

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 564 364**

51 Int. Cl.:

H01M 2/14	(2006.01) H01M 4/66	(2006.01)
H01M 4/22	(2006.01) H01M 4/14	(2006.01)
H01M 4/38	(2006.01) H01M 10/12	(2006.01)
H01M 4/56	(2006.01) H01M 4/36	(2006.01)
H01M 4/68	(2006.01)	
H01M 4/82	(2006.01)	
H01M 10/04	(2006.01)	
H01M 10/14	(2006.01)	
H01M 10/18	(2006.01)	
H01M 4/04	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.05.2012 E 12722634 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.12.2015 EP 2668683**

54 Título: **Una batería mejorada y método de montaje**

30 Prioridad:

11.05.2011 US 201161484854 P
18.08.2011 US 201161525068 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.03.2016

73 Titular/es:

GRIDTENTIAL ENERGY, INC. (100.0%)
809 Aldo Avenue, Suite 102
Santa Clara, CA 95054, US

72 Inventor/es:

BORDEN, PETER GUSTAVE

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 564 364 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

Una batería mejorada y método de montaje

5 **Reivindicación de la prioridad**

La presente solicitud de patente reivindica el beneficio de la prioridad sobre la Solicitud de Patente Provisional de Estados Unidos de Borden Número de Serie 61/484.854, titulada "BATTERY AND ASSEMBLY METHOD", presentada el 11 de mayo de 2011 y la Solicitud de Patente Provisional de Estados Unidos de Borden Número de Serie 61/525.068, titulada "BATTERY AND ASSEMBLY METHOD", presentada el 18 de agosto de 2011.

Antecedentes

La tecnología de baterías, tales como para aplicaciones de vehículos eléctricos y energías renovables, es un área de intensa investigación y desarrollo. Los trabajos se han enfocado en un cierto número de tecnologías, siendo las más maduras y exitosas las baterías de ion de litio y plomo-ácido. A pesar de estos trabajos, el coste continúa siendo una preocupación central. El ion de litio, con su densidad de energía, es más atractivo, pero los fabricantes de vehículos pueden pagar 1000 dólares de Estados Unidos por kilovatio hora o más para una fuente de alimentación de ion litio. Los costes continúan siendo altos debido a los complejos sistemas de control y refrigeración además de la electrónica usada para mejorar la seguridad. Este coste es al menos seis veces el objetivo del United States Advanced Battery Consortium (USABC) para el año 2020 de 150 dólares por kilovatio hora. Esto contrasta con las baterías de plomo-ácido actuales (baterías plomo-ácido), que pueden tener un coste de alrededor de 150 dólares por kilovatio hora para almacenamiento de energías renovables, pero su limitada densidad de energía, vida útil, y eficiencia desalienta en muchos casos su uso.

El documento GB1394694A desvela una batería de almacenamiento de plomo-ácido en la que las piezas de soporte comprenden una aleación basada en aluminio y silicio, cuya superficie está cubierta con un recubrimiento de plomo. El documento US 2010/330411 desvela una batería, y más particularmente, una batería de película delgada y un método de conexión de los terminales de electrodo de la batería de película delgada. El documento US 2007/139001 desvela baterías hechas de material de lámina corriente para cátodo, separador/electrolito y ánodo y se ponen en contacto y encapsulan por medios que se derivan de la tecnología de empaquetado a nivel de oblea.

Sumario

Los ejemplos descritos a continuación pueden mejorar en relación a las baterías actuales proporcionando una batería de plomo-ácido formada por uno o más electrodos de batería planos muy delgados (por ejemplo, menos de 1,0 milímetro) que tienen una masa activa (por ejemplo plomo o un compuesto del mismo) dispuesta sobre un sustrato de silicio muy delgado (por ejemplo, menos de 0,5 milímetros de grueso). Los ejemplos proporcionan una batería mejorada que es menos cara y que se comporta mejor que otras propuestas. Debido a que la fiabilidad e infraestructura de soporte son importantes para una amplia adopción, los ejemplos pueden emplear tecnología basada en químicas de batería probadas, tales como la de plomo-ácido. Una pluralidad de estos electrodos puede apilarse y empaquetarse *juntos* para proporcionar un plomo-ácido que se comporte mejor que las baterías plomo-ácido actuales, de modo que se evite la reducción de iones desequilibrada que puede conducir a un material de plomo no reactivo. Ejemplos de estas baterías, y los métodos de fabricación y uso de las mismas, se describen en el presente documento.

Este sumario se pretende que proporcione una visión general de la materia objeto de la presente solicitud de patente. No se pretende que proporcione una explicación exclusiva o exhaustiva de la invención. La descripción detallada se incluye para proporcionar información adicional acerca de la presente solicitud de patente.

Breve descripción de los dibujos

Los dibujos, que no están necesariamente dibujados a escala, ilustran en general, a modo de ejemplo, pero no como forma de limitación, varias realizaciones descritas en el presente documento.

La FIG. 1A muestra una representación esquemática de una capa de batería mostrando un agregado de partículas sobre un sustrato de plomo, indicando las flechas el flujo de iones, de acuerdo con un ejemplo.

La FIG. 1B muestra una representación esquemática de una representación simplificada de la capa de la FIG. 1A, de acuerdo con un ejemplo.

La FIG. 2A muestra un poro con una baja densidad de corriente, de acuerdo con un ejemplo.

La FIG. 2B muestra un poro con una alta densidad de corriente, de acuerdo con un ejemplo.

La FIG. 3 muestra tres capas con masa activa más delgada que sustituyen a una única capa, de acuerdo con un ejemplo.

La FIG. 4 muestra una configuración de batería apilada o bipolar, que incluye capas alternadas y separadores empapados con electrolito, de acuerdo con un ejemplo.

- La FIG. 5 muestra un método para el montaje de la batería apilada. Las capas y separadores de la batería se superponen alternadamente. La superposición se coloca en un bastidor. El hueco entre la superposición y el bastidor se rellena con adhesivo. Después de que se endurece el adhesivo, se añade electrolito (absorbido por los separadores) y se coloca una tapa en la parte superior, de acuerdo con un ejemplo.
- 5 La FIG. 6 muestra un método para el montaje de la batería apilada usando separadores extraíbles, de acuerdo con un ejemplo.
- La FIG. 7A muestra una vista superior de un separador con forma de placa que incluye bordes achaflanados, de acuerdo con un ejemplo.
- La FIG. 7B muestra una vista frontal de un separador con forma de U, de acuerdo con un ejemplo.
- 10 La FIG. 7C muestra un separador de fibra de vidrio que tiene un revestimiento del borde de unos separadores de fibra de vidrio, de acuerdo con un ejemplo.
- La FIG. 8 muestra un diagrama de flujo de un proceso de montaje de una batería, de acuerdo con un ejemplo.
- La FIG. 9 es una vista en sección transversal de una capa de batería con un recubrimiento de la masa activa mostrando diferentes capas, que muestran de izquierda a derecha silicio, siliciuro de níquel, capa de barrera, óxido de plomo, de acuerdo con un ejemplo.
- 15 La FIG. 10 es un diagrama de flujo del proceso para la fabricación de la capas de batería, incluida la formación de un contacto de siliciuro y la adición de capas para formar una barrera para proteger las capas de la corrosión del ácido y para facilitar la adhesión de la masa activa, de acuerdo con un ejemplo.
- La FIG. 11A muestra una mezcla de partículas y una matriz, de acuerdo con un ejemplo.
- 20 La FIG. 11B muestra la matriz una vez que se han retirado las partículas, de acuerdo con un ejemplo.
- La FIG. 11C muestra la matriz con enchapado, de acuerdo con un ejemplo.
- La FIG. 11D muestra la matriz extraída, de acuerdo con un ejemplo.
- La FIG. 12 es un diagrama de flujo para la formación de una masa activa porosa, de acuerdo con un ejemplo.
- 25 La FIG. 13 es un micrográfico de una matriz de cera con poros a partir de partículas de sales disueltas, de acuerdo con un ejemplo.
- La FIG. 14 es un gráfico que muestra la distribución del peso en una batería plomo-ácido convencional.

Descripción detallada

- 30 La invención se define en las reivindicaciones.

Los ejemplos descritos en el presente documento pueden mantener el bajo coste y aceptación comercial de las baterías plomo-ácido mientras se mejora su rendimiento de modo que satisfagan las necesidades de los mercados de vehículos eléctricos y energías renovables. Estos ejemplos pueden aprovechar la aceptación y madurez de la batería de plomo-ácido y su infraestructura, proporcionando una solución que sea familiar para los mercados reacios a los riesgos. Muchos de los ejemplos presentes pueden usarse también para simplificar la fabricación o diseño de otros tipos de baterías.

40 Para enmarcar las contribuciones de la presente materia objeto, es útil considerar los atributos de las baterías plomo-ácido convencionales. Las baterías plomo-ácido convencionales tienen un cierto número de limitaciones. Primero, las baterías plomo-ácido convencionales deberían funcionar con bajas corrientes para una elevada eficiencia en la carga y descarga. Esto es debido a que un producto de la reacción, el sulfato de plomo, puede acumularse y bloquear la difusión del electrolito, haciendo que la masa de material activo (conocido como material activo) se sitúe profundamente en la estructura de la batería (referenciada en la discusión de las FIGS. 2A-B a continuación) inaccesible a la reacción química. Este efecto es conocido como la ley de Peukert, que representa cómo la capacidad de la batería disminuye según se incrementa la corriente de carga o descarga. Debido en parte a este fenómeno, las baterías plomo-ácido convencionales deberían cargarse o descargarse al cabo de un largo tiempo, por ejemplo decenas de horas, para mostrar una eficiencia mejorada. Desafortunadamente, la mayor parte de las aplicaciones de almacenamiento de energía renovable y en vehículos desean tiempos de descarga mucho más cortos, por ejemplo de 2 a 6 horas.

50 Segundo, las baterías plomo-ácido convencionales pueden presentar una vida útil reducida cuando se someten a ciclos con descarga profunda. La masa activa puede expandirse el 20-60 % del volumen dado que se convierte de plomo u óxido de plomo a sulfato de plomo. Esta expansión crea tensiones y puede producir la deslaminación de una masa activa en pasta (esto es, masa activa aplicada como una pasta, que es un proceso comercial convencional). Debido a esto, las baterías plomo-ácido convencionales deberían funcionar con descargas superficiales de desde el 40 al 60 %. Esto puede incrementar el número de baterías necesarias para algunas aplicaciones, duplicándolo en algunos casos.

60 Tercero, un alto contenido en plomo puede dar como resultado una baja densidad de energía. El plomo, que es resistente al electrolito de ácido sulfúrico, se usa en las baterías convencionales como masa activa, asimismo se usa en terminales o conductores superiores y para proporcionar conductores internos gruesos para interconectar las capas. Las energías específicas típicas para las baterías de plomo pueden ir desde 40 a 45 Wh/kg, respecto a un objetivo de la USABC de 100 Wh/kg. La FIG. 14 muestra la distribución del peso en unas baterías plomo-ácido convencionales usadas para tracción. La materia objeto descrita en el presente documento puede eliminar o reducir grandemente la masa activa negativa, la rejilla positiva y negativa, y los componentes de plomo superiores,

eliminando aproximadamente la mitad del plomo encontrado en una batería plomo-ácido convencional. La materia objeto descrita tiene el potencial de eliminar peso (alrededor de la mitad en algunos ejemplos) y puede incrementar (duplicar en algunos ejemplos) la densidad de energía.

- 5 Cuarto, las baterías plomo-ácido convencionales pueden ser dispositivos de baja tensión, elevada corriente. Estas propiedades no se ajustan bien a los sistemas de tensión más alta usados en vehículos y sistemas de energía renovable.

10 Los intentos de superar las limitaciones de las baterías plomo-ácido convencionales se han encontrado con obstáculos. La baja eficiencia a elevadas corrientes afecta a las baterías hechas con el método convencional de uso del material activo aplicado como una pasta. Este método maduro y de bajo coste continúa usándose en los diseños de las baterías plomo-ácido actuales, incluyendo las baterías de gama alta.

15 Se han realizado esfuerzos para mejorar la vida útil. Un método es sustituir la masa activa negativa ("MAN") con un electrodo de carbón. El hidrógeno puede intercalarse en el carbón de una manera similar a la intercalación del litio en una batería de ion de litio. Esto puede reducir o eliminar el desprendimiento de esa capa. Otro método puede integrar un súper-condensador con una batería convencional para proporcionar una vida útil extendida para ráfagas de potencia repetidas necesarias para los ciclos arranque-parada.

20 El contenido de plomo se ha mejorado (es decir, disminuido) y ha mejorado la tensión (por ejemplo, incrementado) con una batería de plomo-ácido bipolar (tales como las baterías bipolares de plomo-ácido, o baterías bipolares). Los ejemplos pueden incluir una superposición de celdas conectadas en serie, funcionando con alta tensión y baja corriente. Esta configuración puede reducir o eliminar los pesados conductores internos usados en las baterías de baja tensión, elevada corriente, y puede proporcionar una salida de alta tensión.

25 Las baterías bipolares de plomo-ácido prometen ventajas tales como una elevada densidad de energía en virtud de la reducida masa del conductor. Sin embargo, varios problemas han limitado su comercialización. Estos incluyen las fugas de celda a celda, la degradación de la capa en un entorno corrosivo que incluye tanto el electrolito de ácido sulfúrico como los radicales de oxígeno formados durante la carga, el desprendimiento de la masa activa, y el combado del electrodo que presenta problemas para separación de las capas.

30 Un enfoque para acometer el problema de degradación de la capa puede usar sustratos de cerámica de TiO_2 conductor. El material activo es una pasta como en las baterías plomo-ácido convencionales. Las capas de cerámica pueden ser menos susceptibles al combado, pero pueden ser difíciles de fabricar en altos volúmenes a bajo coste.

35 Sin embargo, incluso estos enfoques tienen inconvenientes. Los diseños típicos de baterías bipolares de plomo-ácido no acometen las limitaciones de la ley de Puckert. La fuente de estas limitaciones puede entenderse con la ayuda de las FIGS. 1A, 1B, 2A y 2B.

40 La FIG. 1A muestra una representación esquemática de una capa de batería que muestra un agregado de partículas en un sustrato de plomo, indicando las flechas 110 el flujo de iones, de acuerdo con un ejemplo. La capa de masa activa en pasta 102 puede incluir un agregado de partículas 104 dispuesto sobre un sustrato 108, que puede ser de unas pocas micras de diámetro. El electrolito puede fluir a través de los canales entre las partículas. El diámetro del canal puede ser de unas pocas micras y la longitud puede ser sustancialmente similar a los grosores de la masa activa, 1-3 mm en algunos ejemplos.

50 La FIG. 1B muestra una representación esquemática de una representación simplificada de la capa de la FIG. 1A, de acuerdo con un ejemplo. Como se representa en la FIG. 1B, los canales 106 pueden modelizarse teóricamente como canales rectos. Con bajas corrientes, los guiones del electrolito pueden difundirse en la longitud del canal con baja disminución, o incluso sin ninguna, y la reacción puede proseguir a lo largo de toda la longitud del canal 106. Con altas corrientes, los iones del electrolito pueden consumirse antes de que se difundan en toda la longitud del canal 106. En consecuencia, con altas corrientes el fondo de la masa activa en la capa no reacciona según se desea, y la energía disponible, que se asocia con las reacciones disponibles con la MA, puede disminuir.

55 La FIG. 2A muestra un poro con una baja densidad de corriente, de acuerdo con un ejemplo. La FIG. 2B muestra un poro con una alta densidad de corriente, de acuerdo con un ejemplo. En estos ejemplos, el canal 206, que representa los poros 208, tiene un recubrimiento de sulfato de plomo 210. La corriente en el arranque de la disminución de iones se escala según $1/L^2$, en la que L es la longitud del canal. El estrechamiento 212 representa que han tenido lugar más reacciones que en las partes menos estrechas.

60 La FIG. 3 muestra tres capas con una masa activa más delgada que sustituyen a una única capa, de acuerdo con un ejemplo. Una solución al problema de la disminución desequilibrada de iones, es el reparto de la masa activa en capas más delgadas, tal como se muestra en la FIG. 3, en la que la longitud "L" mostrada en la FIG. 2 se ha reducido en un factor de 1/X para proporcionar un canal 302 más corto. Para compensar la reducción en la longitud total del canal por la reducción en 1/X, se pueden usar más canales 302', 302". Pueden totalizar X en número, pero son posibles otros números. Dicha configuración puede mantener la misma cantidad de masa activa, de modo que la

batería pueda mantener la misma o similar capacidad. Debido a los canales más cortos, la batería puede funcionar con una corriente más alta mientras se accede a una parte mayor de la masa activa. Por ejemplo, dividiendo una capa de masa activa única de 1 milímetro de grosor en tres capas de masa activa de 0,3 milímetros de grosor proporciona 9 veces más corriente sin pérdida de capacidad.

5 Este enfoque y otros desvelados en el presente documento pueden usarse para superar los inconvenientes descritos anteriormente. Los nuevos sistemas y métodos descritos en el presente documento proporcionan capas de batería con capas de masa activa delgadas. Estas capas pueden separarse estrechamente, y la cantidad de masa activa puede permanecer constante para mantener una capacidad de batería deseada. Adicionalmente, estas capas de masa activa delgadas tienen otros atributos deseables.

10 Por ejemplo, una capa de plomo se expande aproximadamente el 60 % cuando se convierte en sulfato de plomo, y la capa de óxido de plomo se expande aproximadamente el 20 %. Esta expansión puede provocar el desprendimiento de la masa activa en ciclos profundos. Una capa más delgada tiene menos tensiones mecánicas en la interfaz, y es menos probable que se desprenda, permitiendo que la batería funcione fiablemente con ciclos profundos.

20 Los ejemplos desvelados en el presente documento proveen a una batería de plomo-ácido bipolar con capas que pueden ser mucho más delgadas que las placas convencionales, lo que puede permitir una reducción de iones equilibrada. Las obleas de silicio pueden usarse como sustratos y proporcionar capas que son ligeras, resistentes a la reacción con ácido sulfúrico, y que pueden ser baratas. Las capas de masa activa se pueden formar usando enchapado o deposición electroforética en lugar de en pasta, permitiendo la formación controlada de capas delgadas. La composición puede variarse en profundidad para proporcionar propiedades críticas seleccionables tales como porosidad, tamaño de grano, y tensiones. Pueden incluirse los contactos y las capas de barrera. Se describe un proceso de plantilla de sacrificio a modo de ejemplo para proporcionar porosidad controlada, empleando uno o más de la deposición de una capa de sacrificio y la deposición conjunta usando electroforesis. Los métodos para empaquetar la batería también se describen, y pueden incluir el sellado de una superposición de capas en una forma moldeada, añadiendo electrolito, y fijando una cubierta.

30 Los ejemplos proporcionan un diseño de batería de plomo-ácido bipolar que permite el uso de capas delgadas para proporcionar una batería con una densidad de capas incrementada sobre la de las baterías convencionales. Los ejemplos permiten la difusión de la masa activa a través de un número grande de capas delgadas para reducir el efecto de la ley de Puckert, permitiendo ciclos profundos (es decir, reducción de iones equilibrada) con reducido desprendimiento de masa activa. Los ejemplos proporcionan una salida de alta tensión adecuada para vehículos eléctricos y sistemas de energía renovable. Los ejemplos usan menos plomo (la mitad en algunos ejemplos) que las baterías plomo-ácido convencionales, lo que puede incrementar (duplicar en algunos ejemplos) la densidad de energía y potencia.

40 La FIG. 4 muestra una configuración de batería apilada o bipolar, que incluye alternancia de placas y separadores o separadores empapados con electrolito, de acuerdo con un ejemplo. Una batería electroquímica tiene dos terminales: un cátodo (positivo) y un ánodo (negativo). La reacción de reducción tiene lugar en el cátodo y la reacción de oxidación tiene lugar en el ánodo. El potencial de la batería es la suma de las tensiones de semirreacción. En el caso del plomo-ácido, la placa positiva es típicamente óxido de plomo, y la tensión de la semirreacción es de aproximadamente 1,6 voltios. La placa negativa es típicamente de plomo, y la tensión de la semirreacción es de 0,4 voltios.

50 Una celda de batería incluye, un mínimo de un ánodo y un cátodo. Las tensiones para celdas cableadas en serie son aditivos. En consecuencia, 10 celdas de plomo-ácido conectadas en serie pueden proporcionar 20 voltios (por ejemplo, 10 celdas x 2 voltios/celda). En una conexión en serie de ejemplo, la cadena puede incluir una serie de ánodos conectados a cátodos, con los electrolitos intermedios eléctricamente aislados.

55 El ejemplo incluye una superposición 400 de capas tales como placas empaquetadas con separadores. La superposición 400 puede incluir uno o más ánodos 410 separados de los cátodos 412, tal como por espaciadores o el separador 408. Los huecos entre las placas pueden rellenarse con el electrolito de ácido sulfúrico. Las masas o volúmenes de electrolito pueden aislarse eléctricamente de modo que las placas pueden estar en serie. El material del separador puede ser fibra de vidrio, que es poroso y puede absorber suficiente ácido sulfúrico. La separación de placas puede ser de 0,5 milímetros.

60 Los separadores o espaciadores 408 pueden impedir el cortocircuito de las placas, y pueden ser láminas delgadas de fibra de vidrio. En algunos casos, las placas son rígidas, y en algunos de estos ejemplos no se usan necesariamente separadores. El electrolito, que puede ser ácido sulfúrico, puede disponerse en un espacio entre placas. El electrolito puede empaparse en los separadores.

65 Si múltiples masas o volúmenes de electrolito pueden aislarse eléctricamente entre sí, y hay un trayecto de conducción desde el ánodo al cátodo, tal como a través del uso de placas que son conductoras, la superposición puede formar una disposición de celdas conectadas en serie. La tensión puede ser igual a $(N-1)V_{\text{Celda}}$, en la que N

es el número de placas (con una en cada extremo para la conexión a los terminales positivo 404 y negativo 402), y V_{Celda} es la tensión de una única celda. Por ejemplo, la tensión de celda para la reacción plomo-ácido puede ser de aproximadamente 2 voltios. En consecuencia, una batería que tenga 101 placas puede tener una tensión de 200 voltios. Se muestra una carcasa 406 que mantiene, mecánicamente, múltiples celdas en una superposición.

5 Los ejemplos pueden incluir sustratos conductores eléctricamente con un ánodo en un lado y cátodo en el otro. El sustrato pueda actuar como el conductor o "cable" para conectar las celdas juntas mientras se aíslan los electrolitos entre sí. En algunos ejemplos es posible eliminar el electrodo de plomo completamente mediante el uso de un
10 contra-electrodo de carbono o silicio. Esto puede proporcionar una densidad de energía incluso más alta. Dichos ejemplos pueden usar silicio desnudo o silicio recubierto con carbono como el contra-electrodo en el electrodo de óxido de plomo.

15 Se ha de tomar nota de que el cátodo puede proporcionar la mayor parte de la tensión de la celda. En algunos casos se omite el plomo como el material para la reacción en la semi-celda en el ánodo en tanto que proporciona un lugar para que tenga lugar una reacción de reducción en ese lado de la celda. Una forma de llevar a cabo esto es permitir que los protones de la solución del electrolito reaccionen (se intercalen), tal como sucede en otros tipos de baterías tales como las de ion de litio. Esta reacción funciona tanto con carbono como con silicio. En dichos casos, la tensión de la celda puede ser de al menos 1,6 voltios (el potencial de semi-celda del cátodo), pero la masa y peso del plomo en el ánodo pueden reducirse o eliminarse, dando como resultado un incremento en la densidad de potencia y
20 energía y reducciones en coste y en el contenido de material tóxico. La vida útil puede también extenderse debido a que el plomo sufre la mayor expansión cuando se convierte a sulfato de plomo, y por lo tanto se somete a las mayores tensiones. La pérdida de tensión puede compensarse fácilmente mediante la adición de más celdas conectadas en serie.

25 Un electrodo expuesto más a la izquierda 402 puede servir como terminal, tal como para la conexión eléctrica y mecánica con la electrónica. La cara mayor expuesta del terminal más a la derecha 404 puede servir como un electrodo de la polaridad opuesta, y puede servir asimismo como un terminal. Sin embargo, en algunos ejemplos, la superposición se dispone en una carcasa o contenedor y se conecta a la electrónica en el exterior de la carcasa a
30 través de una o más conexiones pasantes que se extienden a través de la carcasa.

El ánodo se muestra teniendo una pluralidad de resaltes 416 que definen canales 418. Sin embargo, la presente materia objeto no está limitada de ese modo, y también se contemplan ejemplos en los que el cátodo tiene resaltes, así como los son ejemplos en los que no se usan resaltes.

35 Un resultado inesperado es que dicha batería puede en algunos ejemplos, usar obleas de silicio con textura estándar de célula solar. Algunos ejemplos usan silicio texturado, tal como obleas cortadas. Como las obleas de silicio cortadas, originalmente usadas para células solares, pueden usarse como los sustratos para los electrodos. Estas obleas son ligeras (aproximadamente un cuarto de la densidad del plomo), pueden ser resistentes a la corrosión del ácido sulfúrico, y pueden estar generalmente disponibles a bajo coste en virtud de su alto volumen de
40 uso. Como obleas cortadas pueden tener una rugosidad superficial que proporciona una buena adhesión, tal como para la unión mecánicamente con un recubrimiento. Por ejemplo, las obleas multicristalinas (MC) pueden formarse mediante iso-texturado, tal como en un baño de ácido fluorhídrico y ácido nítrico.

45 Las obleas multicristalinas pueden proporcionar un factor de forma cuadrado y un coste más bajo. Pueden usarse también obleas monocristalinas. Los monocristales pueden tener una textura piramidal, típicamente formada con un hidróxido de potasio ("KOH")/alcohol isopropílico, etc. Debido a que el tamaño de grano grande no es tan importante, las obleas MC pueden fabricarse más rápidamente que para aplicaciones solares, lo que puede proporcionar un coste más bajo. Puede usarse un silicio de grado metalúrgico de coste más bajo, dado que su pureza es compatible con las aplicaciones de baterías desveladas en el presente documento. Pueden usarse otros silicios, tal como de
50 grado electrónico, solar o semiconductor, pero son generalmente más caros.

En algunos ejemplos, las obleas pueden doparse. Las obleas dopadas pueden tener una resistividad típicamente menor de $1 \Omega \cdot \text{cm}$. En algunos ejemplos, la resistividad puede ser menor de $0,001 \Omega \cdot \text{cm}$. Una resistividad más baja puede mejorar la eficiencia cuando la corriente de la batería circula a través de las obleas. Una baja resistividad
55 puede mejorar también la calidad de los contactos al silicio. Pueden usarse dopantes tales como fósforo, boro, antimonio o arsénico. Dichas obleas pueden tener menos de $500 \mu\text{m}$ (0,5 milímetros) de grosor, y pueden tener menos de $200 \mu\text{m}$ de grosor.

60 Las obleas pueden ser cuadradas, con una longitud de borde de 156 mm para las obleas de célula solar estándar, aunque pueden usarse también obleas rectangulares, u obleas con otros factores de forma tales como de esquinas recortadas. El uso de una longitud de borde estándar puede permitir el uso de obleas fabricadas en alto volumen, lo que puede reducir el coste, aunque pueden usarse otras longitudes de borde. El uso de obleas de tamaño estándar puede permitir el uso de equipos de fabricación estándar para el manejo y procesamiento de las obleas durante la
65 fabricación de la batería.

En ciertos ejemplos, la masa activa puede formarse en uno o ambos lados de un sustrato. El plomo puede platearse en ambos lados. Un lado enchapado puede enmascararse y el otro puede disponerse a un baño de ácido sulfúrico. Mientras se expone, puede circular una corriente a través de dicho baño usando un electrodo negativo de plomo. Dicho enfoque puede convertir el lado expuesto en óxido de plomo usando un proceso denominado "perfilado".

5 En ciertos ejemplos, solo un lado del sustrato de silicio se recubre con plomo y se convierte en óxido de plomo o, alternativamente, se recubre con óxido de plomo. En ejemplos de un lado, la batería puede tener una tensión más baja que en el ejemplo con un material activo de plomo recubierto en ambos lados. En algunos ejemplos, el potencial de semi-celda para el óxido de plomo para la reacción con sulfato de plomo puede ser de 1,68 voltios. Una
10 batería con un plomo recubierto solamente en un lado puede usar menos plomo (por ejemplo, la mitad), de modo que puede ser menos tóxica y más ligera de peso. Además, el plomo puede expandirse más que el óxido de plomo cuando se convierte a sulfato de plomo, de modo que las placas sin plomo recubierto pueden experimentar menos tensión durante el sometimiento a ciclos.

15 De acuerdo con varios ejemplos, tanto uno como ambos lados pueden recubrirse con masa activa. Pueden usarse otros materiales como masa activa y el uso de placas de silicio no es exclusivo para las baterías de tipo plomo-ácido. En algunos casos configurados como de lado único, el hidrógeno puede intercalarse en el silicio en el electrodo opuesto, en gran medida como lo hace el litio en una batería de ion de litio. Tómese nota de que una superficie de silicio puede recubrirse con un material inerte tal como carbono, y el hidrógeno puede intercalarse en el
20 carbono. Dicha intercalación puede ser beneficiosa, dado que ayuda a la celda a resistir el hinchado debido a la producción de gas.

La FIG. 5 muestra un método para el montaje de la batería apilada. A la izquierda, se muestra una vista lateral de las placas y separadores de la batería apilados alternadamente. Tal como se ilustra, las capas alternativas de placas
25 502 y separadores de fibra de vidrio 504 pueden apilarse, tal como se muestra en el dibujo de la izquierda en la FIG. 5. Tómese nota de que puede haber una placa en cada extremo para formar los terminales positivo y negativo o polos de la batería. La superposición de la batería puede colocarse en un bastidor con forma de U 506 que proporciona tres lados. Un adhesivo que sea resistente o insensible al ácido sulfúrico, tal como epoxi o cualquiera de un cierto número de plásticos resistentes al ácido sulfúrico, pueden inyectarse en el
30 espacio 508 entre el bastidor con forma de U 506 y la superposición de la batería 500. Después de que se haya endurecido el adhesivo puede añadirse el electrolito y puede colocarse en su sitio una cubierta 510. En algunos ejemplos, los separadores de fibra de vidrio puedan resistir o impedir que el adhesivo cale en el espacio entre las placas no más que una pequeña región cerca de los bordes de las caras de las placas. Puede ser útil para sellar los bordes 512 de la superposición de modo que las masas de electrolito (es decir, volúmenes con electrodos de polaridad opuesta en lados opuestos) pueden aislarse eléctricamente. En algunos casos, se pueden formar ranuras de corte por láser próximas a la periferia de las placas, usando tipos de ranuras por láser comunes en la fabricación de células solares. Dichas ranuras pueden tener una profundidad de 10-20 μm y del orden de 50 μm de ancho. Esto puede proporcionar una estructura reentrante para mejorar la calidad del sellado en el borde.

40 La FIG. 6 muestra un método para el montaje de la batería apilada usando separadores extraíbles, de acuerdo con un ejemplo. En algunos casos es deseable tener un espacio adicional en el hueco 604 entre las placas, proporcionando de ese modo espacio para electrolito extra. El ejemplo que proporciona este espacio es el uso de separadores extraíbles 602, tal como se muestra en la FIG. 6. Una superposición de batería puede fabricarse con separadores 602 que se extienden fuera de la superposición en el lado superior, tal como se muestra en la vista lateral a la izquierda. La tira de la batería puede colocarse en un bastidor con forma de U 606, mostrado en una vista frontal en el centro, que proporciona tres lados. Un adhesivo que sea resistente o insensible al ácido sulfúrico, tal como epoxi o cualquiera de un cierto número de plásticos resistentes al ácido sulfúrico, pueden inyectarse en el
45 espacio entre el bastidor con forma de U 606 y la superposición de la batería 600. Después de que se endurezca el adhesivo o plástico, los separadores pueden extraerse, puede añadirse electrolito, y puede colocarse en su sitio una cubierta 610. La cubierta 610 puede tener un venteo para impedir que la presión del gas se acumule si la batería se sobrecarga, y puede ser extraíble para permitir la recarga de electrolito.

La FIG. 7A muestra una vista superior de un separador con forma de placa que incluye bordes achaflanados, de acuerdo con un ejemplo. Los bordes de los separadores pueden achaflanarse, tal como se muestra en la FIG. 7A,
55 que es una vista superior. Los bordes achaflanados 706 que se extienden hacia fuera desde un cuerpo principal 708 pueden reducir el área de contacto entre el separador y otra estructura tal como un bastidor, proporcionando una extracción más fácil. También proporcionan una zona achaflanada que se puede rellenar con el epoxi o plástico para proporcionar un sellado mejorado.

60 La FIG. 7B muestra una vista frontal de un separador con forma de U, de acuerdo con un ejemplo. Tal como se ha ilustrado en la FIG. 7B, los separadores pueden tener forma de U, con una parte de separador 710 que define un hueco interior 712. Dicho separador puede permitir la retirada mediante el agarre de los extremos 714 en la dirección de las flechas y la elevación del separador fuera de un bastidor, un proceso que puede permitir entrar al aire en el bastidor para facilitar la extracción del separador.

65

La FIG. 7C muestra un separador de fibra de vidrio que tiene un recubrimiento de borde de unos separadores de fibra de vidrio, de acuerdo con un ejemplo. En algunos casos, los separadores de fibra de vidrio pueden ser la mecha de la cola de modo que se extienda excesivamente dentro del espacio entre placas. La formación de un revestimiento del borde 704 alrededor de los separadores de fibra de vidrio 702, tal como se muestra en la FIG. 7C, puede impedir esto. En algunos ejemplos, la fibra de vidrio puede fundirse para formar un bastidor de vidrio que no arrastra el adhesivo. En algunos ejemplos, puede aplicarse adhesivo o plástico al cerco de los separadores para formar un bastidor que consiste en adhesivo endurecido. En algunos ejemplos, el revestimiento del borde puede ser blando y flexible si se usa un adhesivo apropiado tal como silicona.

Los separadores pueden fabricarse de un material no adherente tal como el teflón, o pueden tener un recubrimiento de teflón para facilitar la extracción. Pueden tener también orificios pasantes en la parte superior que pueden estar alineados de modo que puedan pasarse una o más barras a través del conjunto de separadores, simplificando la alineación y extracción. Puede aplicarse un material de desmolde a una o más superficies para proporcionar una extracción más fácil.

En algunos ejemplos, los bordes de las placas de silicio pueden tener mellas o defectos resultantes de su fabricación. Estas mellas pueden provocar que las placas se rompan cuando se manejan. Las placas pueden recubrirse con epoxi o plástico antes del montaje. Esto se denomina recubrimiento previo. Pueden protegerse los bordes, para reducir el riesgo de rotura de las obleas. El recubrimiento puede realizarse mediante goteo o aplicación directa. En algunos ejemplos, el grosor del recubrimiento es igual a la mitad de la separación de las placas. En algunos ejemplos, las placas pueden apilarse y aplicarse una capa adicional de epoxi o plástico para formar la carcasa exterior de la batería. El material de recubrimiento previo puede ser un plástico sustancialmente resistente al ácido sulfúrico. La suma de los grosores del recubrimiento previo sobre las caras de la placa puede ser aproximadamente igual a la separación de placa entre placas.

La FIG. 8 muestra un diagrama de flujo de un proceso de montaje de batería, de acuerdo con un ejemplo. El proceso puede usarse para producir los ejemplos explicados en las FIGS. 4-6 y otros desvelados en el presente documento. En 802, los electrodos se colocan en una superposición. En 804, la superposición de electrodos se coloca en un bastidor. En 806 y 808, se añade adhesivo y, respectivamente, se endurece para adherir la superposición al bastidor. En 810, una etapa opcional permite la extracción de al menos algunos separadores. En 812, uno o más espacios interiores definidos entre los electrodos adheridos al bastidor pueden rellenarse con electrolito. En 814, una cubierta o tapa puede añadirse al bastidor para sellar el electrolito.

La FIG. 9 es una vista en sección transversal de una placa de batería con una masa activa que recubre mostrando diferentes capas, mostrando de izquierda a derecha silicio, siliciuro de níquel, capa de barrera, óxido de plomo, de acuerdo con un ejemplo. La FIG. 9 muestra un ejemplo de apilado multicapa. La figura muestra una placa 900 que comprende silicio 902, siliciuro de níquel 904, una capa de barrera 906 y óxido de plomo 908. Debería tomarse nota que es deseable frecuentemente retirar cualquier óxido nativo del silicio antes de aplicar una capa. Esto puede realizarse con chorreado de arena o usando un decapante químico tal como ácido fluorhídrico tamponado.

Puede ser beneficioso formar capas entre el sustrato de silicio y la masa activa. Un beneficio es mejorar el contacto entre el sustrato (por ejemplo, silicio) y la masa activa. Algunos ejemplos interponen una capa de siliciuro entre el sustrato y la masa activa. Algunos ejemplos interponen una capa de siliciuro de níquel entre el sustrato y la masa activa. Dicha capa puede formarse usando una deposición de niquelado químico o un proceso por vacío tal como deposición electrónica o por evaporación. Algunos ejemplos incluyen un ciclo de calentamiento tal como a 500 °C. Algunos ejemplos lo calientan aproximadamente 10 segundos. Puede formarse una capa de siliciuro en el lado opuesto para mejorar el contacto con la capa inerte (por ejemplo, carbono) o con el electrolito. En algunos ejemplos, pueden usarse otros siliciuros tales como de molibdeno, titanio, tungsteno y sus aleaciones, en lugar de o además del de níquel.

Pueden añadirse capas adicionales para la protección del silicio de la reacción con el electrolito y para mejorar la adhesión de la masa activa al sustrato. Esas capas pueden incluir TiN, TaN, seleniuro de molibdeno, estaño o cromo, y pueden formarse sobre uno o ambos lados del sustrato. Los métodos de deposición incluyen, pero sin limitarse a, deposición electrónica, deposición electrónica reactiva o evaporación. Las capas de barrera o adhesión pueden ser relativamente delgadas, tales como de 20 a 100 nm.

La FIG. 10 es un diagrama de flujo del proceso para la fabricación de la placa de batería, incluyendo la formación de un contacto de siliciuro y una suma de capas para formar una barrera para proteger la placa de la corrosión ácida y para promover la adhesión de la masa activa, de acuerdo con un ejemplo. El proceso puede usarse en una o ambas caras de una capa. En 1002, el método comienza proporcionando un sustrato de silicio. En 1004, el sustrato puede limpiarse para eliminar la contaminación y depósitos orgánicos. Las soluciones de limpieza que pueden usarse incluyen una mezcla de ácido sulfúrico y peróxido de hidrógeno para eliminar los productos orgánicos. La superficie puede también decaparse en ácido fluorhídrico para retirar cualquier capa de óxido que se forme después de la limpieza con sulfúrico/peróxido, o puede chorrear con arena. En 1006, puede depositarse el niquelado químico. Opcionalmente, el niquelado químico puede ser depositado por vacío tal como se ha descrito anteriormente. En 1008, el depósito puede hornearse. Dicho depósito puede calentarse a 300-700 °C, tal como durante 30 segundos

para formar una capa de contacto de silicio. En 1010, puede depositarse una barrera. La barrera puede platearse o por deposición electrónica, entre otros métodos de perfilado. En 1012, se puede depositar capas de adhesión y/o barrera. En 1004, puede formarse la masa activa usando los métodos descritos en el presente documento. En 1016, la masa activa puede acondicionarse, por ejemplo, para pasar de plomo a óxido de plomo. En algunos ejemplos, el plomo puede platearse directamente en el silicio. El plomo puede calentarse opcionalmente a 200 °C durante 5 minutos para mejorar el contacto y la adhesión.

Los ejemplos pueden formar una masa activa con porosidad y tamaño de poro controlados. En algunos ejemplos, la masa activa puede platearse. La masa activa puede tener menos de 1 milímetro de grosor. Algunos ejemplos son desde 0,2 a 0,3 milímetros de grosor.

En algunos ejemplos, la masa activa puede incluir óxido de plomo (IV), PbO_2 . La notación "(IV)" se refiere al plomo con la valencia de +4. Un material enchapado puede incluir también plomo, lo que puede convertirse electrolíticamente en PbO_2 usando perfilado o acondicionamiento. En algún proceso de acondicionamiento, la corriente puede circular a través de la placa en un baño ácido sulfúrico 6 molar para convertirlo en sulfato de plomo. La corriente puede invertirse para formar el óxido de plomo en una placa positiva.

Las FIGS. 11A-C muestran una representación visual del proceso de fabricación de una masa activa porosa, de acuerdo con un ejemplo. Una deposición se puede hacer porosa usando varios métodos. En algunos ejemplos, se pueden poner aditivos en la solución de enchapado, tal como los usados para formar un enchapado de acabado mate. En algunos ejemplos, se puede usar una capa de sacrificio 1102. Puede prepararse una mezcla de partículas solubles 1104 y un material en matriz 1106 tal como una resina curada tal como una cera de parafina o un polímero tal como uno resistente al decapado. Las partículas 1104 pueden tener el mismo tamaño que los granos de masa activa, que pueden ser de aproximadamente 5 μm de diámetro. Puede ser de un material soluble tal como una sal cristalina, siendo un ejemplo el cloruro de sodio. La mezcla puede aplicarse al sustrato 1108, que puede calentarse para permitir que la matriz (por ejemplo, parafina) fluya. Puede permitirse solidificar a la mezcla 1102 mediante, por ejemplo, enfriamiento o evaporación de constituyentes orgánicos. La oblea puede colocarse en agua de modo que las partículas solubles 1104 se disuelvan. Dicho proceso puede producir una matriz orgánica porosa 1106.

Una vez se crea la matriz porosa, la oblea puede colocarse en un baño de enchapado. El material de la masa activa puede colocarse en los poros. La matriz 1106 puede ser más gruesa que el grosor del enchapado 1110, que se puede determinar mediante el tiempo y la corriente de enchapado. La matriz puede disolverse en un disolvente para dejar la capa de masa activa porosa, que puede acondicionarse para formar óxido de plomo (IV) si el material de enchapado original era plomo.

En algunos ejemplos, la deposición electroforética puede usarse para depositar la masa activa. La electroforesis es un proceso en el que partículas cargadas pueden atraerse a un electrodo. En un proceso de ejemplo puede hacerse una suspensión de partículas de masa activa en un baño de etanol, tal como mediante el uso de agitado por ultrasonidos. Un beneficio del etanol, y composiciones del mismo, es que es un pobre conductor de la electricidad, de modo que puede establecerse un campo a través del baño. Puede añadirse una pequeña cantidad de ácido sulfúrico a la suspensión, por ejemplo 0,5 mililitros por cada 100 mililitros de baño. Dicha adición puede proporcionar una fuente de iones para cargar las partículas de masa activa en suspensión. El electrodo a ser recubierto puede colocarse en el baño y conectarse al terminal negativo de una fuente de tensión, tal como una fuente de tensión de 50- 200 voltios, con una separación de electrodos del orden de 2-5 centímetros. El potencial fuerza a las partículas de masa activa a la superficie, donde se depositan. Puede hornearse una placa de recubrimiento con una temperatura que supere los 100 °C. Algunos ejemplos se hornean a 200 °C durante 30 minutos. El horneado puede llevar al etanol fuera del recubrimiento.

Pueden depositarse conjuntamente otros materiales con este método, incluyendo, pero sin limitarse a, fibras y aglomerantes químicos. Dichos materiales pueden mejorar la adhesión y la integridad de la película. La integridad tal como se usa en el presente documento se refiere a la resistencia al descascarillado o descomposición de la capa de masa activa. Puede también depositarse conjuntamente una especie soluble tal como granos de sal, y puede disolverse tal como se ha descrito anteriormente para controlar la porosidad de la película. Esto tiene la ventaja de reducir o eliminar la necesidad de la parafina de sacrificio y las etapas de enchapado posteriores.

La FIG. 12 es un diagrama de flujo para la realización de una masa activa porosa, de acuerdo con un ejemplo. El diagrama de flujo puede usarse para realizar el aparato de la FIG. 11. En 1202, puede aplicarse una matriz rellena a un sustrato. En 1204 puede disolverse el relleno en la matriz. En 1206, la matriz puede platearse. En 1208 la matriz puede disolverse. En 1210 puede acondicionarse el material restante.

La FIG. 13 muestra un micrográfico 1300 de una matriz de parafina 1302 con orificios 1304 dejados por detrás después de que se hayan disuelto los cristales de sal. La relación de material de matriz a partículas puede determinar la porosidad. El tamaño y forma de las partículas puede determinar el tamaño del poro. La mezcla puede contener 50-70 % de sólidos. Una alta fracción de sólidos puede favorecer la formación de poros que sean continuos, lo que permite el paso del enchapado a todo lo largo de la matriz. En algunos casos el material de la matriz humedece la superficie superior, en el que la superficie puede quedar ligeramente rayada por la sal expuesta.

La consistencia de la masa activa puede variar en profundidad. Por ejemplo, se pueden depositar en múltiples capas deposiciones secuenciales una encima de la otra. Durante una deposición, pueden alterarse los parámetros, haciendo posible variar los parámetros tal como tamaño de grano, porosidad, composición, o tensión de película.

5 VARIAS NOTAS Y EJEMPLOS

10 El ejemplo 1 puede incluir o usar la materia objeto (tal como un aparato, un método, un medio para la realización de actos, o un medio legible por un dispositivo que incluye instrucciones que, cuando se realizan por el dispositivo, pueden hacer que el dispositivo realice los actos), tal como una superposición de electrodos, que incluye: un primer electrodo que incluye un sustrato de silicio y un material activo o masa activa depositado sobre el sustrato de silicio, un segundo electrodo dispuesto en la superposición en alineación con el primer electrodo, y un separador dispuesto entre el primer electrodo y el segundo electrodo. El ejemplo puede incluir una carcasa, con la superposición de electrodos dispuesta en la carcasa, llenando el electrolito la carcasa y en contacto con el primer electrodo y el segundo electrodo, un sello acoplado entre la carcasa y la superposición para definir un espacio interior que se extiende entre el primer electrodo y el segundo electrodo, adaptado el sello para resistir el flujo del electrolito desde el espacio interior, una cubierta acoplada a la carcasa, y un sello de cubierta adaptado para resistir el flujo del electrolito desde dentro del espacio interior.

20 El ejemplo 2 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos 1 precedentes, en el que una cara principal del primer electrodo se expone a un exterior, el segundo electrodo es de una polaridad diferente, y una segunda cara principal del segundo electrodo se expone a un exterior, opuesto a la primera cara principal.

25 El ejemplo 3 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes, en el que el material activo incluye plomo (o un compuesto de plomo) y el electrolito incluye ácido sulfúrico.

El ejemplo 4 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que se dispone al menos una capa intermedia entre el sustrato y el material activo.

30 El ejemplo 5 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que la capa intermedia se forma de al menos uno de entre un grupo que incluye TiN, TaN, seleniuro de molibdeno, estaño y cromo.

35 El ejemplo 6 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que la capa intermedia incluye un siliciuro.

El ejemplo 7 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que el siliciuro incluye de tungsteno, titanio, níquel o molibdeno.

40 El ejemplo 8 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes, en el que el sustrato es menor de 0,5 milímetros de grueso y el material activo es menor de 0,5 milímetros de grueso.

El ejemplo 9 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes, en el que el sustrato tiene una superficie de corte sobre la que se dispone el material activo.

45 El ejemplo 10 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes, en el que el material activo es poroso.

50 El ejemplo 11 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes, en el que una cara principal del sustrato tiene un perímetro rectangular, con longitudes de lado de aproximadamente 156 milímetros.

55 El ejemplo 12 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes, que incluyen la formación de un electrodo de batería mediante la disposición de un material activo que se recubre sobre un sustrato de silicio, montaje del electrodo de la batería en una superposición de electrodos de batería, separado el electrodo de batería de los otros electrodos de batería mediante un separador, disposición de la superposición en una carcasa, llenado del espacio interior con electrolito, y sellado de la carcasa para resistir el flujo de electrolito desde el espacio interior.

60 El ejemplo 13 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que el recubrimiento enchapado es plomo, y que incluye adicionalmente la oxidación del recubrimiento después de la aplicación para formar óxido de plomo (IV).

65 El ejemplo 14 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes, que incluye la formación de un siliciuro entre el sustrato y el material activo mediante la disposición de un niquelado sobre el sustrato del calentamiento del sustrato.

El ejemplo 15 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que la disposición del niquelado incluye el enchapado del níquel incluyendo la aplicación del níquel usando deposición química.

- 5 El ejemplo 16 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que el siliciuro se forma mediante deposición electrónica o evaporación de un metal y calentamiento del sustrato.

- 10 El ejemplo 17 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes, en el que el material activo es un material activo enchapado poroso formado mediante: disposición de una capa de sacrificio de material de matriz y partículas sobre el sustrato, disolución de las partículas para formar una matriz con poros, enchapado del material activo en al menos algunos poros, y disolución de la matriz.

- 15 El ejemplo 18 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes, en el que la disposición del material activo sobre el sustrato incluye la aplicación del sustrato usando electroforesis.

El ejemplo 19 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes, que incluye la fijación mecánicamente de la superposición a la carcasa para definir un espacio interior, con el separador dispuesto en el espacio interior, y la eliminación del separador.

- 20 El ejemplo 20 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes, en el que la disposición del material activo incluye la deposición conjunta electroforética del material activo junto con un material de sacrificio, y la definición de un material activo poroso mediante la disolución del material de sacrificio después de la deposición conjunta electroforética.

- 25 El ejemplo 21 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes, en el que el sustrato de silicio está altamente dopado

El ejemplo 22 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que la resistividad del silicio es menor de $1 \Omega \cdot \text{cm}$.

- 30 El ejemplo 23 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que el sustrato tiene una superficie como cortada.

- 35 El ejemplo 24 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que el silicio tiene una textura de célula solar estándar.

El ejemplo 25 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que el silicio es un material de grado metalúrgico.

- 40 El ejemplo 26 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que el sustrato es un silicio multicristalino.

- 45 El ejemplo 27 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes que incluye un proceso para la aplicación de un recubrimiento de masa activa a una placa de batería de silicio en el que el recubrimiento se platea o se deposita usando electroforesis.

El ejemplo 28 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que el recubrimiento enchapado o depositado por electroforesis es menor de 1 milímetro de grueso.

- 50 El ejemplo 29 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes, que incluye capas intermedias entre el sustrato de silicio y la masa activa para promover la adhesión de la masa activa a la placa de la batería.

- 55 El ejemplo 30 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que se incluye un aditivo en la solución de enchapado para promover la porosidad.

- 60 El ejemplo 31 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que se aplica una capa de sacrificio a la placa de batería, consistiendo dicha capa de sacrificio en un material de matriz y partículas, siendo posteriormente disueltas dichas partículas para formar una matriz con poros, siendo a continuación llenados al menos una parte de dichos poros mediante enchapado y siendo disuelta posteriormente dicha matriz, en el que el material de matriz es al menos uno de entre cera y un polímero.

El ejemplo 32 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que dichas partículas son una sal cristalina.

65

- El ejemplo 33 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que la sal cristalina es cloruro de sodio.
- 5 El ejemplo 34 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes que también incluye separadores porosos entre placas.
- El ejemplo 35 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que el material separador poroso incluye fibra de vidrio.
- 10 El ejemplo 36 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que se forma una superposición que incluye alternadamente placas de batería, separadores porosos, y separadores extraíbles, a continuación dicha superposición se coloca en una fijación de contención, se aplica sellante a la periferia de dicha pila, y dichos separadores extraíbles se retiran después de que dicho sellante endurezca.
- 15 El ejemplo 37 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que se sellan tres lados, se retiran los separadores, se añade electrolito, y se coloca una tapa superior sobre la batería.
- El ejemplo 38 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que uno o más bordes de los separadores extraíbles están achaflanados.
- 20 El ejemplo 39 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que se aplica un recubrimiento de extracción a los separadores extraíbles.
- El ejemplo 40 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que los separadores extraíbles tienen una forma de U de modo que la extracción incluye una etapa de agarrar los extremos de la forma de U uno hacia el otro.
- 25 El ejemplo 41 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que los separadores extraíbles son reutilizables.
- 30 El ejemplo 42 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que se forma una superposición que incluye alternadamente placas de batería y separadores porosos, dicha superposición se coloca entonces en una instalación y se aplica sellador a la periferia de dicha superposición.
- 35 El ejemplo 43 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que se sellan tres lados, se añade electrolito, y se coloca la cubierta superior sobre la batería.
- El ejemplo 44 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que los separadores porosos tienen revestimientos del borde para impedir la absorción del sellador dentro de los separadores.
- 40 El ejemplo 45 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que el revestimiento del borde es un adhesivo.
- 45 El ejemplo 46 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que el adhesivo de silicona.
- El ejemplo 47 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que el revestimiento del borde está formado mediante la fusión del borde del separador de fibra de vidrio.
- 50 El ejemplo 48 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que una cara del sustrato es inerte.
- El ejemplo 49 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que la cara inerte es silicio.
- 55 El ejemplo 50 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que la cara inerte se recubre con carbono.
- 60 El ejemplo 51 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que la cara inerte es un siliciuro.
- El ejemplo 52 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que la masa activa en al menos un lado se aplica usando electroforesis.
- 65

ES 2 564 364 T3

- El ejemplo 53 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que el material de la masa activa incluye óxido de plomo.
- 5 El ejemplo 54 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que la masa activa se hornea a una temperatura que supera 100 °C después de la deposición electroforética.
- El ejemplo 55 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que se dispone una capa intermedia entre la deposición de masa activa electroforética y el sustrato de la placa.
- 10 El ejemplo 56 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que el material de la placa incluye silicio.
- El ejemplo 57 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes, en el que se forma un electrodo mediante deposición conjunta electroforética de un material de masa activa y un material de sacrificio, siendo disuelto dicho material de sacrificio después de la deposición conjunta electroforética para incrementar la porosidad de la capa de masa activa.
- 15 El ejemplo 58 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos de capa de masa activa precedentes en el que la masa activa se deposita conjuntamente con un segundo material, siendo una función de dicho segundo material mejorar las propiedades físicas de la capa de masa activa.
- 20 El ejemplo 59 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que la propiedad física es la adhesión.
- 25 El ejemplo 60 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que la propiedad física es la integridad de la capa de masa activa.
- El ejemplo 61 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes incluyendo chorreado de arena de la superficie de la placa.
- 30 El ejemplo 62 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que una batería usa una pluralidad de placas, siendo previamente recubiertos los bordes de los cortes de al menos dos placas.
- 35 El ejemplo 63 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que el material del recubrimiento previo es epoxi.
- El ejemplo 64 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que el material de recubrimiento previo es un plástico sustancialmente resistente al ácido sulfúrico.
- 40 El ejemplo 65 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que la suma de los grosores del recubrimiento previo sobre las caras de la placa iguala aproximadamente la separación de la placa.
- 45 El ejemplo 66 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que se sella una superposición de placas después del apilado para proporcionar una carcasa exterior para la batería.
- El ejemplo 67 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que el material de sellado es plástico.
- 50 El ejemplo 68 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que el material de sellado es epoxi.
- El ejemplo 69 puede opcionalmente incluir la materia objeto de cualquiera de los ejemplos precedentes en el que la consistencia de la masa activa se varía con la profundidad por medio del uso de o bien múltiples de posiciones secuenciales o bien la variación de los parámetros de la deposición a lo largo del proceso de deposición.
- 55 El ejemplo 70 puede incluir, o puede opcionalmente combinarse con cualquier parte o combinación de cualesquiera partes de uno cualquiera o más de los ejemplos 1-69 para incluir la materia objeto que puede incluir medios para la realización de una cualquiera o más de las funciones de los ejemplos 1-69, o un medio legible por máquina que incluye instrucciones que, cuando se realizan por una máquina, hacen que la máquina realice una cualquiera o más de las funciones de los ejemplos 1-69.
- 60 Cada uno de estos ejemplos no limitativos puede valer por sí mismo, o puede combinarse en varias permutaciones o combinaciones con uno o más de los otros ejemplos.
- 65

La descripción detallada anteriormente incluye referencias a los dibujos adjuntos, que forman parte de la descripción detallada. Los dibujos muestran, como forma de ilustración, realizaciones específicas en las que la invención puede ponerse en práctica. Estas realizaciones también se denominan en el presente documento como "ejemplos". Dichos ejemplos pueden incluir elementos además de aquellos mostrados o descritos. Sin embargo, los presentes inventores también contemplan ejemplos que usan cualquier combinación o permutación de aquellos elementos mostrados o descritos (o uno o más aspectos de los mismos), o bien con respecto a un ejemplo particular (o uno o más aspectos de los mismos), o con respecto a algunos ejemplos (o uno o más aspectos de los mismos) mostrados o descritos en el presente documento.

En este documento, los términos "un" o "una" se usan, como es común en documentos de patente, para incluir uno o más de uno, independientemente de cualesquiera otros casos o usos de "al menos uno" o "uno o más". En este documento, el término "o" se usa para referirse a una o no exclusiva, de modo que "A o B" incluye "A pero no B", "B pero no A", y "A y B", a menos que se indique lo contrario. En el presente documento los términos "incluyendo" y "en los que" se usan como equivalentes en español llano de los términos respectivos "comprendiendo" y "en donde". También, en las reivindicaciones a continuación, los términos "incluyendo" y "comprendiendo" tienen su final abierto, esto es, un sistema, dispositivo, artículo, composición, formulación, o proceso que incluya elementos además de aquellos listados después de dicho término en una reivindicación aún se considera que caen dentro del alcance de esa reivindicación. Más aún, en las reivindicaciones a continuación, los términos "primero", "segundo", y "tercero", etc. se usan meramente como etiquetas, y no se pretende que impongan requerimientos numéricos sobre sus objetos.

Los ejemplos de los métodos descritos en el presente documento pueden ser implementados en máquina o en ordenador al menos en parte. Algunos de los ejemplos pueden incluir un medio legible por ordenador o un medio legible por máquina codificado con instrucciones operativas para configurar un dispositivo electrónico para realizar métodos tales como los descritos en los ejemplos anteriores. Una implementación de dichos métodos puede incluir códigos, tales como micocódigos, códigos en lenguaje ensamblador, códigos en lenguaje de alto nivel, o similares. Dichos códigos pueden incluir instrucciones legibles por ordenador para la realización de varios métodos. El código puede formar partes de productos de programas informáticos. Adicionalmente, en ciertos ejemplos, el código puede almacenarse tangiblemente en uno o más medios volátiles, no transitorios, o medios legibles por ordenador tangibles no volátiles, tales como durante la ejecución o en otros momentos. Ejemplos de estos medios legibles por ordenador tangibles pueden incluir, pero sin limitarse a, discos duros, discos magnéticos extraíbles, discos ópticos extraíbles (por ejemplo, discos compactos y video discos digitales), cassetes magnéticas, tarjetas o lápices de memoria, memorias de acceso aleatorio (RAM), memorias solo de lectura (ROM), y similares.

La descripción anterior se pretende que sea ilustrativa, y no restrictiva. Por ejemplo, los ejemplos anteriormente descritos (o uno o más aspectos de los mismos) pueden usarse en combinación entre sí. Pueden usarse otras realizaciones, tal como por un experto en la materia tras la revisión de la descripción anterior. El resumen se proporciona para permitir al lector determinar rápidamente la naturaleza de la divulgación técnica. Se envía en el entendimiento de que no se usará para interpretar o limitar el alcance o significado de las reivindicaciones. También, en la Descripción Detallada anterior, se pueden agrupar juntas varias características para racionalizar la divulgación. Esta no se debería interpretar como pretendiendo que una característica desvelada no reivindicada sea esencial para cualquier reivindicación. En su lugar, la materia objeto inventiva puede basarse menos que en todas las características de una realización desvelada particular. Por ello, las reivindicaciones a continuación se incorporan en el presente documento en la Descripción Detallada como ejemplos o realizaciones, permaneciendo cada reivindicación por sí misma como una realización separada, y se contempla que dichas realizaciones puedan combinarse entre sí en varias combinaciones o permutaciones. El alcance de la invención se determina por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Una batería, que comprende:

5 una superposición (400) de electrodos de batería, que comprende:

una placa de batería bipolar (408) que incluye:

10 una oblea de silicio (108) eléctricamente conductora;
 un material activo dispuesto sobre al menos una superficie de la oblea de silicio para proporcionar un primer electrodo de batería (410); y
 un segundo electrodo de batería (412) situado sobre la superficie de la oblea de silicio conductora opuesto al primer electrodo; y

15 un tercer electrodo de batería dispuesto en la superposición con, y separado físicamente de, el segundo electrodo;

una carcasa (406), con la superposición de los electrodos de batería dispuestos en la carcasa; y un electrolito dispuesto en la carcasa de modo que una parte del electrolito en contacto con el segundo y tercero electrodos de batería esté aislado del primer electrodo de batería al menos en parte por la oblea de silicio eléctricamente conductora;

20 en el que la superposición de electrodos de batería está configurada para establecer un trayecto de conducción entre el primer y segundo electrodos de batería través de la oblea de silicio conductora,
caracterizado por que se incluye un siliciuro (904) sobre al menos una superficie de la oblea de silicio conductora entre el material activo y la oblea de silicio conductora.

2. La batería de la reivindicación 1, en la que se dispone al menos una capa de barrera (906) entre el siliciuro (904) y el material activo (908).

30 3. La batería de la reivindicación 2, en la que la capa de barrera (906) se forma de al menos uno de entre un grupo que incluye TiN, TaN, seleniuro de molibdeno, estaño y cromo; y en el que el siliciuro (904) incluye de tungsteno, titanio, níquel o molibdeno.

4. La batería de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende adicionalmente:

35 un sello acoplado entre la carcasa (406) y la superposición para definir un espacio interior que se extiende entre el segundo electrodo de batería y el tercer electrodo de batería, adaptado el sellado para resistir un flujo de electrolito desde el espacio interior;

40 una cubierta (510, 610) acoplada a la carcasa; y un sello de cubierta entre la cubierta y la carcasa, adaptado el sello de cubierta para resistir el flujo del electrolito desde dentro del espacio interior.

45 5. La batería de cualquiera de las reivindicaciones precedentes en la que el material activo incluye plomo, el electrodo incluye ácido sulfúrico, la oblea de silicio se forma de obleas de silicio de grado metalúrgico de una resistividad menor que o igual a $1 \Omega \cdot \text{cm}$.

6. La batería de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la oblea tiene una superficie cortada sobre la que se dispone el material activo y el material activo es poroso.

50 7. Un método que comprende:

la formación (1014) de una placa de batería bipolar (408) mediante la disposición de la cobertura de material activo sobre al menos una superficie de una oblea de silicio eléctricamente conductora para proporcionar un primer electrodo de batería (410);

55 la formación de un segundo electrodo de batería (412) localizado sobre una superficie de la oblea de silicio eléctricamente conductora opuesta al primer electrodo de batería;

montaje (802) de la placa de batería en una superposición (400) de electrodos de batería, separado el primer electrodo de batería de un tercer electrodo de batería mediante un separador para definir un espacio interior entre el primer electrodo de batería y el tercer electrodo de batería;

60 disposición (804) de la superposición en una carcasa (406);

llenado (812) del espacio interior con electrolito; y

sellado (806) de la carcasa para resistir un flujo de electrolito desde el espacio interior,

en el que la superposición de electrodos de batería se configura para establecer un trayecto de conducción a través de la oblea de silicio eléctricamente conductora,

65 **caracterizado por que** se forma un siliciuro (904) entre la oblea conductora y el recubrimiento de material activo.

8. El método de la reivindicación 7 en el que el recubrimiento se oxida adicionalmente después de la aplicación para formar óxido de plomo (IV).
- 5 9. El método de cualquiera de las reivindicaciones 7 u 8, que comprende la formación del siliciuro (904) entre la oblea conductora y el recubrimiento de material activo mediante la disposición del níquelado (1006) sobre la oblea de silicio conductora y el calentamiento de la oblea de silicio conductora.
- 10 10. El método de la reivindicación 9, en el que la disposición del níquelado sobre la oblea de silicio conductora incluye la deposición (1006) de níquel usando una técnica de níquelado químico.
- 11 11. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 7 u 8, que comprende la formación del siliciuro (904) entre la oblea de silicio conductora y el recubrimiento de material activo mediante uno de entre deposición electrónica y evaporación del metal, y el calentamiento de la oblea de silicio conductora.
- 15 12. El método de cualquiera de las reivindicaciones 7-11, en el que el material activo es un material activo enchapado poroso formado mediante:
- 20 disposición (1202) de una capa de sacrificio de material de matriz y partículas sobre la oblea de silicio conductora;
- disolución (1204) de las partículas para formar una matriz con poros;
- enchapado (1206) del material activo en al menos algunos poros; y
- disolución (1208) de la matriz.
- 25 13. El método de cualquiera de las reivindicaciones 7-11, que comprende la disposición del recubrimiento de material activo y del material de sacrificio sobre la oblea de silicio conductora usando deposición conjunta electroforética; y la disolución del material de sacrificio después de la deposición conjunta electroforética.
- 30 14. El método de cualquiera de las reivindicaciones 7-13, que comprende la fijación mecánica de la superposición a la carcasa para definir el espacio interior, con el separador dispuesto en el espacio interior, y la retirada del separador.

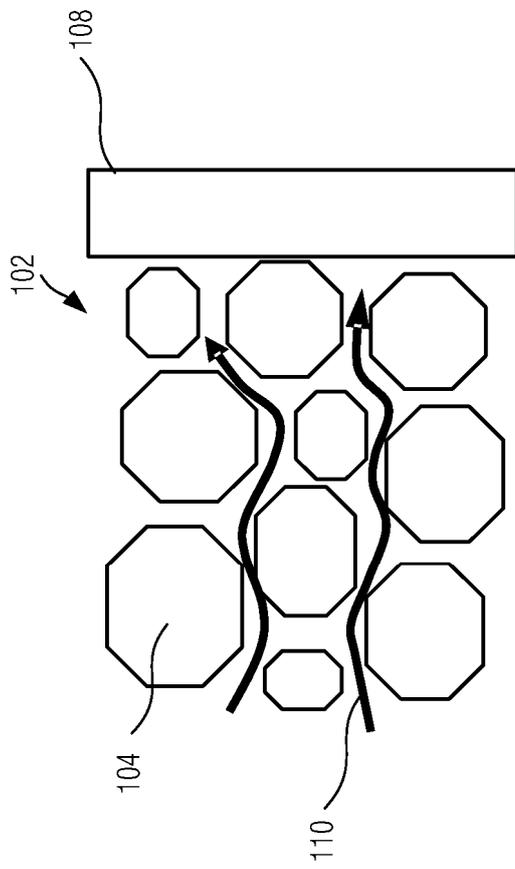


FIG. 1A

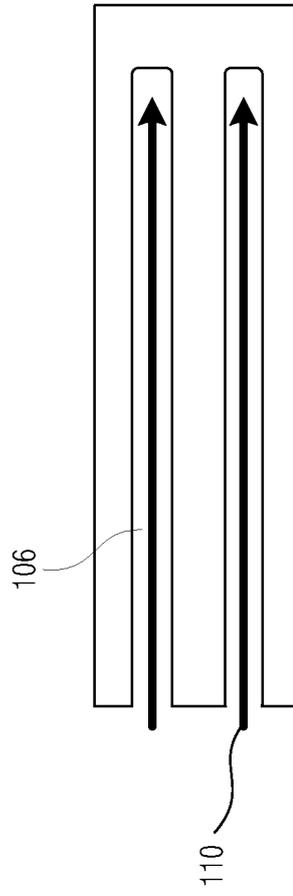
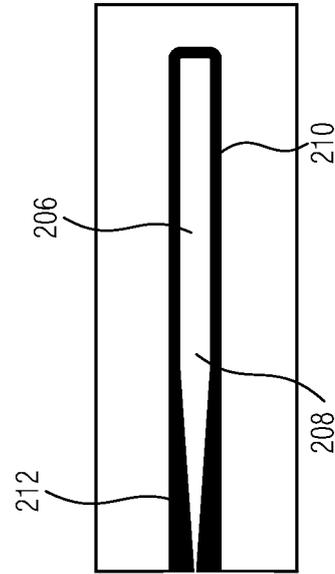
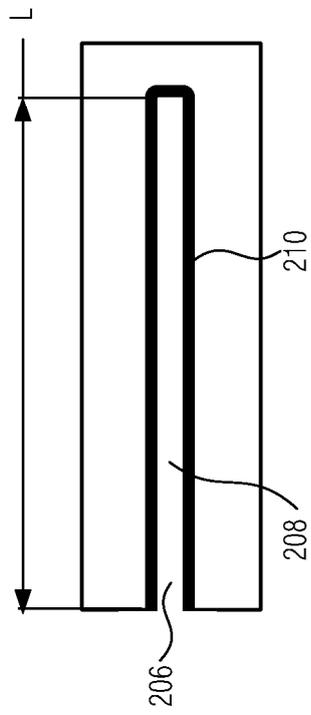


FIG. 1B



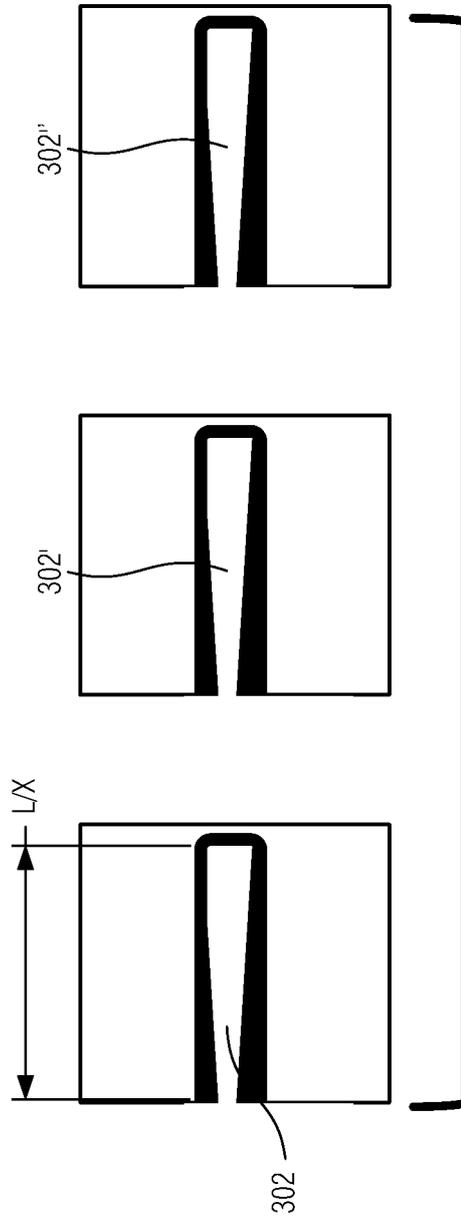


FIG. 3

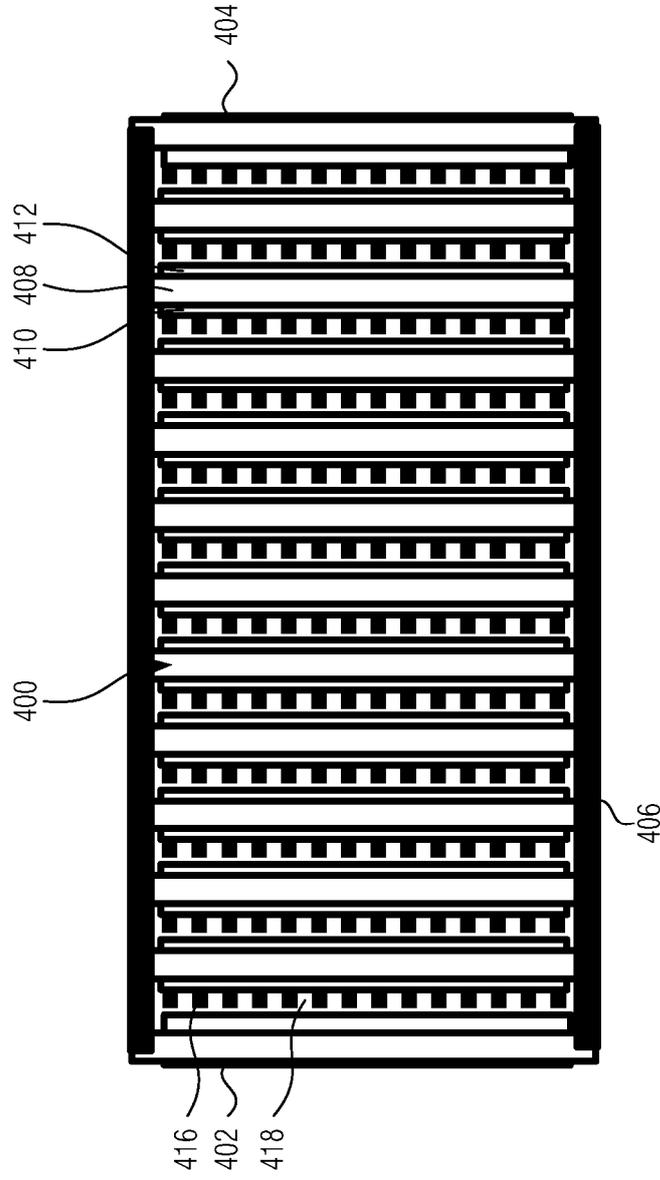


FIG. 4

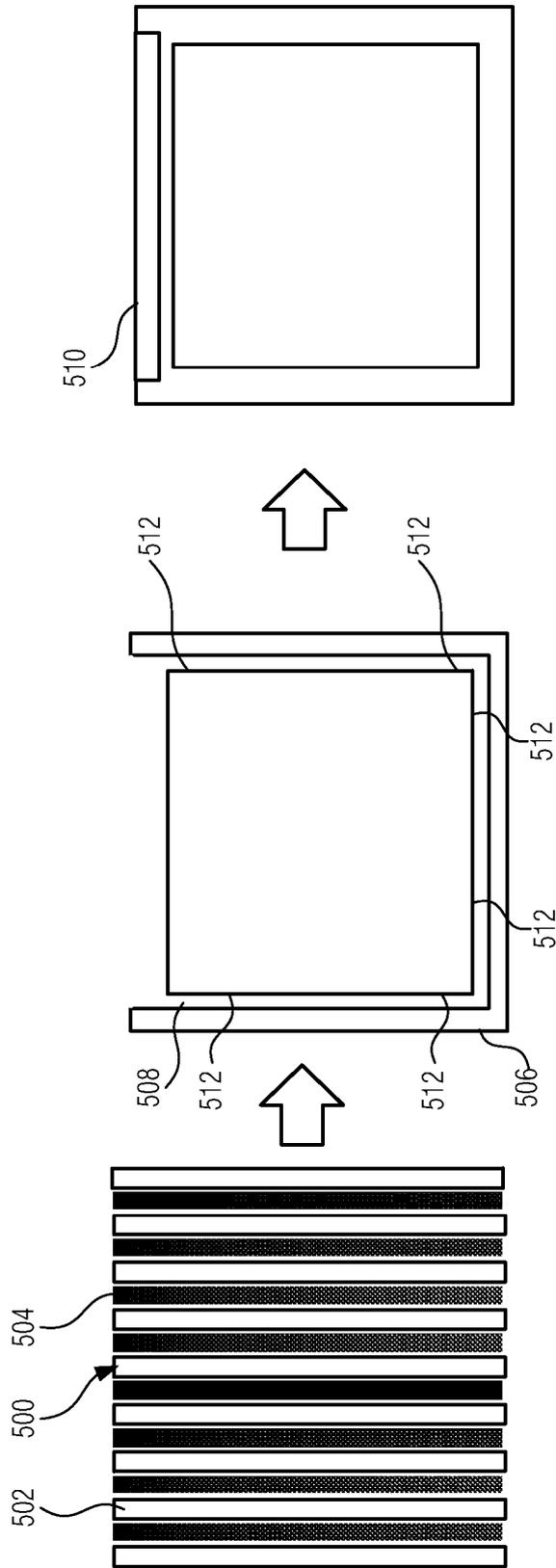


FIG. 5

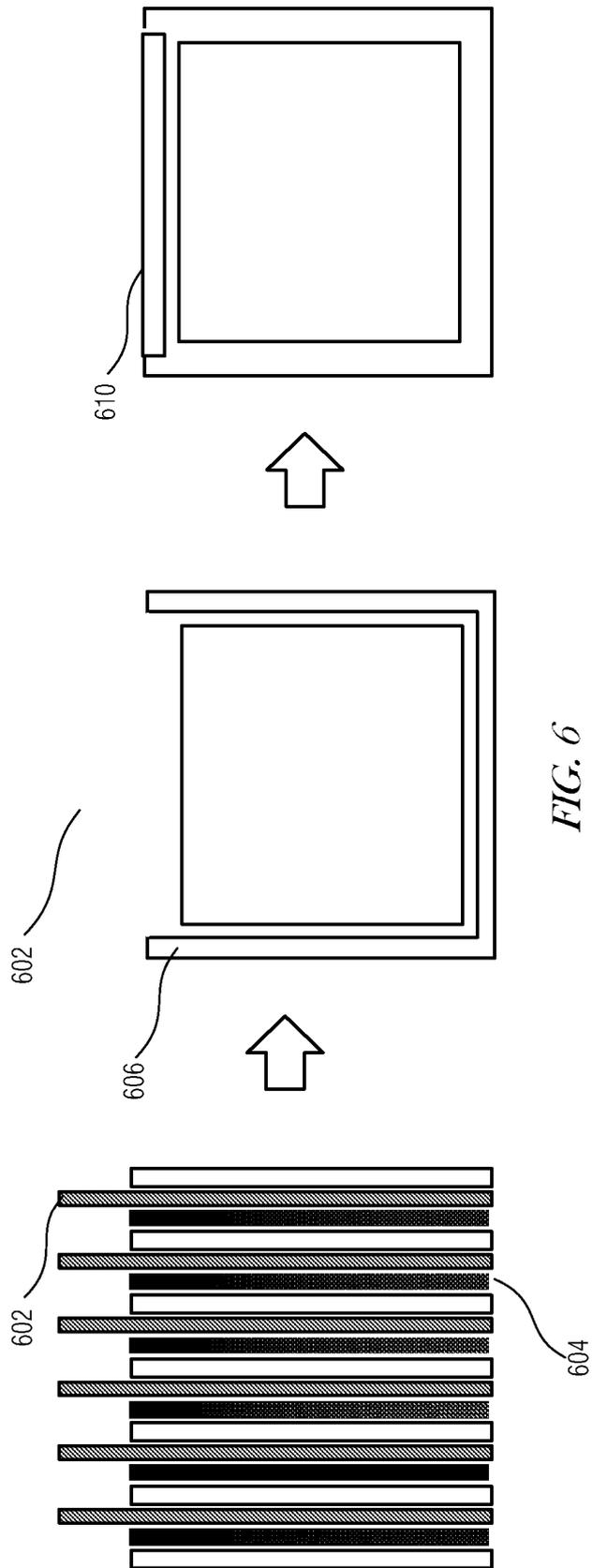


FIG. 6

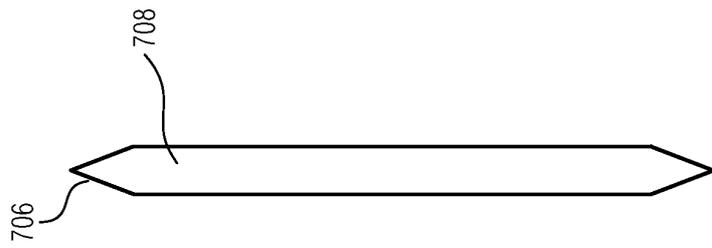


FIG. 7A

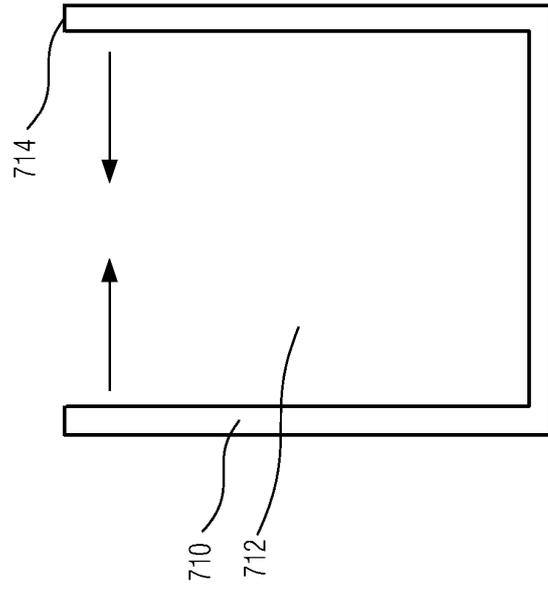


FIG. 7B

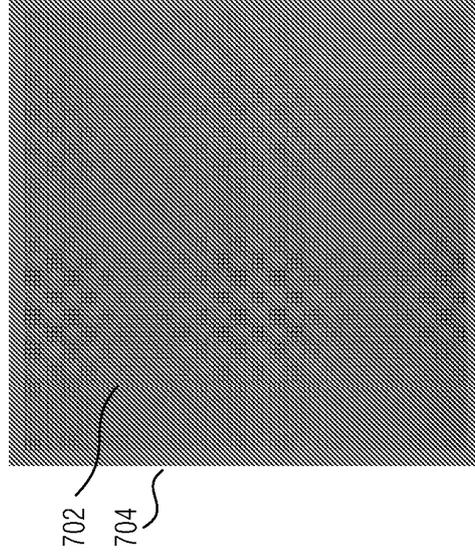


FIG. 7C

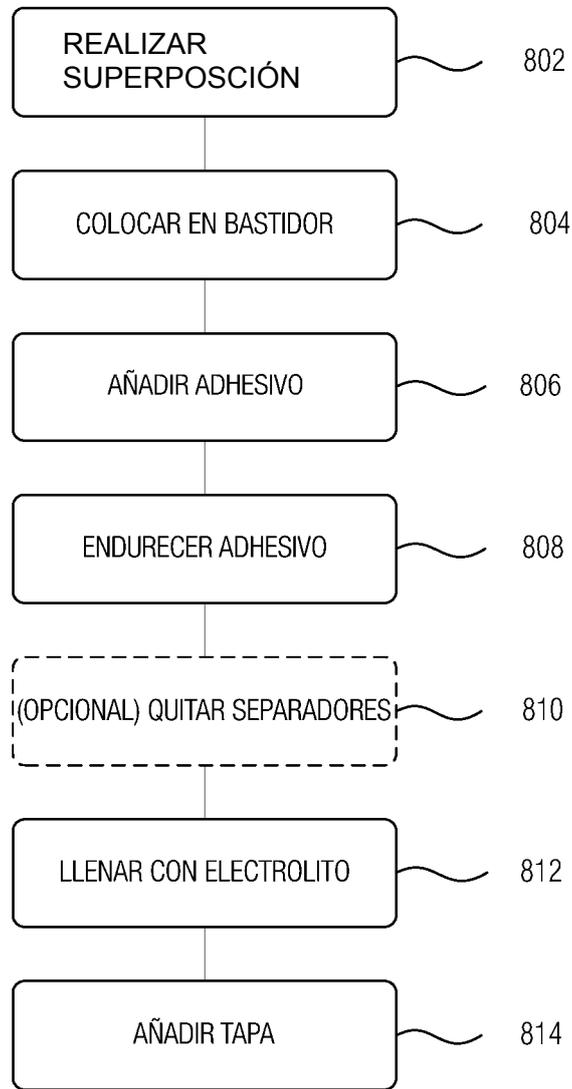


FIG. 8

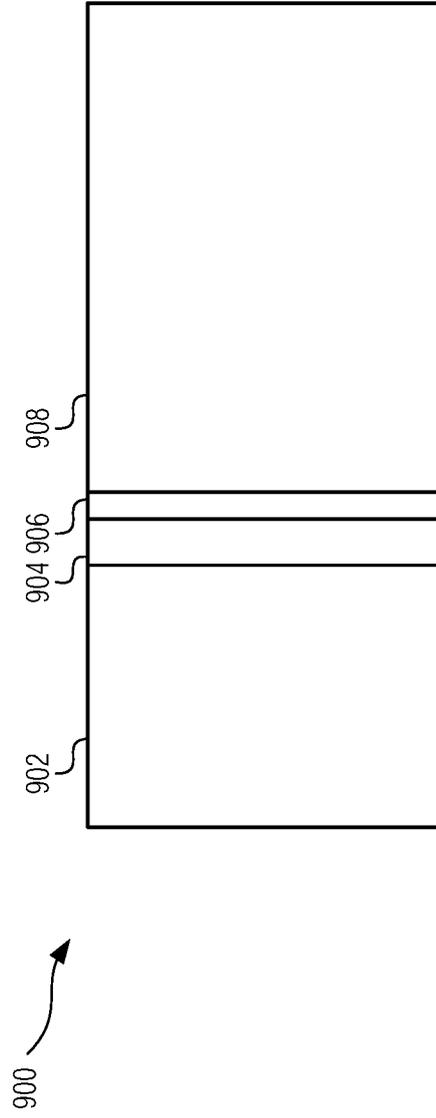


FIG. 9

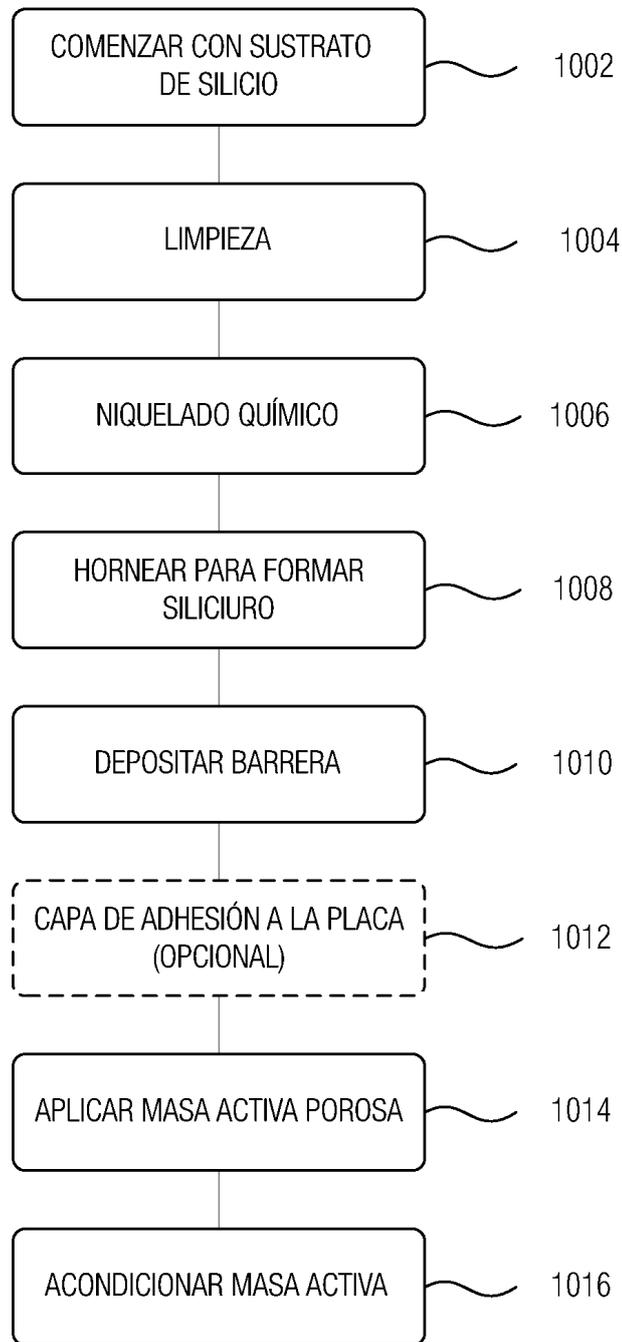


FIG. 10

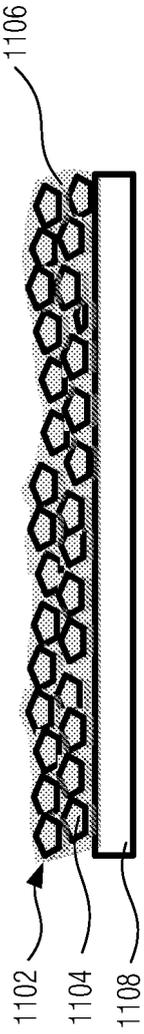


FIG. 11A

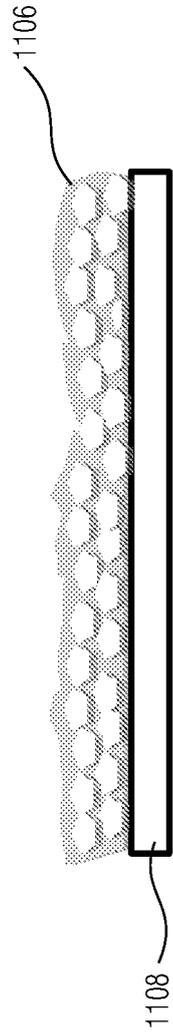


FIG. 11B

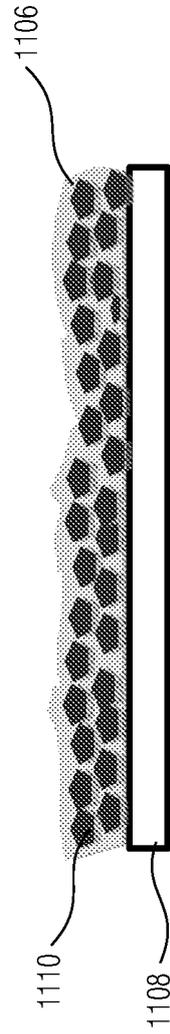


FIG. 11C

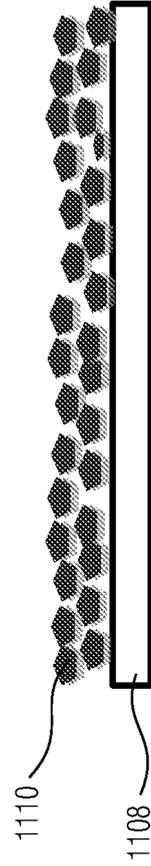


FIG. 11D

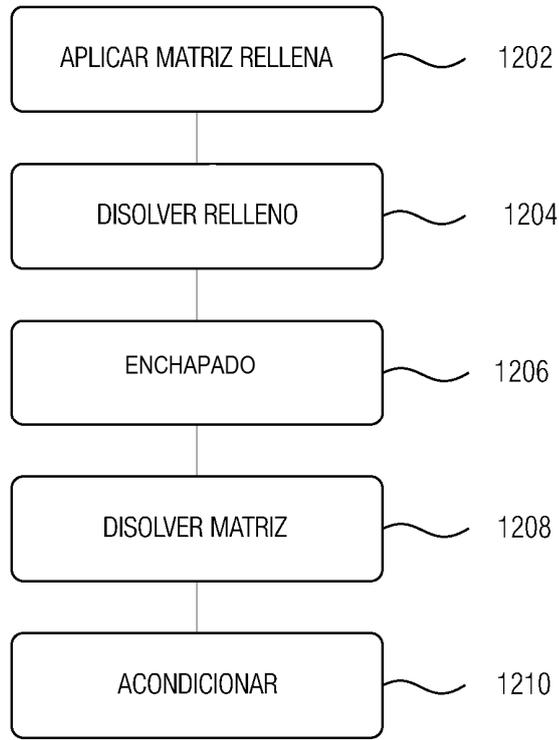
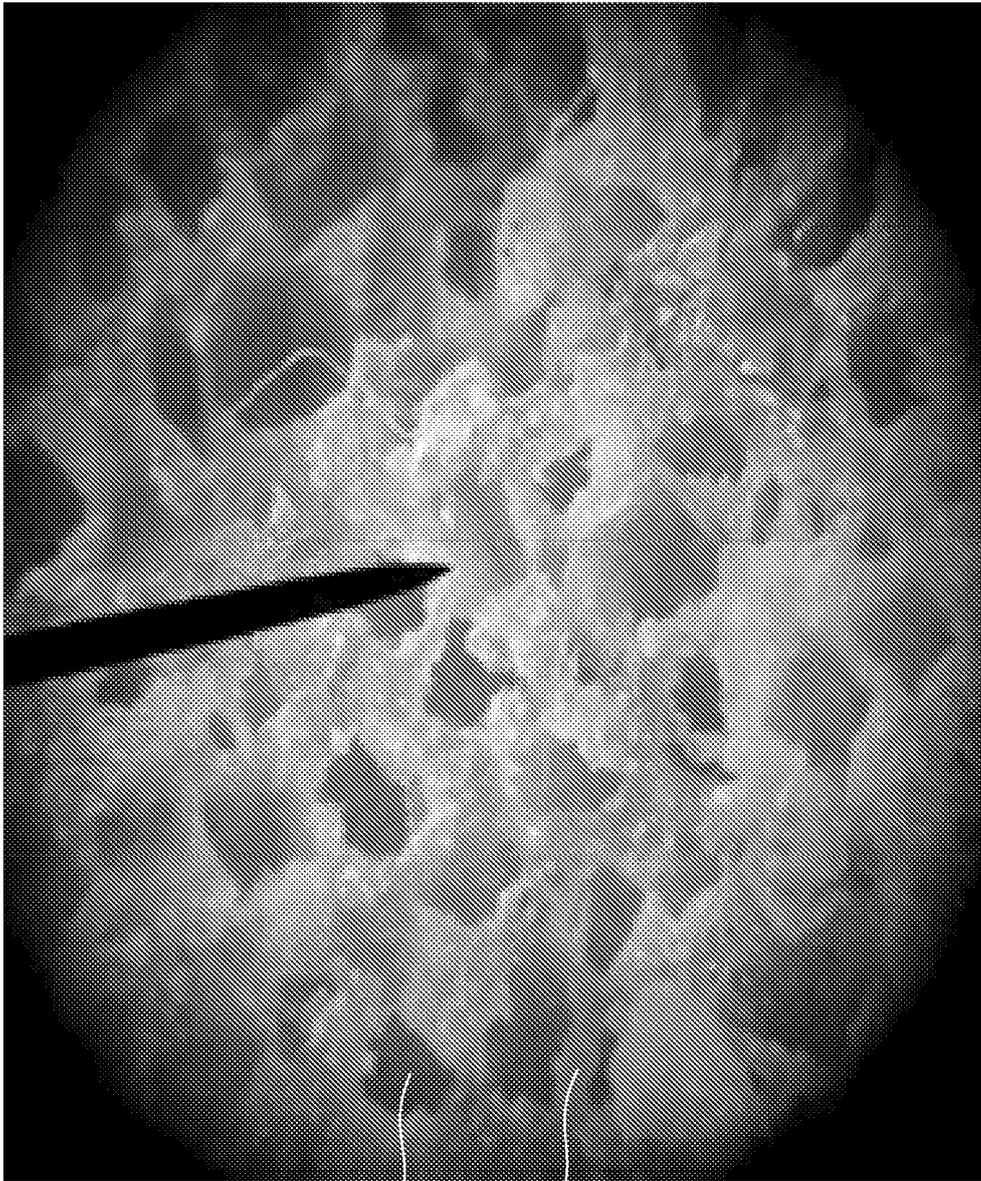


FIG. 12



1300

1304

1302

FIG. 13

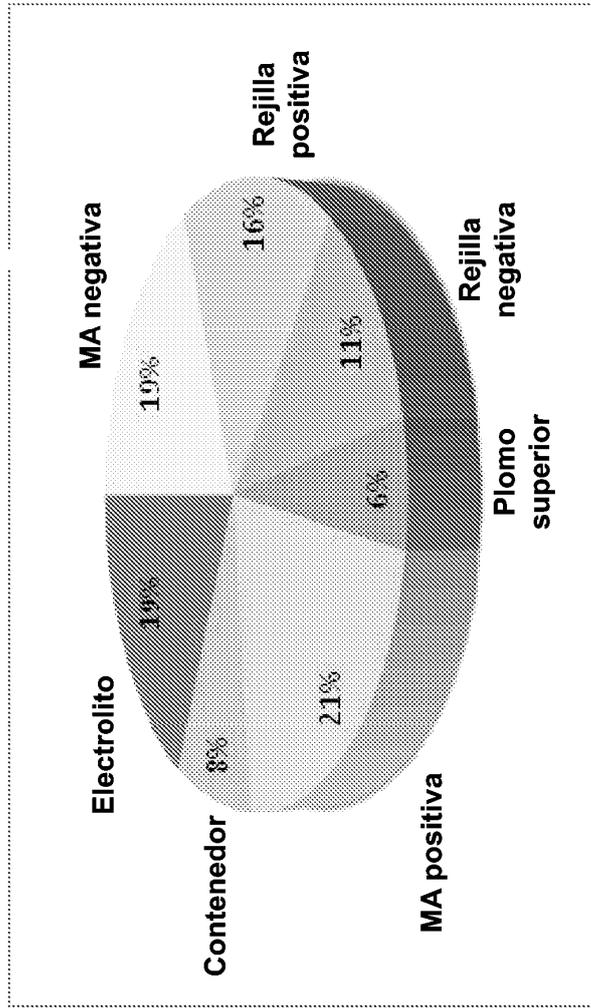


FIG. 14