductor tal como negro de acetileno o negro de carbono, y un aglomerante tal como poli(tetrafluoroetileno) (PTFE) o poli(fluoruro de vinilideno) (PVDF), para dar una composición de electrodo positivo; aplicación en forma de capa de la composición del electrodo positivo sobre un colector tal como lámina delgada de aluminio o una chapa de listón de acero inoxidable; secado y prensado de la composición aplicada en forma de capa, y calentamiento de la composición prensada a vacío a una temperatura de aproximadamente 50 a 250ºC durante aproximadamente 2 horas.

Como el material activo del electrodo negativo, un material carbonoso capaz de adsorber y liberar litio (tal como grafito artificial y grafito natural). Se prefiere emplear grafito artificial y grafito natural que tengan una estructura de cristales de grafito en la cual la distancia de red de la superficie de red (002), es decir, d_{002}, está comprendida en el intervalo de 0,335 a 0,340 nm (nanómetros). Los materiales activos del electrodo negativo pueden emplearse aisladamente o en combinación. Un material en polvo tal como el material carbonoso se utiliza preferiblemente en combinación con un aglomerante tal como terpolímero etileno-propileno-dieno (EPDM), poli(tetrafluoroetileno) (PTFE) o poli(fluoruro de vinilideno) (PVDF). No hay limitación alguna con respecto al método de preparación del electrodo negativo. El electrodo negativo puede prepararse por un método similar al indicado para la preparación del electrodo positivo.

No hay limitaciones específicas con respecto a la estructura de la batería secundaria de litio no acuosa de la invención. Por ejemplo, la batería secundaria no acuosa puede ser una batería de tipo moneda que comprende un electrodo positivo, un electrodo negativo, y separadores simples o múltiples, o una batería cilíndrica o prismática que comprende un electrodo positivo, un electrodo negativo, y un rodillo separador. El separador puede ser un material conocido tal como film poliolefínico microporoso, una tela tejida, o una tela no tejida.

La batería secundaria de litio de la invención exhibe un funcionamiento cíclico excelente incluso cuando se emplea en las condiciones de carga de un voltaje terminal alto, mayor que 4,2 V, en particular aproximadamente 4,3 V. El voltaje terminal de descarga puede ser 2,5 V o mayor, es más 2,8 V o mayor. No hay limitación específica con respecto al valor de la intensidad de corriente, y generalmente se adopta para la descarga una corriente constante de 0,1 a 3 C. La batería secundaria de litio de la invención puede cargarse o descargarse dentro de un intervalo de temperatura amplio, tal como -40 a 100ºC, pero preferiblemente 0 a 80ºC.

La batería secundaria de litio de la invención puede tener una válvula de seguridad en la placa de cierre para obviar el aumento de la presión interna. En caso contrario, puede proporcionarse una muesca en la carcasa o empaquetadura de la batería. También pueden emplearse uno o más elementos de seguridad conocidos tales como un fusible, un elemento metálico, y un elemento PTC, cada uno de los cuales sirve como elemento para obviar sobrecorrientes.

Si se desea, la batería secundaria de litio de la invención puede estar alojada en un paquete de batería en el cual están dispuestas baterías plurales en serie y/o en paralelo. El paquete de baterías puede tener un elemento de seguridad tal como un elemento PTC, un fusible termostático, un fusible simple y/o un disyuntor eléctrico, y adicionalmente un circuito de seguridad (es decir, un circuito capaz de monitorizar el voltaje, la temperatura y la corriente de la batería de pilas combinadas, interrumpiendo luego la corriente).

[Ejemplo 1]

[Preparación de la solución electrolítica no acuosa]

En un disolvente no acuoso de EC:DEC (= 3:7, ratio en volumen) se disolvió 1 M de $LiPF_6$ para dar una solución electrolítica no acuosa. Se añadió ulteriormente a la solución electrolítica no acuosa 2,0% en peso de 1-fluoro-4-ciclohexilbenceno.

[Fabricación de la batería secundaria de litio y medida de sus eficiencias como batería]

Se mezclaron $LiCoO_2$ (material activo del electrodo positivo, 80% en peso), negro de acetileno (material electroconductor, 10% en peso), y poli(fluoruro de vinilideno) (aglomerante, 10% en peso). A la mixtura resultante se añadió ulteriormente 1-metil-2-pirrolidona. La mixtura así producida se aplicó en forma de capa sobre lámina delgada de aluminio, se secó, se prensó, y se calentó para dar un electrodo positivo.

Se mezclaron grafito artificial (material activo del electrodo negativo, 90% en peso) y poli(fluoruro de vinilideno) (aglomerante, 10% en peso). A la mixtura resultante se añadió ulteriormente 1-metil-2-pirrolidona. La mixtura así producida se aplicó en forma de capa sobre papel delgado de cobre, se secó, se prensó, y se calentó para dar un electrodo negativo.

Los electrodos positivo y negativo, un separador de film de polipropileno microporoso, y la solución electrolítica no acuosa arriba mencionada se emplearon para dar una batería de tipo moneda (diámetro: 20 mm, espesor: 3,2 mm).

La batería de tipo moneda se cargó a la temperatura ambiente (20ºC) con una corriente eléctrica constante (0,8 mA) hasta alcanzar 4,2 V (voltaje terminal) durante 5 horas. Subsiguientemente, se descargó la batería para dar una corriente eléctrica constante (0,8 mA) a fin de dar un voltaje terminal de 2,7 V. Se repitió el procedimiento del ciclo de carga-descarga.

La capacidad carga-descarga inicial era prácticamente la misma que la capacidad medida en una batería que utilizaba una mixtura disolvente $LiPF_6$ 1M y EC/DEC (3/7, ratio en volumen) (que no contenía aditivo alguno) [véase Ejemplo de Comparación 1].

Después del procedimiento de carga-descarga de 50 ciclos, la retención de la capacidad de descarga era 92,9% de la capacidad de descarga inicial (100%). Las eficiencias a baja temperatura eran también satisfactorias.

Las condiciones para fabricación de la batería de tipo moneda y las eficiencias de la batería se muestran en la Tabla 1.

[Ejemplo 2]

Se repitieron los procedimientos del Ejemplo 1 para preparación de una solución electrolítica no acuosa y fabricación de una batería de tipo moneda, excepto que se utilizó 5,0% en peso de 1-fluoro-4-ciclohexilbenceno.

Después del procedimiento de carga-descarga de 50 ciclos, la retención de la capacidad de descarga era 91,4%.

Las condiciones para fabricación de la batería de tipo moneda y las eficiencias de la batería se muestran en la Tabla 1.

[Ejemplo 3]

Se repitieron los procedimientos del Ejemplo 1 para preparación de una solución electrolítica no acuosa y fabricación de una batería de tipo moneda, excepto que se utilizó 0,5% en peso de 1-fluoro-4-ciclohexilbenceno.

Después del procedimiento de carga-descarga de 50 ciclos, la retención de la capacidad de descarga era 90,5%.

Las condiciones para fabricación de la batería de tipo moneda y las eficiencias de la batería se muestran en la Tabla 1.

[Ejemplo de Comparación 1]

En un disolvente no acuoso de EC:DEC (= 3:7, ratio en volumen) se disolvió 1 M de $LiPF_6$ para dar una solución electrolítica no acuosa. A la solución electrolítica no acuosa no se añadió compuesto alguno de ciclohexilbenceno.

A continuación, se fabricó una batería de tipo moneda empleando la solución electrolítica no acuosa resultante.

Después de procedimiento de carga-descarga de 50 ciclos, la retención de la capacidad de descarga era 82,6% de la cantidad de descarga inicial.

Las condiciones para fabricación de la batería de tipo moneda y las eficiencias de la batería se muestran en la Tabla 1.

[Ejemplo 4] (*)

Se repitieron los procedimientos del Ejemplo 1 para preparación de una solución electrolítica no acuosa y fabricación de una batería de tipo moneda, excepto que se utilizó 2,0% en peso de 1-fluoro-2-ciclohexilbenceno.

Después del procedimiento de carga-descarga de 50 ciclos, la retención de la capacidad de descarga era 92,4%.

Las condiciones para fabricación de la balería de tipo moneda y las eficiencias de la batería se muestran en la Tabla 1.

[Ejemplo 5] (*)

Se repitieron los procedimientos del Ejemplo 1 para preparación de una solución electrolítica no acuosa y fabricación de una batería de tipo moneda, excepto que se utilizó 2,0% en peso de 1-fluoro-3-ciclohexilbenceno.

Después del procedimiento de carga-descarga de 50 ciclos, la retención de la capacidad de descarga era 92,0%.

Las condiciones para fabricación de la balería de tipo moneda y las eficiencias de la batería se muestran en la Tabla 1.

[Ejemplo 6] (*)

Se repitieron los procedimientos del Ejemplo 1 para preparación de una solución electrolítica no acuosa y fabricación de una batería de tipo moneda, excepto que se utilizó 2,0% en peso de 1-cloro-4-ciclohexilbenceno.

Después del procedimiento de carga-descarga de 50 ciclos, la retención de la capacidad de descarga era 89,1%.

Las condiciones para fabricación de la balería de tipo moneda y las eficiencias de la batería se muestran en la Tabla 1.

[Ejemplo 7] (*)

Se repitieron los procedimientos del Ejemplo 1 para preparación de una solución electrolítica no acuosa y fabricación de una batería de tipo moneda, excepto que se utilizó 2,0% en peso de 1-bromo-4-ciclohexilbenceno.

Después del procedimiento de 50 ciclos de carga-descarga, la retención de la capacidad de descarga era 88,9%.

Las condiciones para fabricación de la balería de tipo moneda y las eficiencias de la batería se muestran en la Tabla 1.

[Ejemplo de Comparación 2]

Se repitieron los procedimientos del Ejemplo 1 para preparación de una solución electrolítica no acuosa y fabricación de una batería de tipo moneda, excepto que se utilizó 5,0% en peso de fluorobenceno.

Después del procedimiento de carga-descarga de 50 ciclos, la retención de la capacidad de descarga era 82,9%.

Las condiciones para fabricación de la balería de tipo moneda y las eficiencias de la batería se muestran en la Tabla 1.

[Ejemplo de Comparación 3]

Se repitieron los procedimientos del Ejemplo 1 para preparación de una solución electrolítica no acuosa y fabricación de una batería de tipo moneda, excepto que se utilizó 5,0% en peso de ciclohexilbenceno.

Después del procedimiento de carga-descarga de 50 ciclos, la retención de la capacidad de descarga era 83,1%.

Las condiciones para fabricación de la balería de tipo moneda y las eficiencias de la batería se muestran en la Tabla 1.

[Ejemplo 8]

Se repitieron los procedimientos del Ejemplo 1 para fabricación de una batería de tipo moneda, excepto que se reemplazó el grafito artificial (es decir, el material activo del electrodo negativo) con grafito natural.

Después del procedimiento de carga-descarga de 50 ciclos, la retención de la capacidad de descarga era 92,6%.

Las condiciones para fabricación de la balería de tipo moneda y las eficiencias de la batería se muestran en la Tabla 1.

[Ejemplo 9]

Se repitieron los procedimientos del Ejemplo 1 para fabricación de una batería de tipo moneda, excepto que se reemplazó el $LiCoO_2$ (es decir, el material activo del electrodo positivo) con $LiNi_{0,8}Co_{0,2}O_2$.

Después del procedimiento de carga-descarga de 50 ciclos, la retención de la capacidad de descarga era 91,0%.

Las condiciones para fabricación de la balería de tipo moneda y las eficiencias de la batería se muestran en la Tabla 1.

[Ejemplo 10]

Se repitieron los procedimientos del Ejemplo 1 para fabricación de una batería de tipo moneda, excepto que se reemplazó el $LiCoO_2$ (es decir, el material activo del electrodo positivo) con $LiMn_2O_4$.

Después del procedimiento de carga-descarga de 50 ciclos, la retención de la capacidad de descarga era 92,4%.

Las condiciones para fabricación de la balería de tipo moneda y las eficiencias de la batería se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1

Ejemplo	Electrodo Posi. Nega.	Aditivo (cantidad: % peso)	Solución Electrolítica	Capacidad inicial (r.v.)	Retención de ciclo 50% (%)
1	$LiCoO_2$ Art.	1-fluoro-4-ciclohexilbenceno (2,0)	1M $LiPF_6$ EC/DEC = 3/7	1,02	92,9
2	$LiCoO_2$ Art.	1-fluoro-4-ciclohexilbenceno (5,0)	1M $LiPF_6$ EC/DEC = 3/7	1,01	91,4
3	$LiCoO_2$ Art.	1-fluoro-4-ciclohexilbenceno (0,5)	1M $LiPF_6$ EC/DEC = 3/7	1,01	90,5
Com. 1	$LiCoO_2$ Art.	Ninguno	1M $LiPF_6$ EC/DEC = 3/7	1,00	82,6
4(*)	$LiCoO_2$ Art.	1-fluoro-2-ciclohexilbenceno (2,0)	1M $LiPF_6$ EC/DEC = 3/7	1,02	92,4
5(*)	$LiCoO_2$ Art.	1-fluoro-3-ciclohexilbenceno (2,0)	1M $LiPF_6$ EC/DEC = 3/7	1,02	92,0
6(*)	$LiCoO_2$ Art.	1-cloro-4-ciclohexilbenceno (2,0)	1M $LiPF_6$ EC/DEC = 3/7	1,01	89,1
7(*)	$LiCoO_2$ Art.	1-bromo-4-ciclohexilbenceno (2,0)	1M $LiPF_6$ EC/DEC = 3/7	1,01	88,9
Com. 2	$LiCoO_2$ Art.	fluoro-benceno (5,0)	1M $LiPF_6$ EC/DEC = 3/7	0,99	82,9
Com. 3	$LiCoO_2$ Art.	ciclohexilbenceno (5,0)	1M $LiPF_6$ EC/DEC = 3/7	0,99	83,1
8	$LiCoO_2$ Nat.	1-fluoro-4-ciclohexilbenceno (2,0)	1M $LiPF_6$ EC/DEC = 3/7	1,02	92,6
9	$LiNi_{0,8}Co_{0,2}O_2$ Art.	1-fluoro-4-ciclohexilbenceno (2,0)	1M $LiPF_6$ EC/DEC = 3/7	1,14	91,0

10	$LiMn_2O_4$ Art.	1-fluoro-4-ciclohexilbenceno (2,0)	1M $LiPF_6$ EC/DEC = 3/7	0,99	92,4

(*) Nota: Los Ejemplos 4 a 7 no corresponden a la invención, y se dan únicamente para propósitos de referencia.

[Utilidad Industrial]

La presente invención proporciona una batería secundaria de litio que exhibe eficiencias de batería excelentes en comportamiento de ciclo, capacidad eléctrica, y eficiencia de acumulación.

REIVINDICACIONES

1. Una batería secundaria de litio que comprende un electrodo positivo, un electrodo negativo de grafito artificial o grafito natural y una solución electrolítica no acuosa que tiene un electrólito disuelto en un disolvente no acuoso, caracterizada porque en la solución electrolítica no acuosa está contenido 0,1 a 20% en peso de 1-fluoro-4-ciclohexilbenceno.

2. La batería secundaria de litio de la reivindicación 1, en donde el 1-fluoro-4-ciclohexilbenceno está contenido en la solución electrolítica no acuosa en una cantidad de 0,5 a 5% en peso.

3. La batería secundaria de litio de la reivindicación 1, en donde el disolvente no acuoso de la solución electrolítica no acuosa comprende una combinación de un carbonato cíclico y un carbonato lineal.

4. La batería secundaria de litio de la reivindicación 3, en donde el carbonato cíclico es carbonato de etileno, carbonato de propileno, carbonato de butileno o carbonato de vinileno.

5. La batería secundaria de litio de la reivindicación 3, en donde el carbonato lineal es carbonato de dimetilo, carbonato de metil-etilo, o carbonato de dietilo.

6. La batería secundaria de litio de la reivindicación 1, en donde el grafito artificial o grafito natural tiene una estructura de cristal de grafito que tienen una distancia de red en términos de d_{002} de superficie de red (002) en el intervalo de 0,335 a 0,340 nm.