

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 005 033**

51 Int. Cl.:

<b>H01M 4/04</b>	(2006.01) <b>H01M 4/13</b>	(2010.01)
<b>B23K 26/382</b>	(2014.01) <b>H01M 4/139</b>	(2010.01)
<b>B23K 26/362</b>	(2014.01) <b>H01M 4/02</b>	(2006.01)
<b>B23K 26/0622</b>	(2014.01)	
<b>B23K 26/082</b>	(2014.01)	
<b>B23K 26/08</b>	(2014.01)	
<b>B23K 26/386</b>	(2014.01)	
<b>B23K 26/402</b>	(2014.01)	
<b>B23K 101/36</b>	(2006.01)	
<b>B23K 103/16</b>	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.09.2020** **PCT/KR2020/012512**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **01.07.2021** **WO21132848**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.09.2020** **E 20907522 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.10.2024** **EP 4016665**

54 Título: **Aparato de fabricación y método de fabricación de electrodo para batería secundaria utilizando un láser y electrodo para batería secundaria fabricado por los mismos**

30 Prioridad:

**23.12.2019 KR 20190173412**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**13.03.2025**

73 Titular/es:

**LG ENERGY SOLUTION, LTD. (100.00%)  
Tower 1, 108 Yeoui-daero, Yeongdeungpo-gu  
Seoul 07335, KR**

72 Inventor/es:

**KIM, TAEJONG;  
JEONG, YUJIN;  
JUNG, SU TAEK;  
BAE, SANGHO y  
CHOI, SEONG WON**

74 Agente/Representante:

**VEIGA SERRANO, Mikel**

ES 3 005 033 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**

Aparato de fabricación y método de fabricación de electrodo para batería secundaria utilizando un láser y electrodo para batería secundaria fabricado por los mismos

5

**[Sector de la técnica]**

**Referencia cruzada con solicitud(es) relacionada(s)**

10 Esta solicitud reivindica el beneficio de la solicitud de patente coreana n.º 10-2019-0173412 presentada el 23 de diciembre de 2019 en la Oficina de Propiedad Intelectual de Corea.

15 La presente divulgación se refiere a un aparato de fabricación y a un método de fabricación de un electrodo para una batería secundaria utilizando un láser y a un electrodo para una batería secundaria fabricado por los mismos y, más particularmente, a un aparato de fabricación y a un método de fabricación de un electrodo para una batería secundaria que forma un orificio en la mezcla de electrodo utilizando un láser y a un electrodo para una batería secundaria fabricado por los mismos.

20 **[Estado de la técnica]**

Debido al rápido aumento de la utilización de combustibles fósiles, la demanda de utilización de energías alternativas o limpias es cada vez mayor y, como parte de ella, los campos que se están estudiando más activamente son los campos de generación y almacenamiento de potencia utilizando electroquímica.

25 Actualmente, una batería secundaria es un ejemplo representativo de un dispositivo electroquímico que utiliza dicha energía electroquímica y su rango de utilización tiende a ampliarse gradualmente.

30 Recientemente, con el aumento del desarrollo tecnológico y la demanda de dispositivos móviles tal como ordenadores portátiles, teléfonos portátiles y cámaras, la demanda de baterías secundarias como fuente de energía ha aumentado rápidamente. Entre dichas baterías secundarias, se han realizado muchos estudios sobre una batería secundaria de litio que presenta una alta densidad de energía y tensión de funcionamiento y tiene un largo ciclo de vida y una baja frecuencia de autodescarga, y que se ha comercializado y utilizado ampliamente.

35 Adicionalmente, a medida que crece el interés por las cuestiones medioambientales, los estudios se realizan con frecuencia en un vehículo eléctrico, un vehículo eléctrico híbrido, etc., que pueden sustituir a un vehículo que utilice combustibles fósiles, tal como un vehículo de gasolina y un vehículo diésel, que son una de las principales causas de contaminación atmosférica. Aunque la batería secundaria de hidruro metálico de níquel se utiliza principalmente como fuente de alimentación para el vehículo eléctrico y el vehículo eléctrico híbrido, se está investigando activamente la utilización de una batería secundaria de litio que tenga una alta densidad energética y tensión de descarga, parte de las cuales se encuentran en fase de comercialización.

45 De esta manera, dado que la demanda de baterías secundarias de litio aumenta rápidamente y el tiempo de utilización de las baterías secundarias aumenta, la capacidad de la batería secundaria ha aumentado y la densidad de los electrodos también ha aumentado. Sin embargo, cuando se aumenta la densidad del electrodo para aumentar de este modo la capacidad, se reduce la porosidad, aumenta el grado de flexión y aumenta la trayectoria de movimiento de los iones de litio, lo que provoca un problema de disminución de la conductividad iónica y, en consecuencia, de las características de potencia. Es decir, a medida que mejora la densidad del electrodo de la batería secundaria y se aumenta la capacidad, la característica de potencia disminuye.

50 No obstante, a medida que el área en la que se utiliza la batería secundaria de litio, se requiere tanto gran capacidad como mucha potencia. Por tanto, existe una necesidad urgente de desarrollar una batería capaz de proporcionar una gran potencia aumentando la conductividad iónica.

55 Los documentos KR 2016 0143109 A, US 2018/287139 A1, Nanophotonics, vol. 7, n.º 3, del 23 de febrero de 2018, páginas 549-573, XP055469475 y EP 3 401 984 A2 divulgan puntos o patrones en un electrodo.

**[Objeto de la invención]**

**[Problema técnico]**

60

La presente divulgación se ha diseñado para resolver los problemas mencionados anteriormente, y es un objeto de la presente divulgación formar un gran número de orificios en la mezcla de electrodo por grabado láser para reducir el grado de flexión, mejorando de ese modo las características de potencia al tiempo que se minimiza la reducción de capacidad de una batería secundaria que incluya la misma.

65

**[Solución técnica]**

Los términos y expresiones utilizados en la presente memoria descriptiva, así como las reivindicaciones no deben interpretarse como limitados a los significados generales o de diccionario de los mismos, y deben interpretarse como si tuvieran significados y conceptos que coinciden con la idea técnica de la invención basándose en el principio de que un inventor es capaz de definir adecuadamente los conceptos de los términos y expresiones para describir la invención de la mejor manera posible.

En lo sucesivo en el presente documento, según una realización de la presente divulgación, se proporciona un aparato para fabricar un electrodo para una batería secundaria, que comprende:

un desenrollador en forma de rodillo en el que se enrolla un colector de corriente de tipo lámina;  
 una unidad de transferencia que transfiere continuamente el colector de corriente de tipo lámina;  
 una unidad de revestimiento que reviste una pasta de material activo de electrodo en al menos una superficie del colector de corriente de tipo lámina;  
 una unidad de secado que seca la pasta de material activo del electrodo revestido para formar una mezcla de electrodo en al menos una superficie del colector de corriente de tipo lámina;  
 una unidad de laminación que hace lamina la mezcla de electrodo a través de un par de rodillos;  
 una unidad láser en la que la mezcla de electrodo se somete a un grabado láser para formar un gran número de orificios que tienen una diferencia de nivel de grosor, fabricando de este modo una lámina de electrodo; y,  
 un enrollador en forma de rodillo que enrolla la lámina de electrodo, en donde la unidad láser es un láser de nanosegundos, y forma los orificios respectivos efectuando la irradiación dos veces o menos.

En ese momento, la unidad de transferencia puede transferir el colector de corriente de tipo lámina a una velocidad de 40 m/min a 80 m/min.

Entretanto, el láser de nanosegundos puede satisfacer las siguientes condiciones 1 a 4.

[Condición 1]  
 Potencia media: 26 W a 100 W,  
 [Condición 2]  
 Frecuencia de repetición: 28 kHz a 70 kHz,  
 [Condición 3]  
 Duración de pulso: de 55 ns a 220 ns,  
 [Condición 4]  
 Energía de pulso: 0,28 mJ a 2,84 mJ.

La pluralidad de orificios formados por grabado láser pueden formarse con forma cónica cuyo diámetro disminuye en la dirección de la porción de superficie de la mezcla de electrodo al colector de corriente de tipo lámina.

En ese momento, los orificios pueden formarse de tal manera que un diámetro en la porción de superficie de la mezcla de electrodo y una profundidad en la dirección de la porción de superficie de la mezcla de electrodo al colector de corriente de tipo lámina estén en una proporción de 1:1 a 2:1.

Además, el diámetro del orificio en la porción de superficie de la mezcla de electrodo puede formarse de 10 µm a 50 µm, y un intervalo entre los orificios respectivos puede formarse de 100 µm a 500 µm, basándose en un intervalo cónico entre los orificios respectivos situados en una porción próxima al colector de corriente.

Por otra parte, la unidad láser incluye además un espejo poligonal y, por tanto, puede grabar a través del espejo poligonal en el momento del grabado láser.

Según otra realización de la presente divulgación, se proporciona un método para fabricar un electrodo para una batería secundaria, comprendiendo el método las etapas de:

(a) preparar una pasta de electrodo que contenga un material activo;  
 (b) revestir la pasta de electrodo sobre al menos una superficie de un colector de corriente de tipo lámina que se va a transferir, y secar la misma para formar una mezcla de electrodo y laminar la mezcla de electrodo; y  
 (c) someter la mezcla de electrodo a un grabado láser para formar un gran número de orificios que tengan una diferencia de nivel de grosor, fabricando de este modo una lámina de electrodo;

en donde la etapa (c) efectúa la irradiación dos veces o menos con un láser de nanosegundos para formar los orificios respectivos.

Aquí, el colector de corriente de tipo lámina puede transferirse a una velocidad de 40 m/min a 80 m/min.

Entretanto, el láser de nanosegundos puede satisfacer las siguientes condiciones 1 a 4.

[Condición 1]

Potencia media: 26 W a 100 W,

[Condición 2]

5 Frecuencia de repetición: 28 kHz a 70 kHz,

[Condición 3]

Duración de pulso: de 55 ns a 220 ns,

[Condición 4]

10 Energía de pulso: 0,28 mJ a 2,84 mJ.

15 El gran número de orificios formados por grabado láser puede formarse con una forma cónica cuyo diámetro disminuye en la dirección de la porción de superficie de la mezcla de electrodo al colector de corriente de tipo lámina, y un diámetro del orificio en la porción de superficie de la mezcla de electrodo y una profundidad de orificio en la dirección de la porción de superficie de la mezcla de electrodo al colector de corriente de tipo lámina pueden formarse en una proporción de 1:1 a 2:1.

20 Además, el diámetro de los orificios en la porción de superficie de la mezcla de electrodo puede estar específicamente formado de 10  $\mu\text{m}$  a 50  $\mu\text{m}$ , y el intervalo entre los orificios respectivos puede estar formado de 100  $\mu\text{m}$  a 500  $\mu\text{m}$ , basándose en un intervalo cónico entre los orificios respectivos situados en una porción próxima al colector de corriente.

Por otra parte, la unidad láser incluye además un espejo poligonal y, por tanto, puede grabar a través del espejo poligonal en el momento del grabado láser.

25 Según otra realización más de la presente divulgación, se proporciona un electrodo para una batería secundaria, que se fabrica mediante el método de fabricación de un electrodo, estando el electrodo caracterizado por que:

30 se forma una mezcla de electrodo en al menos una superficie de un colector de corriente, y un gran número de orificios de forma cónica, en los que un diámetro en la porción de superficie de la mezcla de electrodo y una profundidad en la dirección de la porción de superficie de la mezcla de electrodo al colector de corriente de tipo lámina tienen una proporción de 1:1 a 2:1, se forman en la mezcla de electrodo para formar una diferencia de nivel de grosor.

35 En ese momento, como se ha descrito anteriormente, el diámetro del orificio en la porción de superficie de la mezcla de electrodo puede ser de 10  $\mu\text{m}$  a 50  $\mu\text{m}$  y el intervalo entre los orificios respectivos puede ser de 100  $\mu\text{m}$  a 500  $\mu\text{m}$ .

**[Efectos ventajosos]**

40 En el aparato de fabricación y el método de fabricación de un electrodo para una batería secundaria según la presente divulgación, se puede formar un gran número de orificios con una diferencia de nivel de grosor utilizando un láser en la mezcla de electrodo para reducir el grado de flexión, fabricando de este modo un electrodo con una conductividad iónica aumentada, de modo que el método proporciona los efectos de mejorar las características de potencia y las características de alta frecuencia de la batería secundaria que incluye el mismo.

45 En el aparato de fabricación y el método de fabricación de un electrodo para una batería secundaria según la presente divulgación, se pueden formar que tengan un diámetro y una profundidad deseados efectuando una irradiación dos veces o menos, en función de la velocidad de procesado del electrodo, proporcionando de ese modo una minimización de pérdida de capacidad.

**[Descripción de las figuras]**

50 La Figura 1 es un diagrama esquemático de un aparato de fabricación de un electrodo para una batería secundaria según una realización de la presente divulgación;

la Figura 2 es un diagrama esquemático de un electrodo fabricado según una realización de la presente divulgación;

55 la Figura 3 son las imágenes SEM (por sus siglas en inglés de "Scanning Electron Microscopy" o microscopía de barrido) de una vista en planta del electrodo positivo según el Ejemplo experimental 1;

la Figura 4 son gráficos obtenidos midiendo una profundidad de orificio y un diámetro de orificio según el Ejemplo experimental 1 con un perfilador óptico sin contacto;

60 la Figura 5 es un gráfico que muestra un diagrama de distribución de la profundidad de orificio y el diámetro de orificio según el Ejemplo experimental 1;

la Figura 6 muestra imágenes SEM en planta del electrodo positivo del Ejemplo 3 según el Ejemplo experimental 2;

la Figura 7 muestra imágenes SEM en planta del electrodo positivo del Ejemplo 4 según el Ejemplo experimental 2;

65 la Figura 8 muestra imágenes SEM en planta del electrodo positivo del Ejemplo 5 según el Ejemplo experimental 2;

la Figura 9 muestra imágenes SEM en planta del electrodo positivo del Ejemplo comparativo 3 según el Ejemplo experimental 2;  
 la Figura 10 muestra imágenes SEM en planta del electrodo positivo del Ejemplo comparativo 4 según el Ejemplo experimental 2;  
 5 la Figura 11 muestra imágenes SEM en planta del electrodo positivo del Ejemplo comparativo 5 según el Ejemplo experimental 2;  
 la Figura 12 muestra imágenes SEM en planta del electrodo positivo del Ejemplo comparativo 6 según el Ejemplo experimental 2;  
 la Figura 13 es un gráfico para comparar la reducción de la cantidad de carga según el Ejemplo experimental 3;  
 10 la Figura 14 es un gráfico para comparar la capacidad de descarga inicial según el Ejemplo experimental 4; y  
 la Figura 15 es un gráfico para comparar la capacidad de descarga frente a la frecuencia C según el Ejemplo experimental 4.

**[Descripción detallada de la invención]**

15 En lo sucesivo en el presente documento, la presente divulgación se describirá con más detalle.

Según una realización de la presente divulgación, se proporciona un aparato para fabricar un electrodo para una batería secundaria, que comprende:

20 un desenrollador en forma de rodillo en el que se enrolla un colector de corriente de tipo lámina;  
 una unidad de transferencia que transfiere continuamente el colector de corriente de tipo lámina;  
 una unidad de revestimiento que reviste una pasta de material activo de electrodo en al menos una superficie del colector de corriente de tipo lámina;  
 25 una unidad de secado que seca la pasta de material activo del electrodo revestido para formar una mezcla de electrodo en al menos una superficie de un colector de corriente de tipo lámina;  
 una unidad de laminación que hace lamina la mezcla de electrodo a través de un par de rodillos;  
 una unidad láser en la que la mezcla de electrodo se somete a un grabado láser para formar un gran número de orificios que tienen una diferencia de nivel de grosor, fabricando de este modo una lámina de electrodo; y,  
 30 un enrollador en forma de rodillo que enrolla la lámina de electrodo,  
 en donde la unidad láser es un láser de nanosegundos, y forma los orificios respectivos efectuando la irradiación dos veces o menos.

35 En lo sucesivo, el aparato de fabricación de electrodos de la presente divulgación se describirá en detalle con referencia a los dibujos adjuntos para que aquellos con conocimientos ordinarios en la materia puedan llevar a cabo fácilmente la invención. Sin embargo, los siguientes dibujos son meramente un ejemplo, y la presente divulgación puede realizarse de diversas formas diferentes dentro del ámbito de la presente divulgación y no se limita a los dibujos.

40 Específicamente, la Figura 1 ilustra esquemáticamente un aparato de fabricación de electrodos de este tipo, y la Figura 2 ilustra esquemáticamente un electrodo fabricado mediante un método de fabricación de este tipo.

Con referencia a las Figuras 1 y 2, el aparato de fabricación de electrodos según la presente divulgación incluye:

45 un desenrollador en forma de rodillo 110 en el que se enrolla un colector de corriente de tipo lámina 101;  
 una unidad de transferencia 120 que transfiere continuamente el colector de corriente de tipo lámina 101;  
 una unidad de revestimiento 130 que reviste una pasta de material activo de electrodo 102 al menos sobre una superficie del colector de corriente de tipo lámina 101;  
 una unidad de secado 140 que seca la pasta de material activo de electrodo 102 revestida para formar una mezcla de electrodo 103 al menos en una superficie de un colector de corriente de tipo lámina 101;  
 50 una unidad de laminación 150 que lamina la mezcla de electrodo 103 a través de un par de rodillos 151 y 152;  
 una unidad láser 160 en la que la mezcla de electrodo 103 se somete a un grabado láser para formar un gran número de orificios 181 que tienen una diferencia de nivel T-t de grosor, fabricando de este modo una lámina de electrodo 180; y,  
 55 un enrollador en forma de rodillo 170 que enrolla la lámina de electrodo 180.

En lo sucesivo en el presente documento, se describirán en detalle los componentes del aparato de fabricación de electrodos.

60 En primer lugar, el desenrollador 110 se compone de una estructura en la que el colector de corriente de tipo lámina 101 se enrolla en un rodillo.

Este desenrollador 110 desenrolla el colector de corriente de tipo lámina 101 y transfiere el colector de corriente de tipo lámina 101 mediante la unidad de transferencia 120.

65 La unidad de transferencia 120 recibe el colector de corriente de tipo lámina 101 desenrollado del desenrollador 110, y sirve para transferir el colector de corriente de tipo lámina 101 a un enrollador 170 a través de una unidad de

revestimiento 130, una unidad de secado 140, una unidad de laminación 150 y una unidad de control 160.

Aquí, la unidad de transferencia 120 puede ser un rodillo.

5 Mediante esta unidad de transferencia 120, se puede transferir el colector de corriente de tipo lámina 101, por ejemplo, a una velocidad de 40 m/min a 80 m/min y, específicamente, se puede transferir a una velocidad de 60 m/min a 80 m/min.

Comercialmente, tiene sentido cuando se satisfacen las velocidades del intervalo anterior.

10 Si la transferencia se efectúa a una velocidad muy rápida más allá del intervalo anterior, pueden surgir problemas al efectuar cada etapa, por ejemplo, el revestimiento o el secado de la pasta de material activo del electrodo, o el laminado de la mezcla del electrodo pueden no efectuarse correctamente. Por otro lado, si la transferencia se realiza a una velocidad muy lenta, no es posible obtener una velocidad de fabricación de electrodos comercialmente significativa, lo que, por tanto, no es preferible.

A continuación, el colector de corriente de tipo lámina 101 desenrollado del desenrollador 110 y transferido por la unidad de transferencia 120 es transferido a la unidad de revestimiento 130 por la unidad de transferencia 120.

20 La unidad de revestimiento 130 reviste la pasta de material activo de electrodo 102 sobre el colector de corriente de tipo lámina 101.

25 En ese momento, la unidad de revestimiento no está limitada siempre que tenga una forma capaz de revestir la pasta de material activo del electrodo, y esta puede revestirse mediante un dispositivo de revestimiento conocido convencionalmente, tal como una matriz de revestimiento, un rodillo de revestimiento o una ranura deslizante. La Figura 1 muestra, a modo de ejemplo, una estructura en la que se reviste una pasta de material activo de electrodo mediante una matriz de revestimiento.

30 Específicamente, la unidad de revestimiento 130 puede estar compuesta por una estructura que incluye: un troquel de revestimiento 131 provisto de una ranura de salida para que la pasta de material activo de electrodo 102 fluya fuera hacia el exterior, hacia el colector de corriente de tipo lámina 101, y un rodillo revestidor 132 que está dispuesto separadamente de la ranura de salida del troquel de revestimiento 131 a intervalos predeterminados, y transfiere el colector de corriente de tipo lámina 101 por rotación para que la pasta de material activo de electrodo 102 pueda revestirse sobre el colector de corriente de tipo lámina 101 mediante el troquel de revestimiento 131.

35 Después de lo cual, la unidad de transferencia 120 transfiere a la unidad de secado 140 el colector de corriente de tipo lámina 101 revestido con la pasta de material activo de electrodo 102.

40 La unidad de secado 140 no está limitada siempre que sea un dispositivo capaz de formar la mezcla de electrodo 103 evaporando un disolvente de la pasta de material activo de electrodo. Puede tener cualquier estructura conocida convencionalmente y, por ejemplo, el secado puede efectuarse mediante un tipo de calentamiento y/o un tipo de aire caliente.

45 Al pasar por tal tipo de una unidad de secado 140, la mezcla de electrodo 103, en un estado en el que el disolvente se ha evaporado, se forma sobre el colector de corriente de tipo lámina 101 y la mezcla de electrodo 103 se lamina a través de la unidad de laminación 150 para que tenga una porosidad y densidad de electrodos adecuadas.

50 Siempre que la unidad de laminación 150 esté en condiciones de laminar la mezcla de electrodo, su dispositivo, estructura, y similares no están limitados y, por ejemplo, puede tener forma laminar ajustando el intervalo de separación del par de rodillos 151 y 152.

55 La mezcla de electrodo 103 en la que se ha completado el laminado se transfiere a la unidad láser 160 mediante la unidad de transferencia 120, y la unidad láser 160 forma un gran número de orificios 181 que tienen una diferencia de nivel T-t de grosor grabando la mezcla de electrodo 103 utilizando un láser.

En ese momento, la unidad láser 160 utiliza un láser de nanosegundos 161 y forma los respectivos orificios 181 efectuando la irradiación dos veces o menos y, específicamente, efectuando la irradiación una vez.

60 Con el fin de presentar el efecto según la presente divulgación, a medida que el diámetro (r) en la porción de superficie de la mezcla de electrodo 103 es más pequeño y a medida que la profundidad (d) en la dirección de la porción de superficie de la mezcla de electrodo al colector de corriente de tipo lámina es más profunda dentro del intervalo de no dañar el colector de corriente de tipo lámina 101, el grado de flexión puede reducirse minimizando la reducción de capacidad, lo que es preferible.

65 En este sentido, cuando se forma una diferencia de nivel de grosor en forma de orificio, no sólo la profundidad se puede formar 2 veces más profunda en comparación con el caso de formación de una diferencia de nivel en forma de

línea, sino que también es superior en términos de velocidad de procesado del electrodo. Por lo tanto, para presentar el efecto de la presente divulgación efectuando una irradiación dos veces o menos, debe formarse con forma de orificio.

5 Además, si se aumenta el número de irradiaciones a 3 o más, por encima del intervalo anterior, el diámetro del orificio se vuelve más grande, la desviación se vuelve severa, la temperatura aumenta debido a la energía del láser, de modo que aumenta la separación de la mezcla de electrodo y se reduce la capacidad, mientras que el tratamiento adicional en dirección de la profundidad es insignificante. Por lo tanto, no es deseable obtener todos los efectos deseados de la presente divulgación y, además, existe el problema de que puede producirse una rebaba.

10 Por otra parte, cuando se utiliza un láser de femtosegundo o de picosegundo sin utilizar un láser de nanosegundo, el diámetro y la profundidad de orificio deseados solo pueden obtenerse cuando el láser se irradia varias veces sobre la mezcla de electrodo. Efectuar la irradiación dos veces o menos permite que la energía se propague ampliamente, de modo que se forme un orificio de forma propagada en el que la profundidad del orificio sea poco profunda y el diámetro sea amplio.

15 En este caso, la pérdida de mezcla de electrodo se vuelve grande, lo que conlleva una reducción de la capacidad de la batería secundaria que incluye la misma y, por tanto, no es preferible.

20 Por otro lado, la velocidad de transferencia de la unidad de transferencia en el proceso de fabricación del electrodo según la presente divulgación es preferiblemente de 40 m/min a 80 m/min. Por tanto, en el caso de efectuar la irradiación con un láser de femtosegundo o picosegundo varias veces para formar los orificios con la forma deseada de la presente divulgación, es casi imposible irradiar con precisión una porción con un láser varias veces y, como resultado, es difícil formar un orificio con una desviación pequeña debido a la forma en la que el orificio se extiende ampliamente.

Adicionalmente, en el caso de aumentar la potencia media de los láseres de femtosegundo y picosegundo, se puede obtener el grado deseado de profundidad del orificio, pero, al mismo tiempo, el tamaño del diámetro también aumenta, la pérdida de capacidad se vuelve mayor y la desviación posicional es grande, lo que, por tanto, no es apropiado.

30 En conclusión, para obtener el efecto según la presente divulgación, se debe obtener la forma óptima del orificio y para este fin, el láser de nanosegundos debe irradiarse dos veces o menos, específicamente una vez, para formar una diferencia de grosor nivelada.

35 Además, para maximizar el efecto según la presente divulgación, el láser de nanosegundos puede, específicamente, satisfacer las siguientes condiciones 1 a 4.

[Condición 1]

Potencia media: 26 W a 100 W,

40 [Condición 2]

Frecuencia de repetición: 28 kHz a 70 kHz,

[Condición 3]

Duración de pulso: de 55 ns a 220 ns,

[Condición 4]

45 Energía de pulso: 0,28 mJ a 2,84 mJ.

Si no se satisface alguna de las condiciones anteriores, no es posible formar un orificio que tenga una forma optimizada para presentar el efecto de la presente divulgación, lo que, por tanto, no es preferible.

50 Específicamente, cuando la potencia media es demasiado pequeña, el orificio no se forma correctamente y cuando la potencia media supera el intervalo anterior, el diámetro del orificio formado se vuelve demasiado grande y se reduce la capacidad de la batería, lo que, por tanto, no es preferible.

Adicionalmente, cuando la frecuencia de repetición es demasiado pequeña, la potencia media disminuye y el orificio no se forma correctamente y cuando la frecuencia de repetición es demasiado grande, existe el problema de que el diámetro del orificio se vuelve demasiado grande.

60 De manera similar, cuando la duración del pulso es demasiado pequeña, existe el problema de que la potencia pico se vuelve demasiado alta y se produce un fenómeno de dispersión de la energía, y el diámetro se forma a más de 3 veces la profundidad, como un láser de picosegundos. Cuando la duración del pulso es demasiado grande, la potencia pico se vuelve pequeña y el orificio no se forma correctamente.

Además, cuando la energía del pulso es demasiado pequeña fuera del intervalo anterior, la potencia pico se vuelve más pequeña y el orificio no se forma correctamente. Cuando la energía del pulso se vuelve demasiado grande, la potencia pico se vuelve demasiado grande, y la profundidad y el diámetro del orificio aumentan al mismo tiempo, de modo que la pérdida de capacidad se vuelve más grande que la mejora de las características de potencia, lo que, por

tanto, no es preferible.

Por otro lado, cuando se forman los orificios 181 en la mezcla de electrodo 103 utilizando el láser de nanosegundos como se ha descrito anteriormente, los orificios 181 pueden formarse con una forma cónica cuyo diámetro disminuye en la dirección de la porción de superficie de la mezcla de electrodo 103 al colector de corriente de tipo lámina 101.

Además, como se ha descrito anteriormente, con el fin de presentar el efecto según la presente divulgación, como el diámetro (r) del orificio es más pequeño y como la profundidad (d) es mayor dentro del intervalo con el que no daña el colector de corriente de tipo lámina 101, es más preferible. Por lo tanto, los orificios 181 pueden formarse de tal manera que el diámetro (r) en la porción de superficie de la mezcla de electrodo 103 y la profundidad (d) en la dirección de la porción de superficie de la mezcla de electrodo 103 al colector de corriente en forma de lámina 101 tengan el mismo tamaño, o bien el diámetro (r) puede ser mayor que la profundidad (d). Específicamente, el diámetro (r) y la profundidad (d) del orificio 181 pueden formarse con una proporción de 1:1 a 2:1, específicamente, una proporción de 1:1 a 1,7:1, más específicamente, una proporción de 1:1 a 1,5:1, lo más específicamente, una proporción de 1:1 a 1,3:1.

Cuando el diámetro (r) del orificio aumenta demasiado por encima del intervalo anterior, la capacidad disminuye con la pérdida de mezcla del electrodo, lo que, por tanto, no es preferible y cuando la profundidad (d) es demasiado escasa, el efecto de mejorar las características de potencia es insignificante, lo que, por tanto, no es preferible.

Específicamente, el diámetro (r) en la porción de superficie de la mezcla de electrodo del orificio 181 puede formarse en un intervalo de 10  $\mu\text{m}$  a 50  $\mu\text{m}$ , específicamente, de 20  $\mu\text{m}$  a 45  $\mu\text{m}$  y más específicamente de 25  $\mu\text{m}$  a 35  $\mu\text{m}$ .

Cuando el diámetro (r) es demasiado grande más allá del intervalo anterior, existe el problema de que aparece una reducción de la capacidad debido a la pérdida de mezcla del electrodo, y la formación de orificios para que sean más pequeños que el intervalo anterior es difícil en un proceso.

Asimismo, para presentar más eficazmente el efecto pretendido de la presente divulgación, el intervalo entre los orificios 181 respectivos puede formarse en el intervalo de 100  $\mu\text{m}$  a 500  $\mu\text{m}$ , específicamente de 200  $\mu\text{m}$  a 400  $\mu\text{m}$  y más específicamente de 200  $\mu\text{m}$  a 300  $\mu\text{m}$ .

Además, como han confirmado los actuales inventores, el intervalo (w) entre los orificios 181 también afecta al diámetro (r) y la profundidad (d) de los orificios formados.

Específicamente, a medida que el intervalo (w) entre los orificios 181 es menor, el diámetro (r) y la profundidad (d) de los orificios es mayor.

Por lo tanto, cuando el intervalo (w) es demasiado pequeño fuera del intervalo anterior, el aglutinante del electrodo se funde por el calor del láser, de modo que la fuerza de adherencia entre el electrodo y el colector de corriente, y la fuerza de adherencia del electrodo se reducen, por lo que la posibilidad de separación del material activo del electrodo es alta y el colector de corriente puede deformarse por el calor. Cuando el intervalo es mayor que el intervalo anterior, el efecto de mejora de las características de potencia es escaso.

Por otro lado, la unidad láser 160 puede incluir además un espejo poligonal 162 y, en el momento del grabado láser, puede grabarse a través del espejo poligonal 162.

De esta manera, cuando se utiliza el espejo poligonal 162, los orificios 181 pueden formarse a mayor velocidad incluso con una sola fuente láser, lo que es más preferible cuando se aplica a un proceso de producción masiva.

Por último, la lámina de electrodo 180, que ha sido sometida a un grabado láser en la unidad láser 160 para formar un gran número de orificios 181, se enrolla mediante un enrollador en forma de rodillo 170.

El enrollador 170 se compone de una estructura en la que la lámina de electrodo 180 se enrolla en un rodillo, similar al desenrollador 110.

Por otra parte, según otra realización de la presente divulgación, se proporciona un método de fabricación de un electrodo para una batería secundaria, comprendiendo el método las etapas de:

- (a) preparar una pasta de electrodo que contenga un material activo;
- (b) revestir la pasta de electrodo sobre al menos una superficie de un colector de corriente de tipo lámina que se va a transferir, y secar la misma para formar una mezcla de electrodo y laminar la mezcla de electrodo; y
- (c) someter la mezcla de electrodo a un grabado láser para formar un gran número de orificios que tengan una diferencia de nivel de grosor, fabricando de este modo una lámina de electrodo,

en donde la etapa (c) efectúa la irradiación dos veces o menos con un láser de nanosegundos para formar los orificios respectivos.

La pasta de material activo de electrodo de la etapa a) contiene el material activo descrito a continuación.

El tipo de material activo se determina dependiendo de si el electrodo es un electrodo positivo o un electrodo negativo.

5 Por ejemplo, cuando el electrodo es un electrodo positivo, el material activo no está limitado y ejemplos del mismo incluyen  $\text{LiCoO}_2$ ,  $\text{LiNiO}_2$ ,  $\text{LiMnO}_2$ ,  $\text{LiMn}_2\text{O}_2$ ,  $\text{Li}(\text{Ni}_a\text{Co}_b\text{Mn}_c)\text{O}_2$  ( $0 < a < 1$ ,  $0 < b < 1$ ,  $0 < c < 1$ ,  $a + b + c = 1$ ),  $\text{LiNi}_{1-a}\text{Co}_d\text{O}_2$ ,  $\text{LiCo}_{1-d}\text{Mn}_d\text{O}_2$ ,  $\text{LiNi}_{1-d}\text{Mn}_d\text{O}_2$  ( $0 \leq d < 1$ ),  $\text{Li}(\text{Ni}_a\text{Co}_b\text{Mn}_c)\text{O}_4$  ( $0 < a < 2$ ,  $0 < b < 2$ ,  $0 < c < 2$ ,  $a + b + c = 2$ ),  $\text{LiMn}_{2-e}\text{Ni}_e\text{O}_4$ ,  $\text{LiMn}_{2-e}\text{Co}_e\text{O}_4$  ( $0 < e < 2$ ),  $\text{LiCoPO}_4$ ,  $\text{LiFePO}_4$  o similares, pudiendo utilizarse uno cualquiera o una mezcla de dos o más de ellos.

10 Cuando el electrodo es un electrodo negativo, el material activo puede incluir, por ejemplo, materiales carbonosos tal como grafito artificial, grafito natural, fibras de carbono grafitadas y carbono amorfo; compuestos metálicos capaces de alearse con el litio, tal como Si, Al, Sn, Pb, Zn, Bi, In, Mg, Ga, Cd, una aleación de Si, una aleación de Sn o una aleación de Al; óxidos metálicos capaces de dopar y desdopar el litio, tal como  $\text{SiO}_x$  ( $0 < x < 2$ ),  $\text{SnO}_2$ , óxido de vanadio y óxido de litio y vanadio; o puede utilizarse un compuesto que incluya el compuesto metálico y el material carbonoso anterior tal como un compuesto de Si-C o un compuesto de Sn-C, o similares y uno cualquiera o una mezcla de dos o más de los mismos. Adicionalmente, también puede utilizarse una película delgada de metal-litio como material activo del electrodo negativo. Además, como material de carbono puede utilizarse tanto carbono de baja cristalinidad como carbono de alta cristalinidad. Ejemplos típicos de carbono de baja cristalinidad pueden ser el carbono blando y el carbono duro. Ejemplos típicos de carbono de alta cristalinidad pueden ser grafito natural o artificial amorfo, plano, escamoso, esférico o fibroso, grafito Kish, carbonopirolítico, fibra de carbono a base de brea de mesofásica, microesferas de mesocarbono, breas de mesofase y carbono calcinado a alta temperatura, tales como coques derivados de brea de alquitrán de hulla o petróleo.

20 La pasta de material activo del electrodo puede incluir además un material conductor y un aglutinante y, opcionalmente, puede incluir además un relleno.

El material conductor se utiliza para impartir conductividad al electrodo, y el material conductor puede utilizarse sin limitación particular siempre que tenga conductividad electrónica sin provocar cambios químicos en la batería que se va a configurar. Ejemplos específicos de los mismos son los materiales a base de carbono, tales como negro de humo, negro acetileno, negro ketjen, negro de canal, negro de horno, negro de lámpara, negro térmico y fibra de carbono; grafito tal como grafito natural y grafito artificial; polvo metálico o fibras metálicas tales como cobre, níquel, aluminio y plata; hilo conductor tal como óxido de zinc y titanato de potasio; óxidos de metal conductor tal como óxido de titanio; o un polímero conductor tal como un derivado del polifenileno, pudiendo utilizarse uno cualquiera solo o una mezcla de dos o más de ellos. En particular, es preferible utilizar nanotubos de carbono, lo que se debe a que el material tiene una buena conductividad, pudiendo minimizar de ese modo el contenido del material conductor. El material conductor puede incluirse en una cantidad de 0,5 % a 10 % en peso, específicamente de 1 % a 5 % en peso, basándose en el peso total de la mezcla de electrodo positivos respectiva.

30 El aglutinante desempeña la función de mejorar la adherencia entre las partículas de material activo del electrodo positivo y la fuerza de adherencia entre el material activo del electrodo positivo y el colector de corriente. Ejemplos específicos incluyen el fluoruro de polivinilideno (PVDF), copolímero de fluoruro de vinilideno y hexafluoropropileno (PVDF-co-HFP), alcohol de polivinilo, poliacrilonitrilo, carboximetilcelulosa (CMC), almidón, hidroxipropilcelulosa, celulosa regenerada, polivinilpirrolidona, tetrafluoroetileno, polietileno, polipropileno, polímero de etileno-propileno-dieno (EPDM), EPDM sulfonado, caucho de estireno-butadieno (SBR), caucho fluorado o diversos copolímeros de los mismos, pudiendo utilizarse uno cualquiera solo o una mezcla de dos o más de ellos. El aglutinante puede incluirse en una cantidad de 0,5 % a 10 % en peso, específicamente de 1 % a 5 % en peso, basándose en el peso total de la mezcla de electrodo positivos respectiva.

40 Cuando el material conductor y el aglutinante están contenidos en una cantidad muy grande por encima del intervalo anterior, el contenido de material activo del electrodo positivo se reduce relativamente, y la capacidad y la densidad energética disminuyen. Cuando el material conductor y el aglutinante están contenidos en una cantidad muy pequeña, es difícil presentar conductividad y propiedades aglutinantes, lo que no es preferible.

50 El relleno se utiliza opcionalmente como componente para inhibir la expansión del electrodo positivo. El relleno no está particularmente limitado siempre que sea un material fibroso sin provocar cambios químicos en la batería secundaria correspondiente. Ejemplos de relleno incluyen polímeros basados en olefina tales como polietileno y polipropileno; y materiales fibrosos tales como fibra de vidrio y fibra de carbono. El relleno puede añadirse en una cantidad de 0,1 a 3 % en peso basándose en el peso total de cada mezcla de electrodo positivo.

60 El colector de corriente de tipo lámina sobre el que se reviste la pasta de material activo de electrodo en la etapa (b) no está particularmente limitado siempre que tenga conductividad a la par que no cause cambios químicos en la batería y se puede utilizar, por ejemplo, cobre, acero inoxidable, aluminio, níquel, titanio, carbono calcinado, o aluminio o acero inoxidable que tenga una superficie tratada con carbono, níquel, titanio, plata, etc. Adicionalmente, el colector de corriente de tipo lámina puede tener un grosor de 3  $\mu\text{m}$  a 500  $\mu\text{m}$ , y puede tener finas irregularidades formadas en la superficie del colector de corriente para aumentar la fuerza de adherencia del material activo del electrodo positivo. Por ejemplo, puede utilizarse en diversas formas, tal como películas, láminas, chapas, mallas, cuerpos porosos,

espumas y telas no tejidas.

El proceso de revestimiento, secado y laminado de la pasta de material activo de electrodo en el colector de corriente de tipo lámina es como se ha descrito anteriormente, y la velocidad de transferencia del colector de corriente de tipo lámina también es como se ha descrito anteriormente.

En la etapa (c), la etapa de someter la mezcla de electrodo al grabado láser para formar un gran número de orificios que tengan una diferencia de nivel de grosor, fabricando de este modo una lámina de electrodo es también como se ha descrito anteriormente.

Específicamente, los orificios respectivos pueden formarse irradiando dos veces o menos con un láser de nanosegundos y pueden satisfacerse las siguientes condiciones 1 a 4.

[Condición 1]

Potencia media: 26 W a 100 W,

[Condición 2]

Frecuencia de repetición: 28 kHz a 70 kHz,

[Condición 3]

Duración de pulso: de 55 ns a 220 ns,

[Condición 4]

Energía de pulso: 0,28 mJ a 2,84 mJ.

Además, los orificios pueden formarse con una forma cónica cuyo diámetro disminuye en la dirección de la porción de superficie de la mezcla de electrodo al colector de corriente de tipo lámina, y el diámetro en la porción de superficie de la mezcla de electrodo y la profundidad en la dirección de la porción de superficie de la mezcla de electrodo al colector de corriente de tipo lámina pueden formarse en una proporción de 1:1 a 2:1.

Por otra parte, los orificios pueden formarse de tal manera que el diámetro en la porción de superficie de la mezcla de electrodo sea de 10  $\mu\text{m}$  a 50  $\mu\text{m}$  y el intervalo entre los orificios respectivos sea de 100  $\mu\text{m}$  a 500  $\mu\text{m}$ .

Además, en el momento del grabado láser, se puede utilizar conjuntamente un espejo poligonal.

Entretanto, según otra realización de la presente divulgación, se proporciona un electrodo para una batería secundaria, que se fabrica mediante el método de fabricación del electrodo, estando el electrodo caracterizado por que:

se forma una mezcla de electrodo en al menos una superficie de un colector de corriente, y un gran número de orificios de forma cónica, en los que un diámetro en la porción de superficie de la mezcla de electrodo y una profundidad en la dirección de la porción de superficie de la mezcla de electrodo al colector de corriente de tipo lámina tienen una proporción de 1:1 a 2:1, se forman en la mezcla de electrodo para formar una diferencia de nivel de grosor.

El orificio con forma de cono puede formarse de tal manera que el diámetro y la profundidad estén específicamente en una proporción de 1:1 a 1,7:1, más específicamente, una proporción de 1:1 a 1,5:1, y lo más específicamente, una proporción de 1:1 a 1,3:1.

Además, el diámetro en la porción de superficie de la mezcla de electrodo del orificio puede ser de 10  $\mu\text{m}$  a 50  $\mu\text{m}$ , específicamente, de 20  $\mu\text{m}$  a 45  $\mu\text{m}$ , y más específicamente de 25  $\mu\text{m}$  a 35  $\mu\text{m}$ .

Asimismo, para presentar más eficazmente el efecto pretendido de la presente divulgación, el intervalo entre los orificios respectivos puede ser de 100  $\mu\text{m}$  a 500  $\mu\text{m}$ , específicamente, de 200  $\mu\text{m}$  a 400  $\mu\text{m}$  y, más específicamente, de 200  $\mu\text{m}$  a 300  $\mu\text{m}$ .

El electrodo puede ser un electrodo positivo o un electrodo negativo, y los orificios mencionados anteriormente pueden estar formados tanto en el electrodo positivo como en el electrodo negativo. Cuando los orificios anteriores se forman en el electrodo positivo y se utilizan, se pueden mejorar las características de descarga de alta frecuencia, y cuando los orificios se forman en el electrodo negativo y se utilizan, se pueden presentar las características ventajosas para la carga rápida, se pueden mejorar las características de alta frecuencia de la batería secundaria independientemente de en qué lado se formen.

La presente divulgación se describirá en detalle mediante ejemplos para que aquellos con conocimientos ordinarios en la materia puedan llevar a cabo fácilmente la invención. Sin embargo, la presente invención puede realizarse de diversas formas diferentes y no está limitada a los ejemplos descritos en el presente documento.

<Ejemplo de producción>

Se utilizó grafito artificial como material activo, se utilizó SBR como aglutinante, se utilizó negro de humo como material conductor y se utilizó CMC como aditivo. Se añadió material activo de electrodo: aglutinante: material conductor: aditivo en una proporción de peso de 96:0,5:2,5:1 al agua para obtener una pasta de material activo de electrodo, y la pasta

obtenida se revistió sobre un colector de corriente de chapa de Cu con un grosor de aproximadamente 130  $\mu\text{m}$  y una cantidad de carga de 250 mg/25  $\text{cm}^2$ , se secó y, a continuación, se laminó para fabricar un electrodo negativo preliminar que tiene una mezcla de electrodo negativo formada en el mismo.

5 <Ejemplo 1>

La mezcla de electrodo negativo del electrodo negativo preliminar fabricado en el Ejemplo de producción se irradió una vez a intervalos de 100  $\mu\text{m}$  utilizando un láser de nanosegundos (SPI G4, 1064 nm) y estableciendo las siguientes condiciones para formar una pluralidad de orificios, fabricando de ese modo un electrodo negativo

10

Potencia media: 49 W (98 % de potencia),  
Frecuencia de repetición: 70kHz

Duración de pulso: 220ns,  
Energía de pulso: 0,71 mJ

15

Tiempo de irradiación láser: 1  $\mu\text{s}$ ,  
Longitud de onda: 1064 nm

<Ejemplo 2>

20 Se fabricó un electrodo negativo formando los orificios de la misma manera que en el Ejemplo 1, salvo que el intervalo entre los orificios se fijó en 200  $\mu\text{m}$ .

<Ejemplo comparativo 1>

25 Se fabricó un electrodo negativo formando los orificios de la misma manera que en el Ejemplo 1, salvo que el intervalo entre los orificios se fijó en 200  $\mu\text{m}$  y la irradiación se efectuó 3 veces para formar un gran número de orificios

<Ejemplo experimental 1>

30 Se tomaron imágenes SEM de una vista en planta de los electrodos positivos fabricados en los Ejemplos 1 a 2 y en el Ejemplo comparativo 1, y se muestran en la Figura 3. La profundidad del orificio y el diámetro del orificio (diámetro en un plano) se midieron con un perfilador óptico sin contacto, y los resultados se muestran en la Figura 4. En la siguiente Figura 5 se muestra el diagrama de distribución de la profundidad del orificio y el diámetro del orificio.

35 Con referencia a las Figuras 3 a 5, se puede observar que a medida que el intervalo entre orificios es menor, el diámetro del orificio y la profundidad del orificio son mayores (Comparación del Ejemplo 1 y el Ejemplo 2). Por otro lado, cuando el láser se irradia varias veces (Ejemplo comparativo 1), se puede observar que el diámetro del orificio aumenta bruscamente, pero comparado con esto, el procesamiento adicional es leve en cuanto a profundidad.

40 <Ejemplo 3>

Se fabricó un electrodo negativo formando los orificios de la misma manera que en el Ejemplo 1, salvo que el intervalo entre los orificios se fijó en 500  $\mu\text{m}$ .

45 <Ejemplo 4>

Se fabricó un electrodo negativo formando los orificios de la misma manera que en el Ejemplo 1, salvo que el intervalo entre los orificios se fijó en 500  $\mu\text{m}$  y la potencia media del láser en 40 W (80 %).

50 <Ejemplo 5>

Se fabricó un electrodo negativo formando los orificios de la misma manera que en el Ejemplo 1, salvo que el intervalo entre los orificios se fijó en 500  $\mu\text{m}$  y la potencia media del láser en 30W (60 %).

55 <Ejemplo comparativo 2>

Se fabricó un electrodo negativo formando los orificios de la misma manera que en el Ejemplo 1, salvo que el intervalo entre los orificios se fijó en 500  $\mu\text{m}$  y la potencia media del láser en 20W (40 %).

60 <Ejemplo comparativo 3>

La mezcla de electrodo negativo del electrodo negativo preliminar fabricado en el Ejemplo de producción anterior se irradió una vez a intervalos de 100  $\mu\text{m}$  utilizando un láser de picosegundos (TruMicro 5050, 1030 nm) y estableciendo las siguientes condiciones para formar una pluralidad de orificios, fabricando de ese modo un electrodo negativo

65

Potencia media: 50W (100 % de potencia),

Frecuencia de repetición: 200 kHz  
Duración de pulso: 10ps,  
Energía de pulso: 0,71 mJ  
Tiempo de irradiación láser: 1  $\mu$ s,  
Longitud de onda: 1030 nm

5

<Ejemplo comparativo 4>

10

Se fabricó un electrodo negativo formando los orificios de la misma manera que en el Ejemplo comparativo 3, salvo que la potencia media del láser se fijó en 40 W (80 %).

<Ejemplo comparativo 5>

15

Se fabricó un electrodo negativo formando los orificios de la misma manera que en el Ejemplo comparativo 3, salvo que la potencia media del láser se fijó en 30W (60 %).

<Ejemplo experimental 2>

20

Se tomaron imágenes SEM de una vista en planta de los electrodos negativos fabricados en los Ejemplos 3 a 5 y en los Ejemplos comparativos 2 a 5, y se muestran en las Figuras 6 a 12 en orden.

25

Con referencia a las Figuras 6 a 12, en el caso de la fabricación del electrodo según la presente divulgación, los orificios están correctamente formados con un diámetro medio de 50  $\mu$ m o menos, mientras que cuando la potencia media es demasiado baja, aunque se utilice el nanosegundo, los orificios no se forman correctamente. En el caso de utilizar el picosegundo, el diámetro del orificio se vuelve superior a 100  $\mu$ m, lo que, por tanto, no es apropiado.

<Ejemplo 6>

30

Se fabricó un electrodo negativo formando los orificios de la misma manera que en el Ejemplo 1, salvo que el intervalo entre los orificios se fijó en 150  $\mu$ m.

<Ejemplo comparativo 6>

35

Se fabricó un electrodo negativo en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, salvo que se utilizó un láser de nanosegundos para formar ranuras en forma de línea en lugar de orificios, y el intervalo se fijó en 100  $\mu$ m.

<Ejemplo comparativo 7>

40

Se fabricó un electrodo negativo en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, salvo que se utilizó un láser de nanosegundos para formar ranuras en forma de línea en lugar de orificios, y el intervalo se fijó en 150  $\mu$ m.

<Ejemplo comparativo 8>

45

Se fabricó un electrodo negativo en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, salvo que se utilizó un láser de nanosegundos para formar ranuras en forma de línea en lugar de orificios y el intervalo se fijó en 200  $\mu$ m.

<Ejemplo experimental 3>

50

La frecuencia de reducción de la cantidad de carga se midió para el electrodo negativo de los Ejemplos 1, 2, 6, y los Ejemplos comparativos 6 a 8 para comparar el caso en el que se formó el orificio y el caso en el que se formó la ranura en forma de línea, y se muestra en la Figura 13.

55

La frecuencia de reducción de la cantidad de carga se determinó midiendo el peso antes y después del tratamiento con láser, retirando el material activo, y midiendo el peso de la chapa de Cu, y calculando la ecuación de (peso del material activo antes del tratamiento láser - peso del material activo después del tratamiento láser) / peso del material activo antes del tratamiento láser.

60

Con referencia a la Figura 13, cuando la ranura se forma con la forma de una línea, se puede observar que la cantidad de carga disminuye bruscamente en esa medida.

65

En este caso, la capacidad disminuye a medida que disminuye la cantidad de carga, lo que, por tanto, no es preferible, y en el caso de formación en forma de orificio, la reducción de la cantidad de carga se minimiza, lo que, por tanto, es preferible.

<Ejemplo 7>

Se ha utilizado el electrodo negativo (diámetro medio del orificio: 50  $\mu\text{m}$ , profundidad media del orificio: 34  $\mu\text{m}$ ) fabricado en el Ejemplo 1.

5 Se utilizó  $\text{LiCoO}_2$  como material activo, se utilizaron PVDF y SBRd como aglutinante, y se utilizó negro de humo como material conductor. Se añadió material activo de electrodo: aglutinante: material conductor en una proporción de peso de 97,6:1,2:1,2 al agua para obtener una pasta de material activo de electrodo, y la pasta obtenida se revistió sobre un colector de corriente de chapa de Al con un grosor de aproximadamente 110  $\mu\text{m}$  y una cantidad de carga de 500 mg/25  $\text{cm}^2$ , se secó y, a continuación, se laminó para fabricar un electrodo positivo que tiene una mezcla de electrodo positivo formada en el mismo.

10 Se interpuso un separador (Cell Guard) entre el electrodo positivo y el electrodo negativo, y una solución electrolítica que contenía 1,2 m  $\text{LiPF}_6$  en un disolvente de EC:PC:PP = 3:1:6 (vol%) se utilizó para fabricar una batería secundaria de tipo bolsa. Se prepararon tres baterías.

15 Los orificios formados en el electrodo negativo tenían un diámetro medio de aproximadamente 50  $\mu\text{m}$  y una profundidad media de aproximadamente 34  $\mu\text{m}$ .

<Ejemplo 8>

20 Se fabricaron tres baterías secundarias de la misma manera que en el Ejemplo 7, salvo que se utilizó el electrodo negativo fabricado en el Ejemplo 2.

Los orificios formados en el electrodo negativo tenían un diámetro medio de aproximadamente 40  $\mu\text{m}$  y una profundidad media de aproximadamente 24  $\mu\text{m}$ .

25 <Ejemplo comparativo 9>

La batería secundaria se fabricó de la misma manera que en el Ejemplo 7, salvo que se utilizó el electrodo negativo fabricado en el Ejemplo comparativo 1. Se prepararon tres baterías.

30 Los orificios formados en el electrodo negativo tenían un diámetro medio de aproximadamente 60  $\mu\text{m}$  y una profundidad media de aproximadamente 26  $\mu\text{m}$ .

<Ejemplo comparativo 10>

35 La batería secundaria se fabricó de la misma manera que en el Ejemplo 7, salvo que se utiliza el electrodo negativo preliminar que no tiene orificios formados en el mismo fabricado en el Ejemplo de producción anterior. Se prepararon tres baterías.

40 <Ejemplo experimental 4>

Las baterías secundarias fabricadas en los Ejemplos 7, 8 y en los Ejemplos comparativos 9 y 10 se cargaron a 1C hasta 4,2 V en condiciones de corriente constante/tensión constante (CC/CV), y luego se descargaron a 1/3C hasta 3,4 V en condiciones de corriente constante (CC). Se midió la capacidad de descarga y los resultados se muestran en la siguiente Figura 14.

50 También, se tomaron muestras de las baterías secundarias fabricadas en los Ejemplos 7, 8 y en el Ejemplo comparativo 10, y se cargaron a 1/3C, 1/2C, 1C, 1.5C, 2C hasta 4,2 V en condiciones de corriente constante/tensión constante (CC/CV), respectivamente, y luego se descargan a 1/3C hasta 3,4 V en la condición de corriente constante (CC). Se midió la capacidad de descarga según la frecuencia de C, y los resultados se muestran en la siguiente Figura 15.

55 Con referencia a las Figuras 14 y 15 juntas, en el caso de utilizar el electrodo según la presente divulgación que tiene los orificios formados en el mismo, se puede observar que la capacidad de descarga de un ciclo se redujo en una pequeña cantidad, pero a 1,5C o más, empieza a mostrar un rendimiento de potencia mejorado en comparación con el Ejemplo comparativo 10, y a 2C, presenta unas características de alta frecuencia de mayor excelencia.

60 Por otro lado, en el Ejemplo comparativo 9, se aumentó el diámetro del patrón efectuando la irradiación 3 veces, y no se pudo efectuar la capacidad debido a la aparición de anomalías de tensión o similares en todas las baterías secundarias debido a la separación del electrodo.

**[Descripción de los números de referencia]**

100: aparato de fabricación de electrodos,

## ES 3 005 033 T3

- 101: colector de corriente de tipo lámina,
- 102: pasta de material activo de electrodo,
- 110: desenrollador,
- 120: unidad de transferencia,
- 130: unidad de revestimiento,
- 140: unidad de secado,
- 150: unidad de laminación,
- 160: unidad láser,
- 170: enrollador.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato para fabricar un electrodo para una batería secundaria, que comprende:

- 5 un desenrollador en forma de rodillo (110) en el que se enrolla un colector de corriente de tipo lámina (101); una unidad de transferencia (120) que transfiere continuamente el colector de corriente de tipo lámina (101); una unidad de revestimiento (130) que reviste una pasta de material activo de electrodo (102) sobre al menos una superficie del colector de corriente de tipo lámina (101);  
 10 una unidad de secado (140) que seca la pasta de material activo de electrodo revestida para formar una mezcla de electrodo (103) sobre al menos una superficie del colector de corriente de tipo lámina (101); una unidad de laminación (150) que lamina la mezcla de electrodo (103) a través de un par de rodillos (151, 152); una unidad láser (160) en la que la mezcla de electrodo (103) se somete a un grabado láser para formar un gran número de orificios (181) que tienen una diferencia de nivel de grosor, fabricando de este modo una lámina de electrodo (180); y,  
 15 un enrollador en forma de rodillo (170) que enrolla la lámina de electrodo (180), en donde la unidad láser (160) es un láser de nanosegundos (161) y forma orificios respectivos efectuando una irradiación dos veces o menos.

20 2. El aparato para fabricar un electrodo según la reivindicación 1, en donde la unidad de transferencia (120) transfiere el colector de corriente de tipo lámina (101) a una velocidad de 40 m/min a 80 m/min.

3. El aparato para fabricar un electrodo según la reivindicación 1, en donde el láser de nanosegundos (161) satisface las siguientes condiciones 1 a 4.

- 25 [Condición 1]  
 Potencia media: 26 W a 100 W,  
 [Condición 2]  
 Frecuencia de repetición: 28 kHz a 70 kHz,  
 30 [Condición 3]  
 Duración de pulso: de 55 ns a 220 ns,  
 [Condición 4]  
 Energía de pulso: 0,28 mJ a 2,84 mJ.

35 4. El aparato para fabricar un electrodo según la reivindicación 1, en donde la unidad láser (160) está configurada para formar los orificios (181) de forma cónica cuyo diámetro disminuye en una dirección de la porción de superficie de la mezcla de electrodo (103) al colector de corriente de tipo lámina (101).

40 5. El aparato para fabricar un electrodo según la reivindicación 1, en donde la unidad láser (160) está configurada para formar los orificios (181) de modo que un diámetro en una porción de superficie de la mezcla de electrodo (103) y una profundidad en una dirección de la porción de superficie de la mezcla de electrodo (103) al colector de corriente de tipo lámina (101) estén en una proporción de 1:1 a 2:1.

45 6. El aparato para fabricar un electrodo según la reivindicación 1, en donde la unidad láser (106) está configurada para formar los orificios (181) para que tengan un diámetro de 10 µm a 50 µm en una superficie de la mezcla de electrodo (103) y un intervalo entre los orificios respectivos de 100 µm a 500 µm.

50 7. El aparato para fabricar un electrodo según la reivindicación 1, en donde la unidad láser (106) incluye además un espejo poligonal (162) y se graba a través del espejo poligonal en el momento del grabado láser.

8. Un método de fabricación de un electrodo para una batería secundaria, comprendiendo el método las etapas de:

- 55 (a) preparar una pasta de electrodo (102) que contenga un material activo;  
 (b) revestir la pasta de electrodo (102) sobre al menos una superficie de un colector de corriente de tipo lámina (101) que se va a transferir, y secar la misma para formar una mezcla de electrodo (103), y laminar la mezcla de electrodo (103); y  
 60 (c) someter la mezcla de electrodo (103) a un grabado láser para formar un gran número de orificios (181) que tengan una diferencia de nivel de grosor, fabricando de este modo una lámina de electrodo (180);

en donde la etapa (c) efectúa la irradiación dos veces o menos con un láser de nanosegundos para formar los orificios respectivos.

65 9. El método para fabricar un electrodo según la reivindicación 8,

en donde el colector de corriente de tipo lámina (101) se transfiere a una velocidad de 40 m/min a 80 m/min.

10. El método para fabricar un electrodo según la reivindicación 8, en donde el láser de nanosegundos (161) satisface las siguientes condiciones 1 a 4.

5

[Condición 1]

Potencia media: 26 W a 100 W,

[Condición 2]

Frecuencia de repetición: 28 kHz a 70 kHz,

10

[Condición 3]

Duración de pulso: de 55 ns a 220 ns,

[Condición 4]

Energía de pulso: 0,28 mJ a 2,84 mJ.

15

11. El método para fabricar un electrodo según la reivindicación 8,

en donde los orificios (181) se forman con una forma cónica cuyo diámetro disminuye en una dirección de la porción de superficie de la mezcla de electrodo (103) al colector de corriente de tipo lámina (101), y

20

un diámetro de los orificios (181) en la porción de superficie de la mezcla de electrodo (103) y una profundidad de los orificios (181) en la dirección de la porción de superficie de la mezcla de electrodo (103) al colector de corriente de tipo lámina (101) se forma en una proporción de 1:1 a 2:1.

25

12. El método para fabricar un electrodo según la reivindicación 8, en donde los orificios (181) se forman de tal manera que un diámetro en una superficie de la mezcla de electrodo (103) es de 10  $\mu\text{m}$  a 50  $\mu\text{m}$ , y un intervalo entre los orificios respectivos es de 100  $\mu\text{m}$  a 500  $\mu\text{m}$ .

30

13. El método para fabricar un electrodo según la reivindicación 8, en donde en el momento del grabado láser con un láser en la etapa (c), se utiliza un espejo poligonal (162) conjuntamente.

14. Un electrodo para una batería secundaria que comprende un electrodo **caracterizado por que:**

se forma una mezcla de electrodo (103) al menos en una superficie de un colector de corriente de tipo lámina (101), y

35

un gran número de orificios de forma cónica (181), en los que un diámetro en una porción de superficie de la mezcla de electrodo (103) y una profundidad en la dirección de la porción de superficie de la mezcla de electrodo (103) al colector de corriente de tipo lámina (101) están en una proporción de 1:1 a 2:1, se forma en la mezcla de electrodo (103) para formar una diferencia de nivel de grosor.

40

15. El electrodo según la reivindicación 14, en donde el diámetro en la porción de superficie de la mezcla de electrodo (103) de los orificios es de 10  $\mu\text{m}$  a 50  $\mu\text{m}$ , y el intervalo entre los respectivos orificios (181) es de 100  $\mu\text{m}$  a 500  $\mu\text{m}$ .

FIG. 1

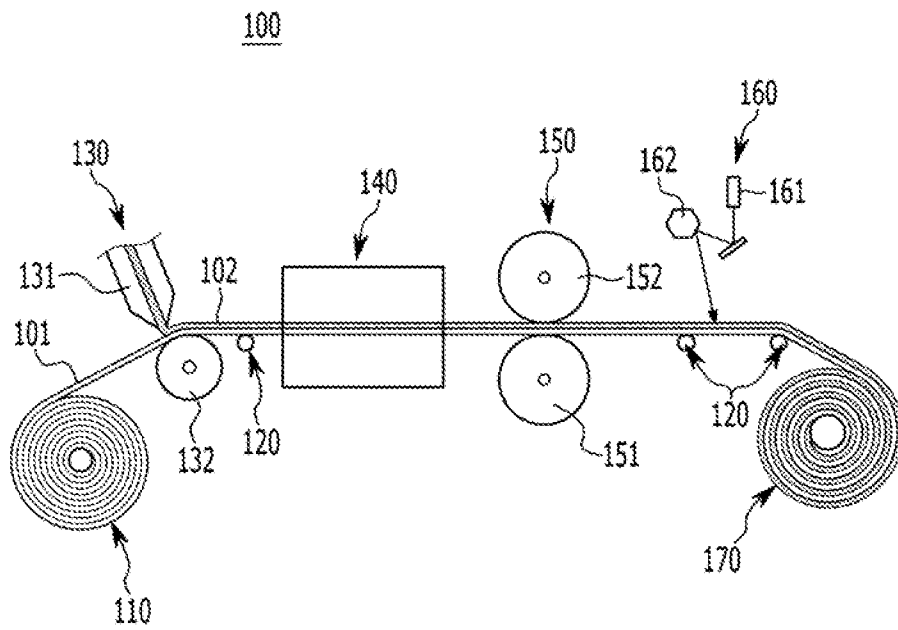


FIG. 2

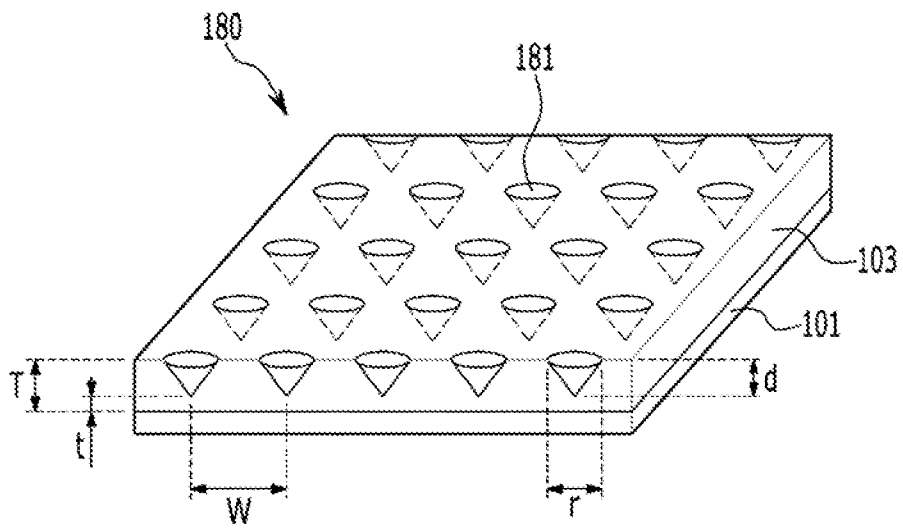


FIG. 3

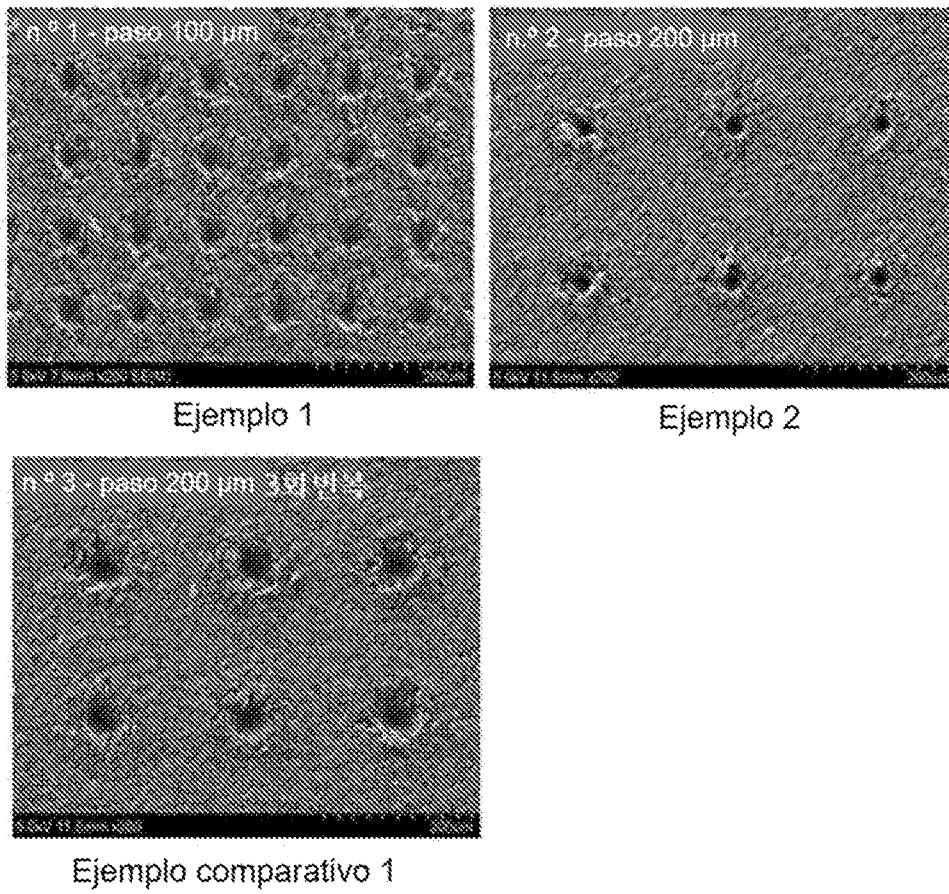


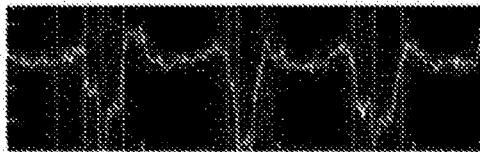
FIG. 4



Ejemplo 1



Ejemplo 2



Ejemplo comparativo 1

FIG. 5

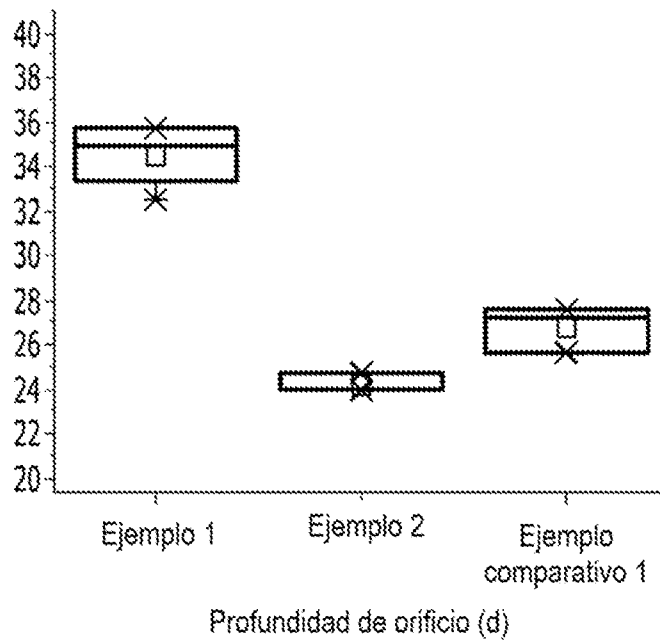
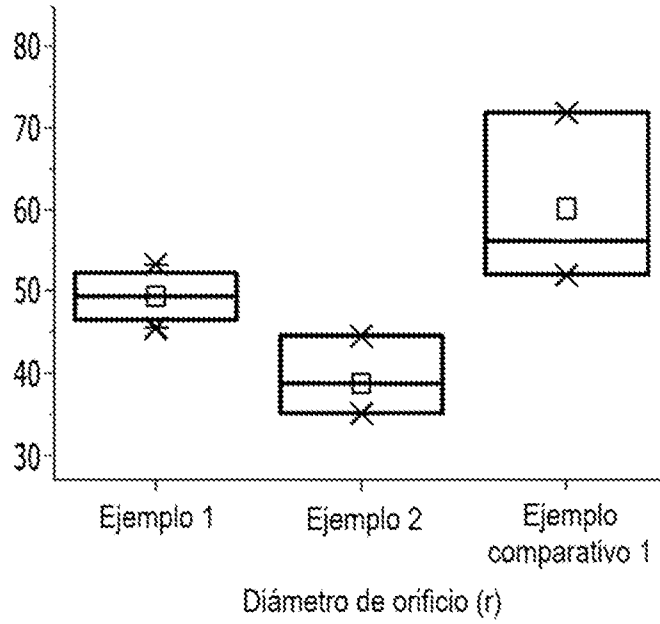


FIG. 6

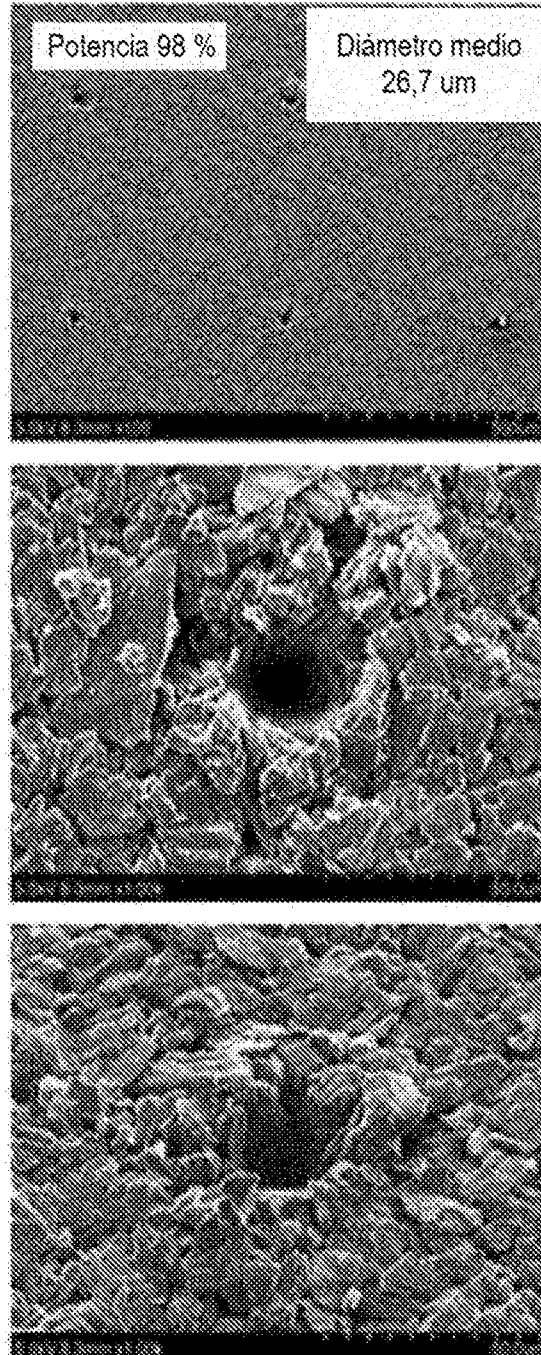


FIG. 7

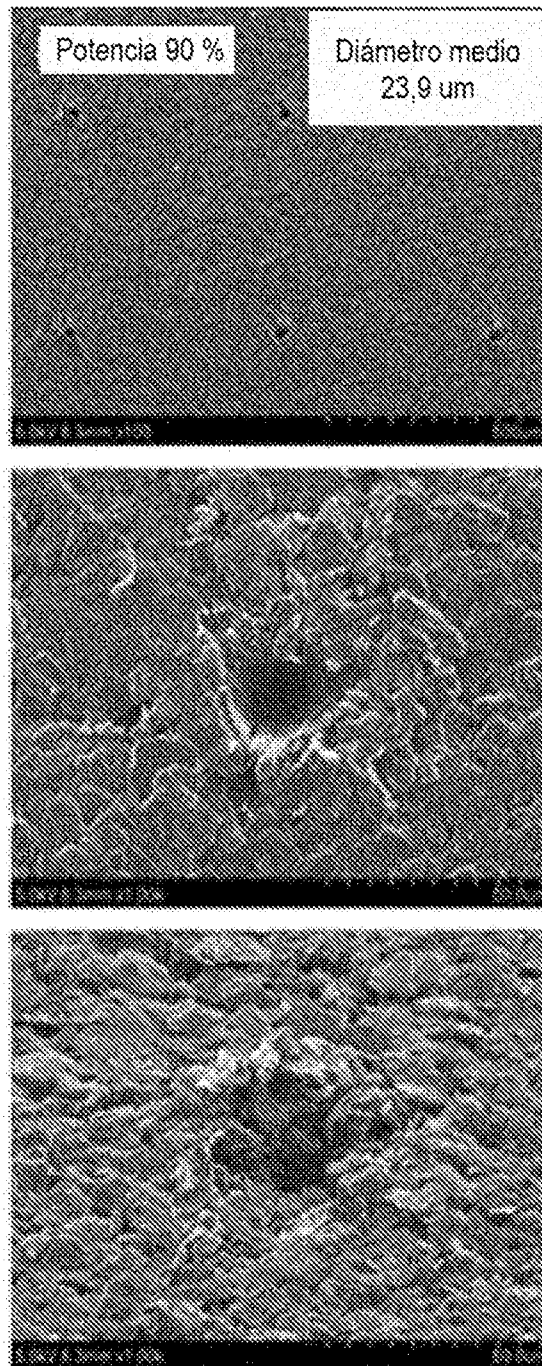


FIG. 8

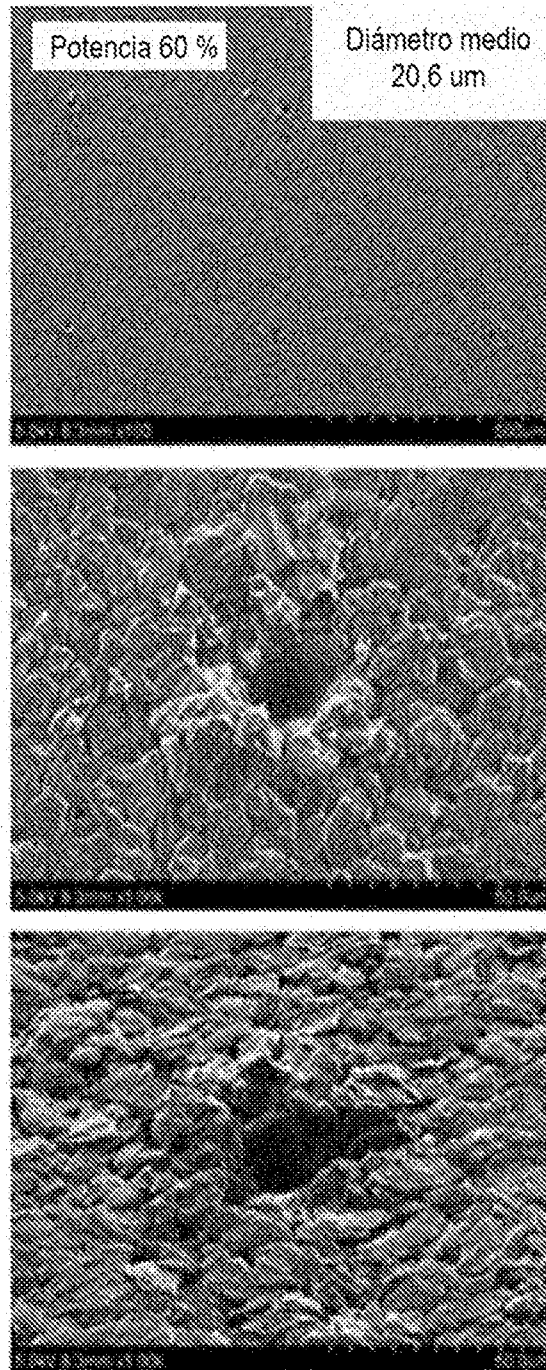


FIG. 9

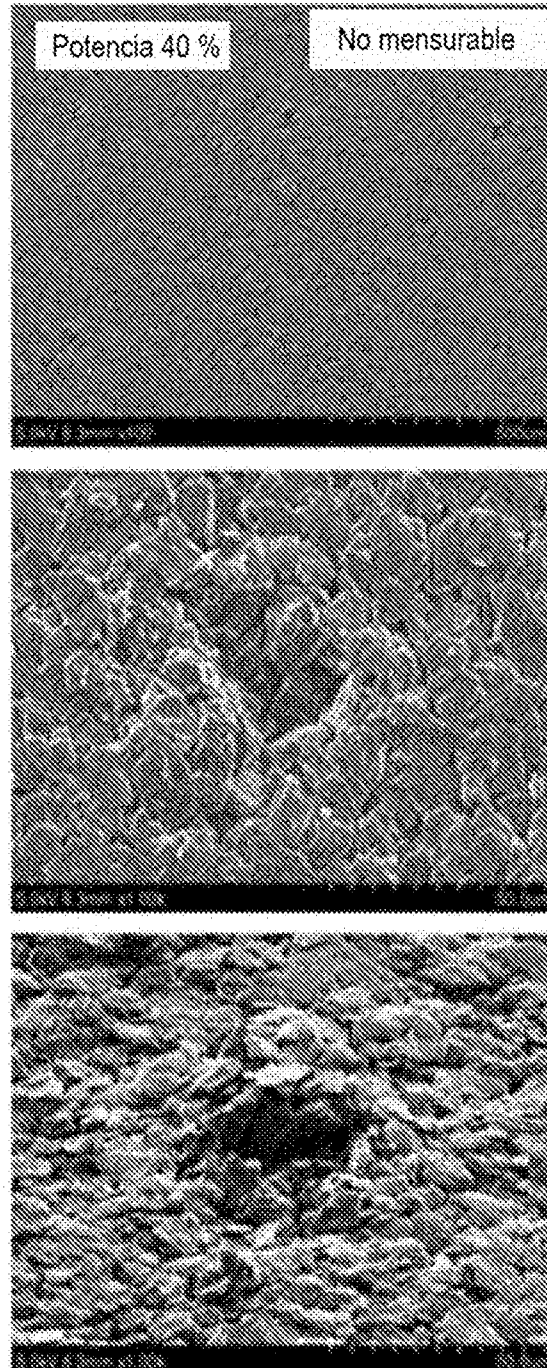


FIG. 10

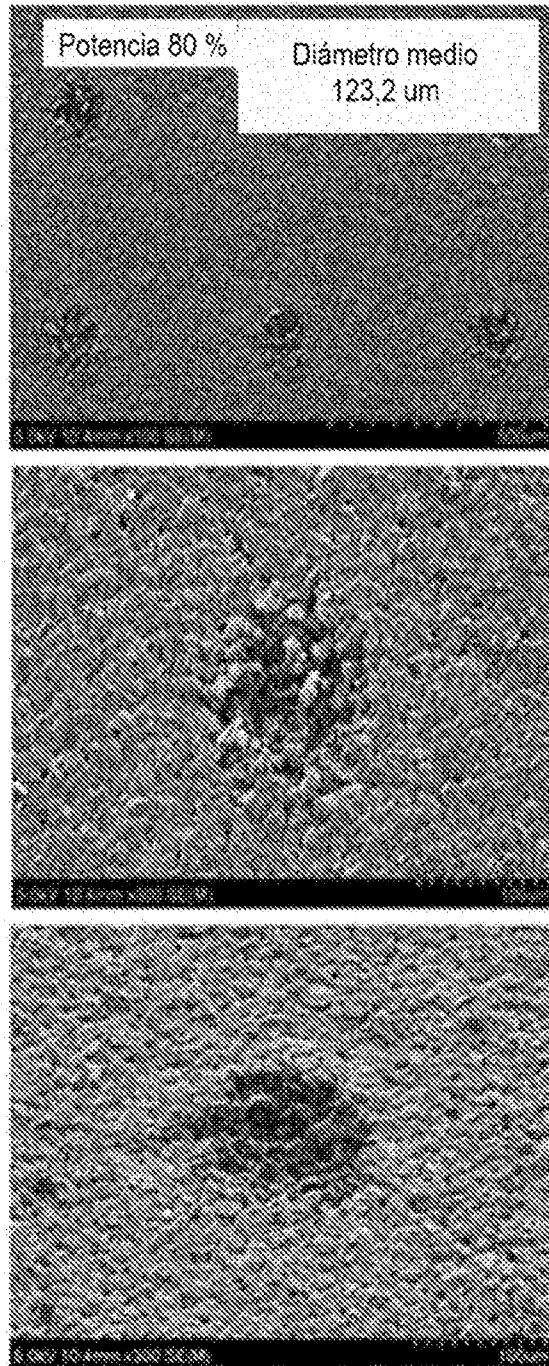


FIG. 11

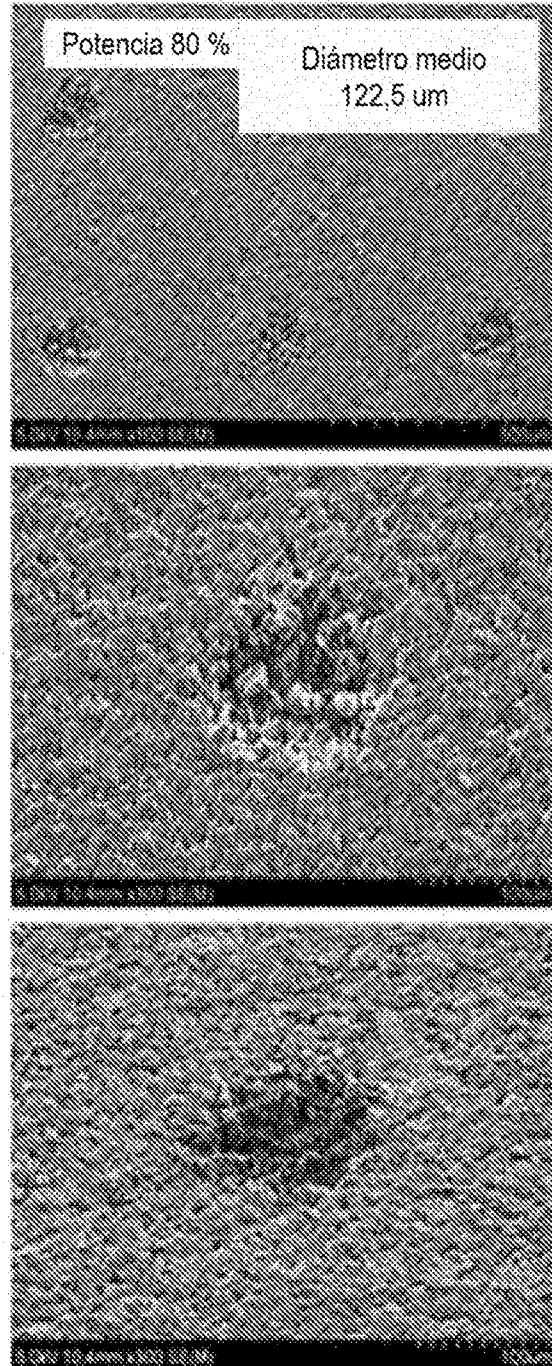


FIG. 12

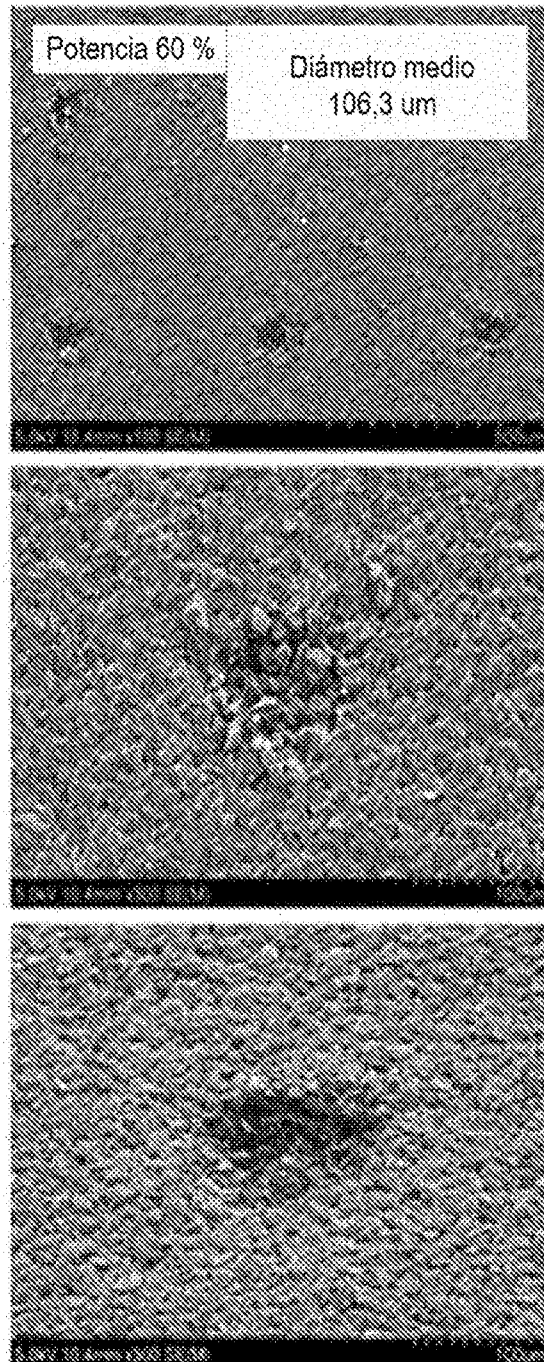


FIG. 13

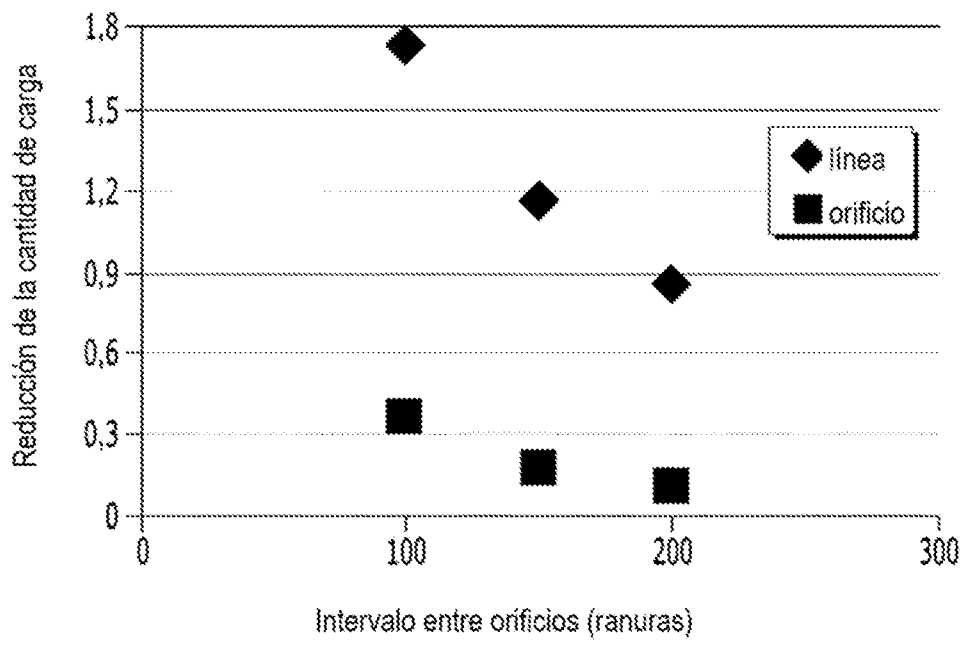


FIG. 14

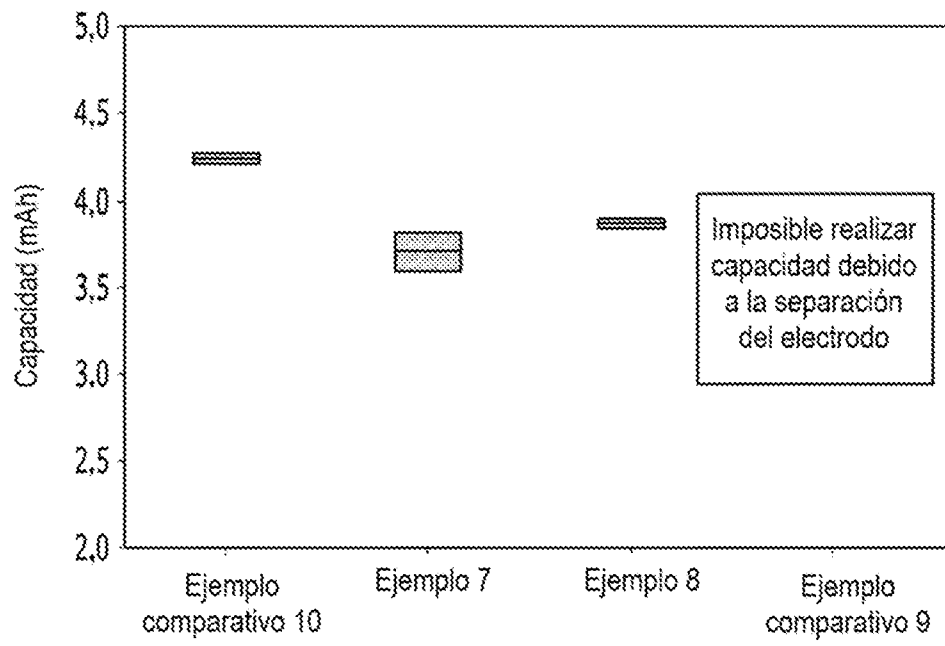


FIG. 15

