

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 732 110**

51 Int. Cl.:

C25B 1/08 (2006.01)

C25B 9/20 (2006.01)

C25B 11/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.04.2014 PCT/US2014/033667**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.10.2014 WO14169134**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.04.2014 E 14783237 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2019 EP 2956247**

54 Título: **Superficie de conducción eléctrica y resistente a la corrosión de componentes metálicos para electrolizadores**

30 Prioridad:
28.06.2013 US 201313931393

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.11.2019

73 Titular/es:
**TREADSTONE TECHNOLOGIES, INC. (100.0%)
201 Washington Road
Princeton, NJ 08543, US**

72 Inventor/es:
WANG, CONGHUA

74 Agente/Representante:
ELZABURU, S.L.P

ES 2 732 110 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

Superficie de conducción eléctrica y resistente a la corrosión de componentes metálicos para electrolizadores

Campo de la invención

5 Las realizaciones de la invención se refieren a la mejora de la conductividad eléctrica de una superficie metálica y la resistencia a la corrosión para componentes metálicos usados en electrolizadores. Más específicamente, las realizaciones se refieren a métodos para mejorar la conductancia eléctrica de la superficie metálica y la resistencia a la fragilización por hidrógeno.

Antecedentes

10 Un electrolizador es un dispositivo electroquímico que puede dividir el agua en hidrógeno y oxígeno usando energía eléctrica. La estructura típica de una celda de electrolizador incluye el conjunto de membrana-electrodo (MEA) para las reacciones electroquímicas, las capas de difusión de gas (GDL) para transportar el oxígeno y el hidrógeno lejos del electrodo, y el hardware adicional necesario. Un electrolizador práctico incluye múltiples celdas para una capacidad suficiente de producción de hidrógeno u oxígeno. Estas celdas están conectadas en serie usando placas separadas bipolares para construir una pila con otro hardware necesario, como por ejemplo, placas de extremo, marco de celdas, juntas, etc. Un lado de la placa separada mira hacia la cámara de hidrógeno de una celda y el otro lado de la placa mira hacia la cámara de oxígeno de la celda adyacente (es decir, la placa es bipolar). Dependiendo de la configuración del sistema, los sistemas de electrolizadores grandes podrían incluir múltiples pilas para una alta capacidad.

20 Debido a la diferencia en las condiciones de trabajo en las cámaras de oxígeno e hidrógeno, los requisitos para la GDL y las placas separadas son diferentes. El requisito común para estos componentes es que deben ser eléctricamente conductores. En la cámara de oxígeno, la GDL y la placa separada deben tener una resistencia superior a la corrosión electroquímica a altos potenciales electroquímicos, típicamente $> 1,5 V_{SHE}$. Por otro lado, en la cámara de hidrógeno, la GDL y la placa separada deben tener una excelente resistencia a la fragilización por hidrógeno, especialmente para electrolizadores de alta presión. La corrosión electroquímica dará como resultado una capa gruesa de óxido sobre la superficie que tiene una alta resistencia eléctrica y reducirá la eficiencia energética del electrolizador. La fragilización por hidrógeno afectará a las propiedades mecánicas de la placa, lo que provocará el fallo mecánico de la pila.

25 Para cumplir con estos requisitos de rendimiento, el electrolizador normal utiliza dos piezas de placas de metal para formar la placa bipolar. En el lado del oxígeno, se utiliza una placa de titanio chapada en platino para la alta resistencia a la corrosión del potencial electroquímico. En el lado del hidrógeno, se utiliza una placa de circonio para evitar la fragilización por hidrógeno. Se utiliza típicamente una placa porosa, pantalla o malla de titanio chapada en platino como la GDL en la cámara de oxígeno. Estos componentes son muy caros.

30 Por tanto, se desea utilizar materiales de bajo coste para reducir el coste del electrolizador. Además, y específico de las placas bipolares, se desea una placa metálica de una pieza que es resistente tanto a la corrosión de alto potencial electroquímico como a la fragilización por hidrógeno para simplificar la estructura de la pila y reducir los costes.

35 El documento WO2014/134019 da a conocer (párrafos [019], [021], [039]) un método de recubrimiento de un sustrato metálico para su uso como una placa en un electrolizador, comprendiendo dicho método: proporcionar el sustrato metálico; depositar una pluralidad de islas de metales preciosos sobre al menos una superficie del sustrato metálico; y hacer crecer un óxido sobre la al menos una superficie en áreas que no están cubiertas por las islas de metales preciosos.

40 Cada uno de los documentos US 2009/176120, US 2007/015034 y US 2004/197661 da a conocer un dispositivo electroquímico que comprende un sustrato metálico; una pluralidad de islas de metales preciosos sobre una primera superficie del sustrato metálico; y un material eléctricamente conductor sobre una segunda superficie del sustrato metálico.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1A es un dibujo esquemático de una placa bipolar que tiene metales preciosos sobre ambos lados de la placa, según una realización dada a conocer en el presente documento.

45 La figura 1B es un dibujo esquemático de una placa bipolar que tiene metales preciosos sobre ambos lados de la placa y una capa de óxido solo sobre un lado de la placa, según una realización dada a conocer en el presente documento.

La figura 2A es un dibujo esquemático de una placa bipolar que tiene un metal precioso sobre un lado y carbono sobre el otro lado de la placa, según una realización dada a conocer en el presente documento.

La figura 2B es un dibujo esquemático de una placa bipolar que tiene un metal precioso sobre un lado y carbono sobre el otro lado de la placa, y una capa de óxido solo sobre el lado de carbono de la placa, según una realización dada a conocer en el presente documento.

5 La figura 3 es un dibujo esquemático de una capa de difusión de gas oxígeno que tiene islas de metales preciosos sobre la superficie exterior de una placa metálica, según una realización dada a conocer en el presente documento.

La figura 4 es un gráfico que ilustra una compresión de la resistencia de la placa pasante (TPR) de una placa bipolar de titanio simple y una placa bipolar de titanio que tiene islas de platino (Pt) sobre un lado y una isla de oro (Au) sobre el otro lado de la placa.

10 Las figuras 5A-5B son imágenes de microscopía electrónica de barrido (SEM) de puntos de oro (Au) y platino (Pt) sobre una superficie de sustrato de titanio (Ti), según una realización dada a conocer en el presente documento.

Las figuras 6A-6B son imágenes SEM de puntos de platino (Pt) sobre un sustrato poroso de titanio (Ti), según una realización dada a conocer en el presente documento.

La figura 7 es una imagen SEM de puntos de rutenio (Ru) sobre un sustrato de titanio (Ti), según una realización dada a conocer en el presente documento.

15 La figura 8 es una imagen SEM de puntos de plata (Ag) sobre un sustrato de titanio (Ti), según una realización dada a conocer en el presente documento.

La figura 9 es una celda electrolítica de ejemplo en la que se pueden utilizar las realizaciones dadas a conocer en el presente documento.

Descripción detallada

20 La presente invención se refiere al método de la reivindicación independiente 1 y al electrolizador de la reivindicación independiente 4.

25 En la siguiente descripción detallada, se expone una pluralidad de detalles específicos, tales como tipos de materiales y dimensiones, para proporcionar una comprensión completa de las realizaciones preferidas que se comentan a continuación. Los detalles comentados en relación con las realizaciones preferidas no deben entenderse como limitantes de las presentes invenciones. Además, para facilitar la comprensión, determinadas etapas del método se delinean como etapas separadas; sin embargo, estas etapas no deben interpretarse como necesariamente distintos ni dependen del orden en su rendimiento.

30 Un objeto de las realizaciones dadas a conocer en el presente documento es proporcionar una estructura de superficie metálica y un proceso de tratamiento para evitar la corrosión (es decir, tanto la oxidación de alto potencial electroquímico como la fragilización por hidrógeno) de un componente metálico utilizado en las condiciones operativas del electrolizador. La escala de la superficie de óxido de una placa metálica se usa para evitar la corrosión, y los materiales conductores de la electricidad, como por ejemplo, metales preciosos o carbono, se usan para proporcionar la conductancia eléctrica de la superficie de los componentes metálicos.

35 Una ventaja de los métodos dados a conocer es que pueden producir, a un bajo coste, componentes metálicos para electrolizadores que necesitan alta conductancia eléctrica y resistencia a la corrosión para una operación a largo plazo.

40 Se proporciona un método para usar la combinación de una capa gruesa de óxido de superficie de metal y materiales de recubrimiento eléctricamente conductores y químicamente inertes para proteger los componentes metálicos en los electrolizadores. La combinación de estos dos materiales eliminará la necesidad de un recubrimiento eléctricamente conductor perfecto y sin defectos para la protección contra la corrosión del metal.

El material metálico base podría ser titanio (Ti), niobio (Nb), tantalio (Ta), acero inoxidable y níquel. El titanio es el material preferido en la mayoría de las aplicaciones.

45 El material eléctricamente conductor y químicamente inerte (resistente a la corrosión) podría ser metales preciosos y carbono. El platino (Pt) es el material preferido utilizado en los componentes para la cámara de oxígeno. El carbono, el oro (Au) y el rutenio (Ru) son los materiales preferidos para los componentes en la cámara de hidrógeno. Sin embargo, debe apreciarse que cualquier metal precioso tal como, por ejemplo, plata (Ag), rutenio (Ru) o indio (IR) podría usarse en los componentes de las cámaras. Cualquier proceso de deposición convencional podría usarse para la deposición de estos materiales sobre la superficie del sustrato. Para metales preciosos, una técnica de rociado térmico es el proceso preferido. Para el carbono, la deposición física de vapor (PVD) es el proceso preferido.

50 La cobertura de la superficie del material conductor sobre el sustrato está en el intervalo del 0,5-99,9%. En el caso de los metales preciosos, la cobertura es lo más baja posible para reducir los costes. La cobertura preferida es inferior al 50% o al 20%. En el caso de utilizar carbono para la cámara de hidrógeno, la cobertura puede ser cercana al 100% (con la excepción de los defectos inevitables). En una realización, el intervalo de espesor de la capa de

óxido es de 1 nm -1.000 nm, el intervalo preferido está entre 10 nm y 100 nm.

Los materiales conductores pueden estar en forma de islas aisladas, puntos conectados o todo el recubrimiento de la superficie, según se desee.

5 La capa de óxido gruesa se hace crecer sobre la superficie de la placa de metal (que tiene una capa de óxido fina nativa) después de que se deposite el material conductor. La capa de óxido puede hacerse crecer mediante anodización, oxidación térmica, oxidación por plasma o cualquier otro método de oxidación similar. El proceso preferido es la oxidación térmica en aire o en una atmósfera controlada. Esta capa de óxido debería mejorar la resistencia a la oxidación electroquímica de los componentes metálicos en la cámara de oxígeno y bloquear la absorción de hidrógeno en la cámara de hidrógeno. Cuando se utiliza un proceso de rociado térmico para la deposición de los materiales conductores, la capa de óxido gruesa puede crecer al mismo tiempo. Alternativamente, 10 la capa de óxido sobre la superficie del sustrato metálico puede hacerse crecer almacenando el sustrato metálico en oxígeno o en un entorno que contenga agua durante un período de tiempo suficientemente largo.

15 En el caso de una GDL para la cámara de oxígeno, se deposita una malla metálica, una pantalla metálica o una placa porosa con pequeñas cantidades de metal precioso que cubren una pequeña parte de la superficie exterior. La capa de óxido puede hacerse crecer sobre el resto de la superficie mediante oxidación térmica antes de ensamblarla en el electrolizador, o anodizando dentro del electrolizador sin tratamiento adicional.

20 En el caso de una placa bipolar, el material conductor utilizado en el lado del oxígeno y el lado del hidrógeno podría ser diferente. En un ejemplo, la capa de óxido gruesa se hace crecer sobre el lado de hidrógeno antes de que la placa bipolar se ensamble en una pila de electrolizador. En otro ejemplo, la capa de óxido puede hacerse crecer después de que la pila se haya ensamblado y almacenado durante un período de tiempo suficientemente largo, al tener las placas en contacto con oxígeno o agua en la pila.

25 En una realización adecuada para placas bipolares metálicas, como se muestra en la figura 1A, las islas 11 de platino aisladas se depositan sobre un lado de la superficie 12 de una placa metálica, y las islas 13 de oro aisladas se depositan sobre el otro lado de la superficie 12 de la placa metálica. Luego, se forma una capa 14 de óxido gruesa sobre la superficie de la placa (excepto las áreas cubiertas por las islas de oro y platino). El lado de la placa con las islas 11 de platino se usa para la cámara de oxígeno, y el otro lado con las islas 13 de oro se usa para la cámara de hidrógeno. La capa 14 de óxido de superficie gruesa se usa para evitar la absorción de hidrógeno a la placa 12 de metal. En la figura 1B se muestra una variación de esta realización. La capa 14A de óxido gruesa solo crece sobre el lado de la placa 12A de metal que tiene los puntos 13A de oro, que se usa en la cámara de hidrógeno. El platino 11A es igual que las islas 11 de platino que se muestran en la figura 1A. 30

35 En otra realización adecuada para placas bipolares de metal, como se muestra en la figura 2A, las islas 21 de platino aisladas se depositan sobre un lado de la superficie 22 de una placa de metal, y se deposita una capa 23 de carbono sobre el otro lado de la placa 22 de metal. Desde un punto de vista práctico, el recubrimiento de carbono tendrá algunos defectos 24, como agujeritos y microgrietas. Las partes de la superficie 22 de la placa metálica debajo de estos defectos 24 no estarán cubiertas por el carbono 23. Por tanto, se hace crecer una capa 25 de óxido gruesa sobre las áreas de defecto 24 y las áreas en el otro lado de la placa 22 metálica que no están cubiertas por puntos 21 de platino para proteger la placa 22 de metal. El lado de la placa con las islas 21 de platino se usa para la cámara de oxígeno, y el otro lado con el recubrimiento 23 de carbono se usa para la cámara de hidrógeno. La capa 23 de carbono y la capa 25 de óxido gruesa juntas cubren completamente la superficie metálica en la cámara de hidrógeno para evitar la absorción de hidrógeno en la placa 22 metálica. En la figura 2B se muestra una variación de esta realización. La capa 25A de óxido gruesa solo crece sobre los defectos 24A de la capa de carbono, sobre el lado recubierto de carbono de la placa 22A metálica, que se utiliza en la cámara de hidrógeno. Las islas 21A de platino son iguales que las islas 21 de platino que se muestran en la figura 2A. 40

45 Una realización adicional adecuada para una capa de difusión de gas usada en la cámara de oxígeno se muestra en la figura 3. Se utiliza una pantalla metálica o placa 33 metálica porosa como material de sustrato y se depositan las islas 32 de platino aisladas sobre las superficies exteriores del sustrato 33. Las islas 32 de platino se utilizarán como puntos de contacto eléctrico de la GDL para transportar electrones entre el electrodo y las placas bipolares cuando se usen en un electrolizador.

50 En una aplicación de ejemplo según los principios dados a conocer, se utiliza una placa de titanio densa, de 0,1 mm de espesor como material de sustrato para una placa bipolar. Las partículas de platino se pulverizan térmicamente sobre un lado de la superficie de la placa y las partículas de oro se pulverizan sobre el otro lado de la superficie de la placa. Tanto el platino como el oro cubren aproximadamente el 10% de la superficie de la placa en forma de pequeñas islas/puntos. Luego, la placa se trata con calor en aire para hacer crecer la capa de óxido. Una forma de medir la viabilidad de esta aplicación es medir su resistencia eléctrica de la placa pasante (TPR). La resistencia eléctrica de la placa pasante (TPR) se mide intercalando una placa de titanio entre dos papeles de carbono porosos (TGP-H-060 Toray Paper) a la presión de compresión entre 0,34 y 1,72 MPa (50 y 250 psi), que se muestra gráficamente en la figura 4. La curva 41 es la TPR de una placa de titanio (Ti) con islas de platino (Pt) y oro (Au), como se da a conocer en el presente documento. La curva 42 es la TPR de una placa de titanio (Ti) sin las islas de platino (Pt) y oro (Au). La comparación de la figura 4 muestra que las islas de platino y oro reducen efectivamente la 55

TPR de la placa de titanio. Las imágenes de microscopía electrónica de barrido (SEM) de las islas/puntos de oro (Au) 51 y platino (Pt) 52 sobre una placa de titanio (Ti) se muestran respectivamente en las figuras 5A y 5B.

5 Como se indicó anteriormente, las realizaciones dadas a conocer serán resistentes a la fragilización por hidrógeno. Esta resistencia a la fragilización por hidrógeno se demuestra en el siguiente experimento. Se utiliza una placa de titanio puro comercial como sustrato para el experimento. Algunas placas se depositan con islas de platino (Pt) y algunas placas se depositan con islas de oro (Au) mediante un proceso de rociado térmico. Después de las deposiciones de platino u oro, las placas se oxidan en aire a alta temperatura. El experimento de fragilización por hidrógeno se lleva a cabo colocando las placas con islas de platino u oro en una atmósfera de hidrógeno a 5,24 MPa (760 psi) y manteniéndolas a aproximadamente 100°C durante 1000 horas. Luego, el contenido de hidrógeno en las placas se analiza mediante análisis químico elemental. Se encontró que la concentración de hidrógeno en las placas con islas de oro es de 73 partes por millón (ppm), que es aproximadamente la misma concentración que el material original antes de la prueba de hidrógeno a alta presión. Por otro lado, la concentración de hidrógeno en las placas con islas de platino aumenta hasta 720 ppm en las mismas condiciones. Este experimento muestra que el uso de islas de oro y la capa de superficie de óxido de titanio puede evitar la corrosión de fragilización por hidrógeno para las placas de metal en la cámara de hidrógeno de los electrolizadores.

10 En otra aplicación según los principios dados a conocer, se utiliza una placa de titanio denso como material de sustrato para una placa bipolar. El platino se usa en el lado de oxígeno y el carbono se usa en el lado de hidrógeno. Después de que tanto el platino como el carbono se depositen sobre la superficie de la placa de titanio, la placa de titanio se trata térmicamente en argón con una cantidad mínima de oxígeno para hacer crecer la capa de óxido gruesa para cubrir la superficie de titanio que está expuesta por los defectos del recubrimiento de carbono. La cantidad mínima de oxígeno en el argón no puede oxidar el carbono, pero puede oxidar el titanio debido a la diferencia de energía libre de reacción entre el carbono y las reacciones de titanio con el oxígeno. La capa de óxido de carbono y titanio juntas pueden cubrir completamente el sustrato de titanio para protegerlo de la fragilización por hidrógeno.

25 Como se mencionó anteriormente, se utiliza una placa de titanio poroso como sustrato para la GDL para la cámara de oxígeno. El tamaño de los poros de la placa está determinado por la presión operativa del electrolizador. El platino se deposita sobre la superficie exterior de la placa. La cobertura del platino sobre la superficie exterior del titanio es, por ejemplo, del 10-20%. Las imágenes SEM de los puntos 61, 62 de platino sobre el titanio poroso se muestran en las figuras 6A-6B.

30 En otra aplicación según los principios dados a conocer, se utiliza una placa de titanio densa, de 0,1 mm de espesor como material de sustrato para una placa bipolar. Las partículas de platino se pulverizan térmicamente sobre un lado de la superficie de la placa y las partículas de rutenio (Ru) se pulverizan sobre el otro lado de la superficie de la placa. Tanto el platino (Pt) como el rutenio (Ru) sobre las superficies de la placa tienen la forma de pequeñas islas. Luego la placa se trata con calor en aire para hacer crecer la capa de óxido. En la figura 7 se muestra una imagen SEM de las islas de rutenio (Ru) 71 sobre la placa de titanio (Ti).

35 En otra aplicación según los principios dados a conocer, se utiliza una placa de titanio densa, de 0,1 mm de espesor como material de sustrato para una placa bipolar. Las partículas de platino se pulverizan térmicamente sobre un lado de la superficie de la placa, y una disolución de nitrito de plata se pulveriza térmicamente sobre el otro lado de la superficie de la placa. El nitrito de plata se descompondrá en metal plateado en la llama de alta temperatura y se depositará sobre la superficie de la placa como partículas de metal plateado. Tanto el platino como la plata sobre la superficie de la placa estarán en forma de pequeñas islas. Luego, la placa se trata con calor en aire para hacer crecer la capa de óxido. En la figura 8 se muestra una imagen SEM de la plata (Ag) 81 sobre la placa de titanio (Ti).

40 Como se mencionó anteriormente, los sustratos metálicos tratados dados a conocer podrían usarse como una placa bipolar de una sola pieza y/o una capa de difusión de gas oxígeno en una celda de electrolizador, cuyo ejemplo se muestra en la figura 9. La figura 9 ilustra un diagrama esquemático simplificado de una membrana de intercambio de protones (PEM) o un módulo de celdas de electrolizador de membrana de intercambio alcalino (AEM), simplemente denominado módulo 600 de celdas de electrolizador a continuación en el presente documento. La pila de electrolizadores se construye con varios módulos 600 de celdas de repetición, que incluye un electrolito 621, un catalizador 622 de cátodo para la generación de hidrógeno, una capa 623 de difusión de gas hidrógeno, un catalizador 624 de ánodo para la generación de oxígeno, una capa 625 de difusión de gas oxígeno y una placa bipolar separada bipolar, cuya operación es bien conocida en la técnica.

55 Como se mencionó anteriormente, debe apreciarse que las realizaciones dadas a conocer en el presente documento no están limitadas a las características específicas comentadas anteriormente. Por ejemplo, las condiciones de crecimiento enumeradas en el presente documento son meros ejemplos y debe apreciarse que el crecimiento puede ocurrir antes de que el sustrato se coloque dentro del dispositivo o después. El proceso exacto utilizado (es decir, oxidación térmica, anodización, oxidación por plasma) dependerá del tipo de aplicación o los costes de procesamiento.

5 Los ejemplos anteriores se proporcionan simplemente con el propósito de explicación y de ninguna manera deben interpretarse como limitativos. Si bien se hace referencia a diversas realizaciones, las palabras utilizadas en el presente documento son palabras de descripción e ilustración, en lugar de palabras de limitación. Además, aunque se muestran referencias a medios particulares, materiales y realizaciones, no hay limitación a los detalles dados a conocer en el presente documento. Más bien, las realizaciones se extienden a todas las estructuras, métodos y usos funcionalmente equivalentes, tales como los que están dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Método de recubrimiento de un sustrato metálico para su uso como una placa en un electrolizador, comprendiendo dicho método:
- proporcionar el sustrato metálico;
- 5 depositar una pluralidad de primeras islas de metales preciosos sobre una primera superficie del sustrato metálico, seleccionándose el primer metal precioso entre oro, rutenio y plata;
- depositar una pluralidad de segundas islas de metales preciosos sobre una segunda superficie del sustrato metálico, siendo el segundo metal precioso platino; y
- 10 hacer crecer un óxido sobre las superficies primera y segunda en áreas que no están cubiertas por las islas de metales preciosos primera y segunda, haciéndose crecer respectivamente dichas capas de óxido crecidas sobre la parte superior de una capa de óxido fina nativa de las superficies primera y segunda del sustrato metálico después de que se deposite la pluralidad de las islas de metales preciosos primera y segunda, en el que el espesor de las capas de óxido crecidas está entre 10 nm y 100 nm, y en el que el sustrato metálico es titanio y el óxido es óxido de titanio.
- 15 2. Método según la reivindicación 1, en el que las capas de óxido crecidas se hacen crecer usando un proceso de oxidación térmica.
3. Método según la reivindicación 2, en el que el proceso de oxidación térmica se realiza en aire o en un entorno que contiene oxígeno.
4. Electrolizador que comprende una placa, comprendiendo la placa:
- 20 un sustrato metálico;
- una pluralidad de primeras islas de metales preciosos sobre una primera superficie del sustrato metálico, seleccionándose el primer metal precioso entre oro, rutenio y plata;
- una pluralidad de segundas islas de metales preciosos sobre una segunda superficie del sustrato metálico, siendo el segundo metal precioso platino;
- 25 una primera capa de óxido crecida sobre áreas de la primera superficie que no están cubiertas por las primeras islas de metales preciosos; y,
- una segunda capa de óxido crecida sobre áreas de la segunda superficie que no están cubiertas por las segundas islas de metales preciosos;
- 30 pudiéndose obtener respectivamente dichas capas de óxido crecidas haciendo crecer sobre una capa de óxido fina nativa de las superficies primera y segunda del sustrato metálico después de que se deposite la pluralidad de las islas de metales preciosos primera y segunda, en el que el espesor de las capas de óxido crecidas está entre 10 nm y 100 nm, y en el que el sustrato metálico es titanio y el óxido es óxido de titanio.
5. Electrolizador que comprende una placa según la reivindicación 4, en el que las capas de óxido crecidas primera y segunda se hacen crecer usando un proceso de oxidación térmica.
- 35

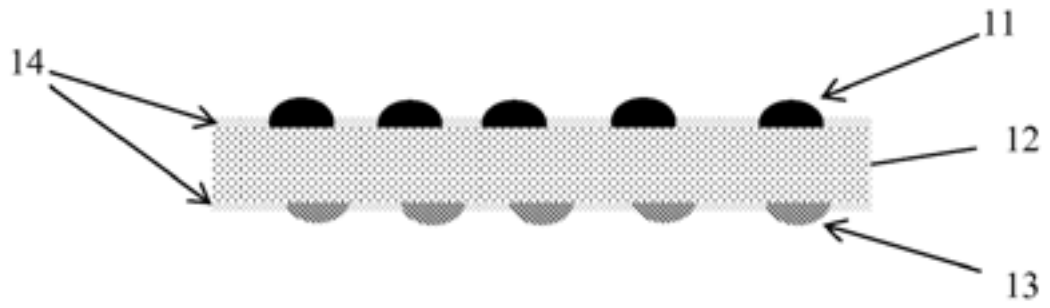


Figura 1A

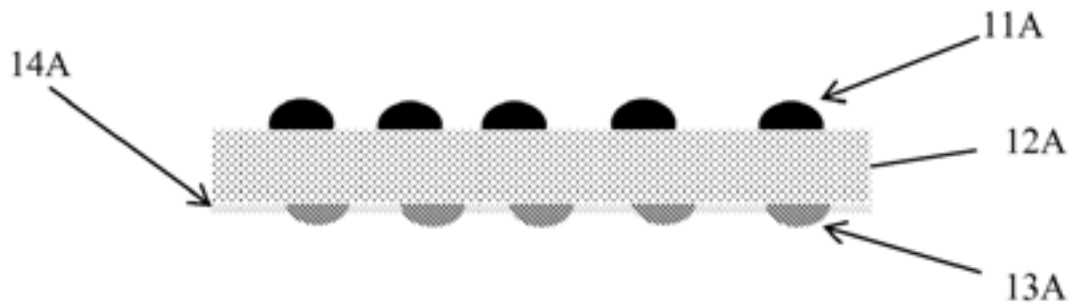


Figura 1B

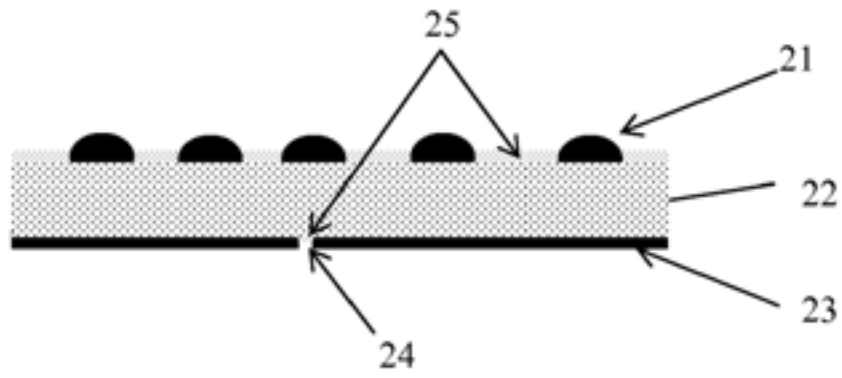


Figura 2A

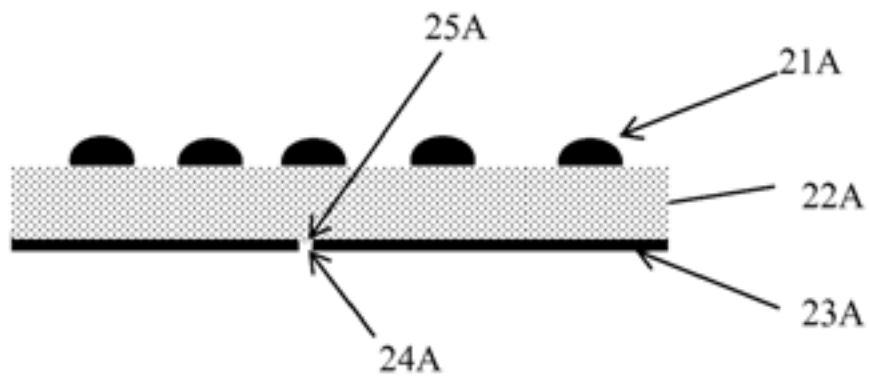


Figura 2B

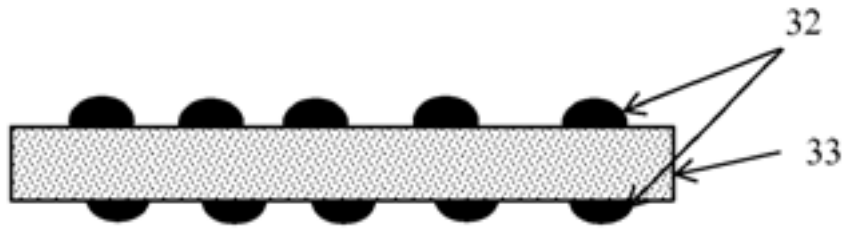


Figura 3

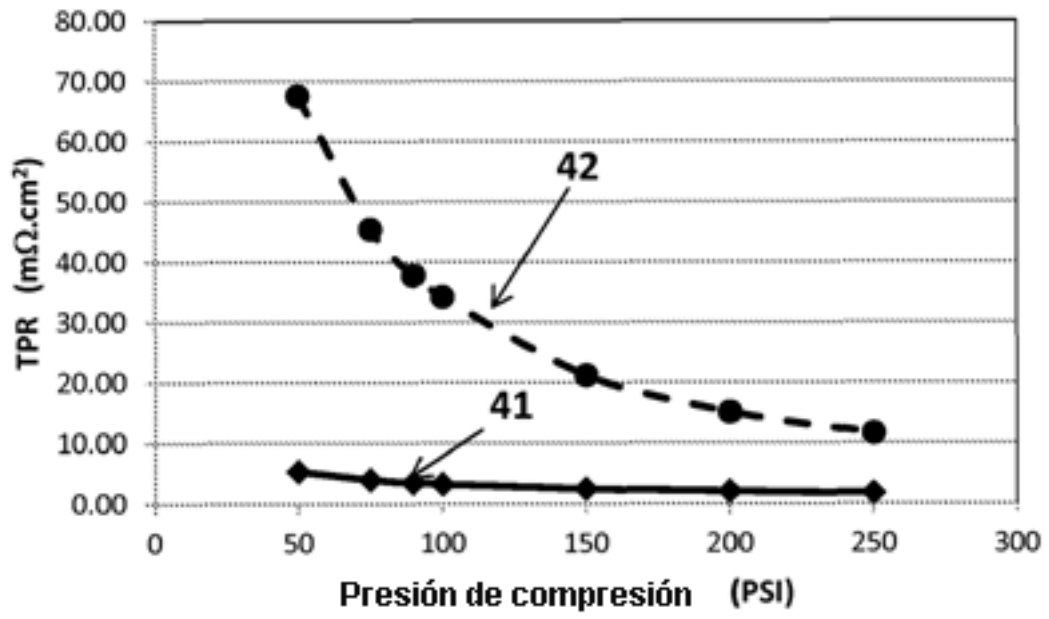


Figura 4

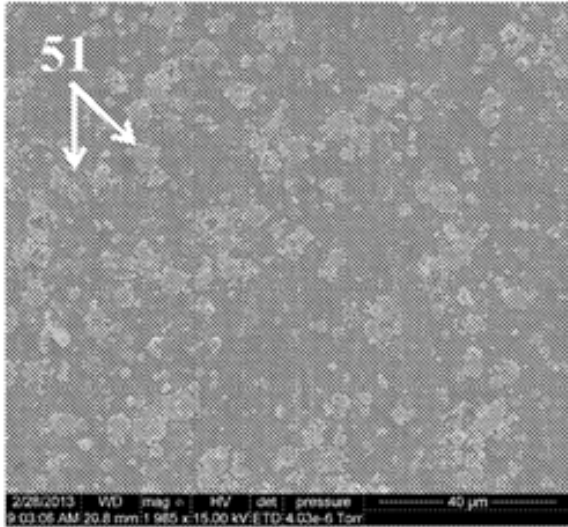


Figura 5A

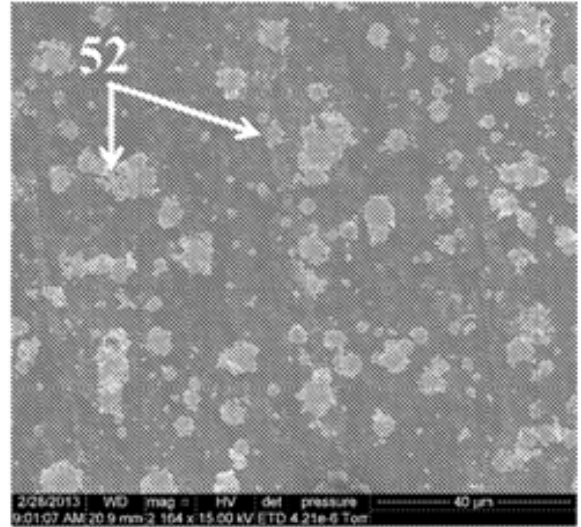


Figura 5B

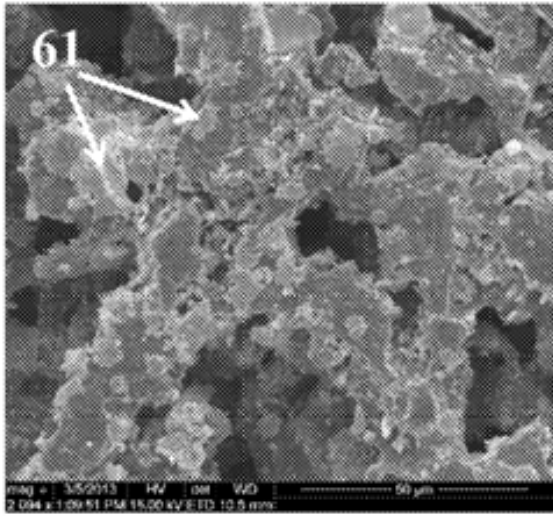


Figura 6A

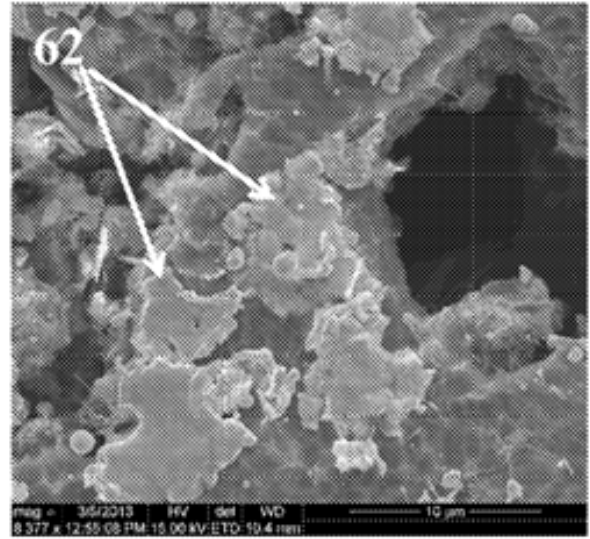


Figura 6B

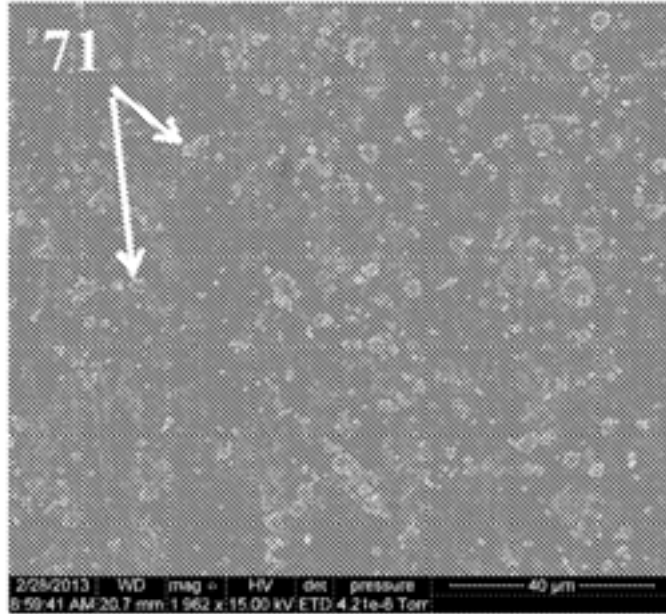


Figura 7

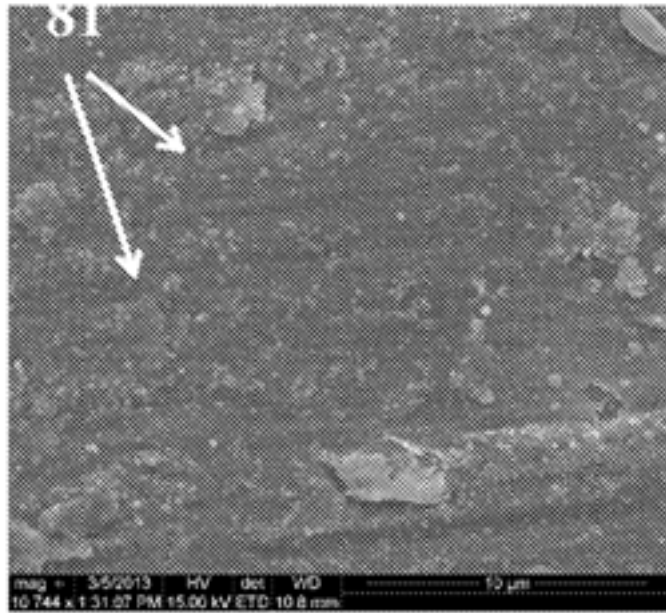


Figura 8

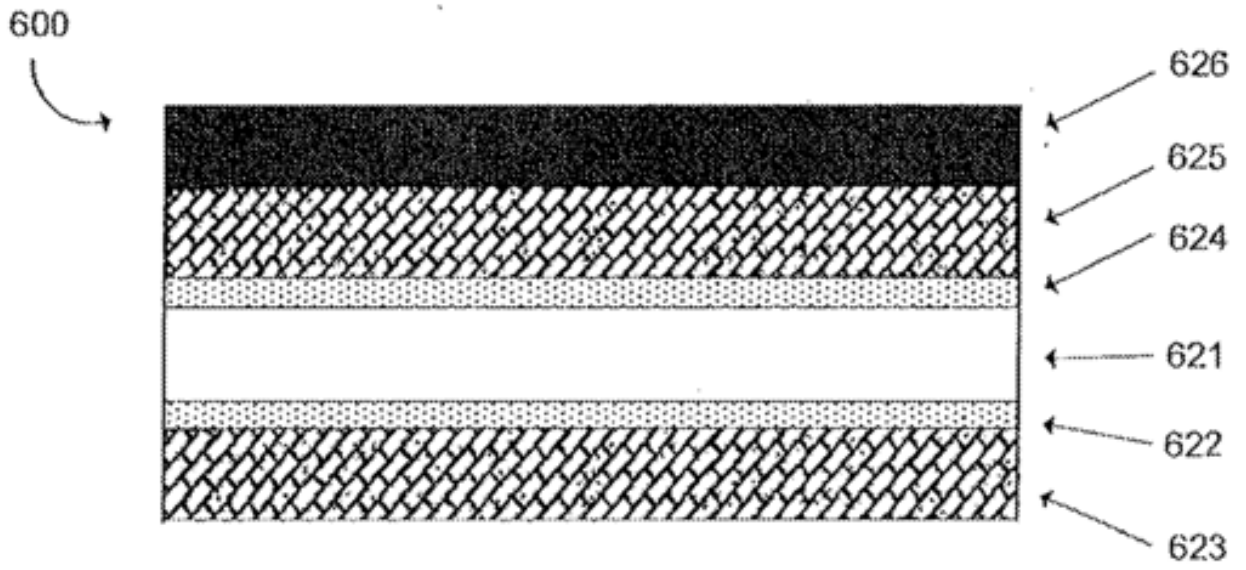


Figura 9