

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 717 848**

51 Int. Cl.:

C23C 8/10 (2006.01)

H01M 8/021 (2006.01)

H01M 8/0228 (2006.01)

H01M 8/124 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.02.2016 PCT/GB2016/050288**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.08.2016 WO16128721**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.02.2016 E 16703849 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.01.2019 EP 3256617**

54 Título: **Dispositivo de interconexión para una celda de combustible de óxido sólido de baja temperatura**

30 Prioridad:

10.02.2015 GB 201502197

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

25.06.2019

73 Titular/es:

CERES INTELLECTUAL PROPERTY COMPANY LIMITED (100.0%)

Viking House Foundry Lane Horsham West Sussex RH13 5PX, GB

72 Inventor/es:

LEAH, ROBERT y SELCUK, AHMET

74 Agente/Representante:

DURAN-CORRETJER, S.L.P

ES 2 717 848 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

Dispositivo de interconexión para una celda de combustible de óxido sólido de baja temperatura

5 Sector

La invención se refiere a un dispositivo de interconexión para una celda de combustible de óxido sólido de baja temperatura, en concreto, a un dispositivo de interconexión que comprende una capa de óxido de cromo (óxido de cromo (III)/cromia). Asimismo se describe un proceso para fabricar el dispositivo de interconexión, pilas de celdas de combustible de interconexión que incluyen el dispositivo de interconexión y su uso en la generación de energía eléctrica.

Antecedentes

15 Una celda de combustible de óxido sólido (SOFC) es un dispositivo electroquímico para la generación de energía eléctrica a través de la oxidación electroquímica de un gas combustible (que habitualmente contiene hidrógeno). El dispositivo utiliza habitualmente una cerámica derivada de un óxido metálico que conduce iones de oxígeno como su electrolito. Las celdas de combustible individuales están conectadas a través de dispositivos de interconexión para formar pilas de celdas de combustible. El dispositivo de interconexión proporciona trayectorias de flujo de gas a las celdas y desde las mismas y aleja la corriente eléctrica de las celdas.

Un dispositivo de interconexión efectivo debe ser impermeable al gas, para impedir la mezcla del oxidante de un lado del dispositivo de interconexión con el combustible del otro lado del dispositivo de interconexión; tener una elevada conductividad eléctrica, para permitir la transferencia de la corriente eléctrica hacia afuera de la celda, con una baja resistencia de contacto en la interfaz dispositivo de interconexión/electrodo. Además, es deseable una elevada conductividad térmica para permitir la transferencia de calor lejos de las celdas individuales, y para distribuir uniformemente la carga de calor dentro de la pila de celdas de combustible, reduciendo así las tensiones térmicas asociadas con los cambios de temperatura en una capa de celdas de combustible y dentro de la pila de celdas de combustible. Además, el dispositivo de interconexión debe tener un coeficiente de expansión térmica similar al de los componentes de la celda, para minimizar la tensión mecánica durante los ciclos. El dispositivo de interconexión también debe ser estable a las condiciones que se encuentran en la pila, por ejemplo, tener una buena estabilidad química en relación con el combustible y el oxidante, y una buena estabilidad mecánica a las temperaturas de funcionamiento. Además, el dispositivo de interconexión y el sustrato de la celda de combustible con soporte metálico deben tener características de expansión térmica bien adaptadas en el intervalo de la temperatura de funcionamiento, durante el funcionamiento de la celda de combustible. El dispositivo de interconexión también debe permitir procedimientos simples de unión al sustrato de la celda de combustible con soporte metálico, para permitir que se forme un cierre hermético al gas y para permitir una transferencia de corriente eficiente y una unión robusta durante la vida útil de la celda de combustible con soporte metálico y de la pila. Esta unión se realiza simplemente soldando el dispositivo de interconexión al sustrato metálico, tal como mediante soldadura por láser del dispositivo de interconexión al lado del combustible del sustrato con soporte metálico.

La SOFC funciona habitualmente a temperaturas en el intervalo de 700 a 900°C, sin embargo, el funcionamiento a dichas altas temperaturas da lugar a tiempos de arranque prolongados, y a la necesidad de utilizar materiales especializados que son resistentes a exposiciones prolongadas a altas temperaturas. El solicitante ha desarrollado SOFC que pueden funcionar a menores temperaturas (por ejemplo, a menos de 650°C) como se ejemplifica mediante su patente GB 2,368,450, que describe una SOFC con soporte metálico.

Sin embargo, un problema asociado con las SOFC de baja temperatura es la formación lenta de una incrustación de óxido de cromo pasivante en los componentes metálicos (por ejemplo, en los sustratos de acero inoxidable y en los dispositivos de interconexión). La incrustación forma una capa protectora sobre el acero, lo que impide la corrosión. A temperaturas inferiores a los 650°C, la velocidad de difusión del cromo de un acero a su superficie es baja. Además, cuando la superficie de acero está expuesta al flujo de aire humidificado (como suele ser el caso), tal como en el lado oxidante del dispositivo de interconexión durante el funcionamiento de la celda de combustible, la formación lenta de la incrustación de óxido de cromo puede hacer que se evapore más rápidamente de cómo se forma, dejando el acero desprotegido. Además, en el entorno de funcionamiento de un dispositivo de interconexión de SOFC con soporte metálico, la corrosión del acero puede acelerarse en el lado oxidante (el lado expuesto al aire), ya que el hidrógeno puede difundirse a través del acero desde el lado del combustible del dispositivo de interconexión. Esto fomenta la formación de óxidos de hierro en el lado oxidante del acero, provocando la corrosión del acero del dispositivo de interconexión en lugar de pasivación.

A la vista de esto, se ha propuesto proteger de la corrosión a los dispositivos de interconexión de una pila de SOFC de baja temperatura disponiendo una placa de interconexión que está fabricada de acero inoxidable ferrítico, que está recubierta en el lado oxidante, impidiendo el recubrimiento la evaporación de cromo de la superficie. No obstante, si bien este procedimiento tiene el beneficio de que la resistencia de contacto sigue siendo aceptablemente baja, la formación de la capa de cromia resulta impredecible por lo que aún puede tener lugar la corrosión del acero, concretamente, en la zona de interconexión. La invención pretende superar o mejorar, por lo

menos, algunos aspectos de este problema.

Características

5 En consecuencia, en un primer aspecto de la invención se da a conocer un dispositivo de interconexión para una celda de combustible de óxido sólido de baja temperatura, comprendiendo el dispositivo de interconexión:

un sustrato de acero inoxidable que comprende una primera superficie y una segunda superficie;

10 una capa que comprende óxido de cromo sobre la primera superficie del sustrato, en el que la capa de óxido de cromo tiene un grosor en el intervalo de 350 a 600 nm; y

un recubrimiento de óxido metálico sobre la capa de óxido de cromo, en el que el dispositivo de interconexión comprende, además, una capa de alúmina sobre la segunda superficie del sustrato.

15 Para evitar dudas, tal como se utiliza en el presente documento, el término "celda de combustible de óxido sólido de baja temperatura" se refiere a una celda de combustible de óxido sólido que funciona a una temperatura en el intervalo de 450 a 650°C, más a menudo en el intervalo de 500 a 620°C o de 520 a 570°C. Esto se contrapone a las celdas de combustible de óxido sólido convencionales que funcionan a temperaturas superiores a los 650°C, a menudo superiores a los 700°C. El dispositivo de interconexión está protegido frente a corrosión mediante la capa de óxido de cromo. La prevención de la corrosión garantiza que la integridad estructural del dispositivo de interconexión se mantiene durante la vida útil de la pila de celdas de combustible. Esto permite que el dispositivo de interconexión realice su función de soporte, y minimiza la porosidad del dispositivo de interconexión, garantizando que no se mezclan los gases del combustible y del oxidante.

25 El dispositivo de interconexión anterior tiene la ventaja de que supera el problema del funcionamiento de SOFC de baja temperatura, en el que la captación de corriente en el lado del cátodo se realiza habitualmente a través de la capa de óxido de cromo en el acero adyacente al dispositivo de interconexión. Como la cromia es un semiconductor, su conductividad electrónica aumenta exponencialmente con el aumento de la temperatura. Por lo tanto, a las temperaturas de funcionamiento de las SOFC de baja temperatura, la resistencia de un grosor determinado de cromia será muchas veces mayor que la observada a temperaturas de funcionamiento de las SOFC convencionales de temperaturas más elevadas. Por tanto, es cada vez más importante en los sistemas de baja temperatura que la incrustación de cromia no sea más gruesa de lo necesario para proteger el acero. El solicitante ha encontrado que el equilibrio óptimo de protección contra la corrosión en relación con la resistencia está en el intervalo de 350 a 600 nm, a menudo de 350 a 500 nm, o de 350 a 450 nm.

35 Tal como se usa en el presente documento, el término "capa" se refiere a capas completas de la sustancia descrita, de manera que cuando la capa es un recubrimiento, el recubrimiento cubrirá sustancialmente toda la capa a recubrir, o cuando la capa sea una capa intermedia, separará las capas de cada lado de tal manera que no estén en contacto directo entre sí. Como tal, una capa puede comprender una cobertura del 100%, a menudo por lo menos una cobertura del 99%.

40 Cuando se hace referencia a que una capa o recubrimiento está "sobre" una superficie, o similar, en general se entiende que significa en contacto físico o químico directo con la superficie, sin que haya capas o sustancias intermedias. Sin embargo, es posible, en algunos casos, que el contacto sea indirecto, y la presencia de capas intermedias no se excluye específicamente.

45 A menudo ocurrirá que la capa de óxido de cromo es una incrustación de óxido, ya que mientras que una capa de óxido de cromo podría aplicarse al acero (por ejemplo, cuando el sustrato de acero es un acero de bajo contenido de cromo), la disposición de una capa separada introduce una complejidad de fabricación no deseada, que se puede evitar mediante la explotación de la incrustación de óxido que se forma de manera natural en las condiciones de funcionamiento de la celda. Tal como se usa en el presente documento, el término "incrustación" significa una capa compuesta de placas de material, que como se comprenderá es común para las incrustaciones de cromia en la técnica.

50 El dispositivo de interconexión comprenderá, además, una capa de óxido de aluminio (alúmina) sobre la segunda superficie del sustrato. A menudo ocurrirá que la primera superficie del sustrato se encuentre en el lado del aire/oxidante del dispositivo de interconexión, y la segunda superficie del sustrato se encuentra en el lado del combustible del dispositivo de interconexión. La presencia de la capa de alúmina impide la formación de una incrustación de cromia sobre la segunda superficie del sustrato. La capa de alúmina proporciona resistencia a la corrosión de los gases del combustible que contienen carbono e inhibe la difusión de hidrógeno en el acero, proporcionando así cierta protección contra la corrosión en el lado orientado hacia el aire.

55 Habitualmente, el acero o el acero inoxidable comprenderá del 17 al 25% en peso de cromo, esto permite la formación de una capa estable de óxido de cromo, a través de la difusión del cromo en la superficie del acero. A menudo, se utilizará un acero inoxidable ferrítico, por ejemplo del grado SS441, SS444, SS430, Sandvik Sanergy

HT, VDM Crofer 22APU, VDM Crofer 22H o Hitachi ZMG232.

A menudo el óxido metálico comprende un óxido metálico seleccionado de entre óxido de cobalto, óxido de cobalto y manganeso, óxido de cobre o combinaciones de los mismos. A menudo, el recubrimiento será óxido de cobalto, ya que a bajas temperaturas ($< 900^{\circ}\text{C}$), el óxido de cobalto es significativamente más conductor que la cromia, tiende a formar capas densas (evitando así la evaporación del cromo), no se considera nocivo para el cátodo de la celda de combustible y no reacciona con el sustrato de acero de la celda de combustible con soporte metálico. Asimismo puede formarse por la oxidación del cobalto metálico, mientras que los óxidos más complejos (normalmente óxidos mixtos de manganeso-cobalto) pueden ser más difíciles de depositar en forma metálica. No obstante, se puede usar cualquier recubrimiento no volátil, eléctricamente conductor que pueda hacerse suficientemente denso para impedir la evaporación del cromo de la superficie del acero. Se puede añadir óxido de cerio al recubrimiento y tiene la ventaja de que inhibe la cinética del crecimiento del óxido permitiendo el uso de sustratos de acero que contienen concentraciones más bajas de cromo. A menudo, el recubrimiento de óxido metálico tiene un grosor en el intervalo de 0,5 a 20 μm , con estos grosores se puede evitar la evaporación del cromo, sin aumentar innecesariamente el grosor de la estructura del dispositivo de interconexión.

Se podría aplicar una pasta de contacto de cátodo o una capa de contacto al dispositivo de interconexión de la invención en los casos en los que se requiera una reducción de la resistencia de contacto entre el dispositivo de interconexión y el cátodo de la SOFC.

En un segundo aspecto de la invención se da a conocer un proceso para fabricar un dispositivo de interconexión para una celda de combustible de óxido sólido de baja temperatura, comprendiendo el proceso:

recubrir una primera superficie de sustrato de acero inoxidable con un óxido metálico para formar un sustrato recubierto; y

calentar el sustrato recubierto a una temperatura en el intervalo de 800 a 920 $^{\circ}\text{C}$, a menudo de 800 a 890 $^{\circ}\text{C}$, para formar una capa que comprende óxido de cromo entre la primera superficie y el recubrimiento de óxido metálico. Se ha encontrado que estos intervalos de temperatura son útiles ya que en estos intervalos se evita la formación de grandes cristales de espinela en la superficie (lo que eleva la resistencia de contacto). Además, a temperaturas más altas, cuando se usa el óxido de cobalto comienza a descomponerse. La formación de la capa de óxido de cromo, en general, una capa de incrustación de cromia, después del recubrimiento con el óxido metálico, impide la evaporación de la capa de cromia, dado que el recubrimiento ofrece protección a la capa de óxido de cromo emergente.

El calentamiento del sustrato a una temperatura significativamente superior a la temperatura de funcionamiento de la SOFC asegura el desarrollo rápido, controlado de la capa de óxido de cromo por debajo del recubrimiento de óxido metálico. Depender únicamente de la formación de la capa durante el funcionamiento podría tener como resultado una capa irregular, que puede no formarse inmediatamente después del primer funcionamiento de la pila, conduciendo dicho retraso a la oxidación (es decir, la corrosión) del sustrato. Esto podría conducir a una disminución de la conductividad eléctrica del dispositivo de interconexión y, por lo tanto, a una disminución de la captación de corriente.

A menudo el sustrato recubierto es calentado durante un tiempo en el intervalo de 3 a 6 horas. Calentar durante este tiempo es suficiente para garantizar la formación de la capa de óxido de cromo, sin degradar los componentes del dispositivo de interconexión y puede ser ventajoso desde el punto de vista de la fabricación ya que el proceso puede ser ejecutado durante la noche o dentro de una disposición de turnos habitual, estando el horno lo suficientemente frío como para abrirse y volverse a cargar para el siguiente turno. Sin embargo, el tiempo de calentamiento óptimo dependerá del sustrato de acero y cambiará de un lote a otro.

El recubrimiento se puede aplicar utilizando uno de los muchos procedimientos conocidos, que incluyen un procedimiento seleccionado de entre la sedimentación de vapor, la impresión, el procesamiento rollo a rollo, el recubrimiento por pulverización o combinaciones de los mismos. A menudo, el procedimiento utilizado será como se describe en el documento de patente U.S.A. 2009/0029187 (Schuisky y otros), cuyo contenido se incorpora por referencia en su totalidad al presente documento en la medida en que esté relacionado con el procedimiento de fabricación del producto. Por ejemplo, el procedimiento puede comprender proporcionar una capa metálica y una capa reactiva sobre el sustrato de acero inoxidable, dejar la capa metálica y la capa reactiva reaccionen entre sí o se difundan la una en la otra, y oxidar la capa metálica y la capa reactiva para formar el recubrimiento de óxido metálico.

El recubrimiento de la primera superficie del sustrato de acero inoxidable con el óxido metálico forma un sustrato recubierto, que puede ser procesado, a continuación, para proporcionar una forma de dispositivo de interconexión recubierto, que después es calentado como se ha descrito, o que es calentado como se ha descrito antes del procesamiento para formar el dispositivo de interconexión a partir del sustrato recubierto tratado térmicamente.

En un tercer aspecto de la invención se da a conocer un dispositivo de interconexión fabricado utilizando el proceso

según el segundo aspecto de la invención. En un cuarto aspecto, se da a conocer una pila de celdas de combustible que comprende, por lo menos, un dispositivo de interconexión según el primer aspecto de la invención. A menudo, en la pila de celdas de combustible, el recubrimiento de óxido metálico está en contacto con el aire que se suministra a la celda de combustible. En un quinto aspecto de la invención se da a conocer el uso de una pila de celdas de combustible del cuarto aspecto de la invención en la generación de energía eléctrica.

Un dispositivo de interconexión para una celda de combustible de óxido sólido de baja temperatura, comprendiendo el dispositivo de interconexión:

un sustrato de acero inoxidable que comprende una primera superficie y una segunda superficie, en el que el acero inoxidable comprende del 17 al 25% en peso de cromo, y es un acero inoxidable ferrítico;

una capa que comprende óxido de cromo sobre la primera superficie del sustrato, en el que la capa de óxido de cromo es una incrustación de óxido de grosor en el intervalo de 350 a 600 nm;

un recubrimiento de óxido metálico en la capa de óxido de cromo en el que el óxido metálico se selecciona de entre óxido de cobalto, óxido de manganeso y cobalto, óxido de cobre o combinaciones de los mismos y tiene un grosor en el intervalo de 0,5 a 20 μm ; y

una capa de óxido de aluminio sobre la segunda superficie del sustrato.

Un proceso para fabricar un dispositivo de interconexión para una celda de combustible de óxido sólido de baja temperatura, comprendiendo el proceso:

recubrir una primera superficie de sustrato de acero inoxidable para ser utilizado en el dispositivo de interconexión con un óxido metálico utilizando un procedimiento seleccionado de entre la sedimentación de vapor, la impresión, el procesamiento rollo a rollo, el recubrimiento por pulverización o combinaciones de los mismos para formar un sustrato recubierto; y formar el dispositivo de interconexión a partir del sustrato de dispositivo de interconexión recubierto para generar una forma de dispositivo de interconexión recubierto; y, a continuación,

calentar la forma de dispositivo de interconexión recubierto a una temperatura en el intervalo de 800 a 920°C durante un tiempo en el intervalo de 3 a 6 horas para formar una capa que comprende óxido de cromo entre la primera superficie y el recubrimiento de óxido metálico; o

calentar el sustrato recubierto a una temperatura en el intervalo de 800 a 920°C durante un tiempo en el intervalo de 3 a 6 horas para formar una capa que comprende óxido de cromo entre la primera superficie y el recubrimiento de óxido metálico; y, a continuación, formar el dispositivo de interconexión a partir del sustrato recubierto tratado térmicamente.

A menos que se indique otra cosa, cada uno de los números enteros descritos puede ser utilizado en combinación con cualesquiera otros números enteros, tal como comprenderá un experto en la materia. Además, aunque todos los aspectos de la invención preferentemente "comprenden" las características descritas en relación con ese aspecto, se prevé específicamente que estos puedan "consistir" o "consistan esencialmente" en las características descritas en las reivindicaciones. Adicionalmente, se pretende que todos los términos, a menos que se definan específicamente en el presente documento, tengan el significado comúnmente entendido en la técnica.

Además, en el análisis de la invención, a menos que se indique lo contrario, la divulgación de valores alternativos para el límite superior o inferior del intervalo permitido de un parámetro, se debe interpretar como una indicación implícita de que cada valor intermedio de dicho parámetro que se encuentre entre la alternativa menor y la mayor, también se da a conocer como un posible valor del parámetro.

Además, a menos que se indique lo contrario, se debe entender que todos los valores numéricos que aparecen en esta solicitud están modificados por el término "aproximadamente".

Breve descripción de los dibujos

Para que la invención pueda comprenderse más fácilmente, a continuación, se describirá adicionalmente con referencia a las figuras y a los ejemplos concretos.

La figura 1 muestra una sección transversal de SEM, de acero de interconexión recubierto con cobalto tal como es recibido antes del tratamiento térmico;

la figura 2 muestra una sección transversal de SEM del acero del dispositivo de interconexión de la figura 1 después del proceso de tratamiento térmico, comprendiendo el dispositivo de interconexión una capa de 350 nm de óxido de cromo;

la figura 3 muestra una sección transversal de SEM del lado del cátodo (aire) de un dispositivo de interconexión fabricado de acero del mismo lote que el mostrado en la figura 2 después de 8600 h (aproximadamente 1 año) de funcionamiento continuo de la pila a 570°C;

5 la figura 4 muestra una sección transversal de SEM de bajo aumento de un dispositivo de interconexión que comprende una capa de 200 nm de óxido de cromo, después del funcionamiento de la pila de SOFC;

10 la figura 5 es una representación mediante líneas de nivel obtenida experimentalmente para el acero del dispositivo de interconexión recubierto, que muestra el grosor de la incrustación de cromia en función del tiempo y de la temperatura del proceso de tratamiento térmico;

la figura 6 es un gráfico que muestra la relación entre el grosor de la incrustación de cromia en los dispositivos de interconexión y la componente de resistencia óhmica medida de una celda de SOFC en funcionamiento; y

15 las figuras 7a y 7b son imágenes de SEM de dispositivos de interconexión con tratamiento térmico previo, mostrando la figura 7a la rugosidad de la superficie en la que el tratamiento térmico es a una temperatura de 840°C durante 6 horas, y mostrando la figura 7b la rugosidad de la superficie en la que el tratamiento térmico es a una temperatura de 870°C durante 3 horas.

20 Ejemplos

La figura 1 muestra un dispositivo de interconexión -1- de acero que comprende una capa -5- de acero inoxidable ferrítico, con un recubrimiento -10- de espinela de óxido de cobalto. La figura 2 muestra que una capa -15- de óxido de cromo se forma tras el tratamiento térmico del acero inoxidable ferrítico recubierto con espinela recubierta con cobalto de la figura 1, a una temperatura de aproximadamente 870°C durante 4 horas. La incrustación -15- de cromia tiene un grosor de 350 nm. La figura 3 muestra el dispositivo de interconexión -1- de la figura 2 tras funcionar durante un año, como se puede observar, la capa -15- de óxido de cromo permanece intacta, y no ha crecido, lo que indica que la estructura -5- de la base de acero también permanece intacta y no se corroe durante el uso. La principal diferencia entre la figura 2 y la figura 3 es que el uso continuo del dispositivo de interconexión ha provocado cierta porosidad en la capa -10- de óxido metálico, no obstante, no hay signos de corrosión en el dispositivo de interconexión -1- y, por tanto, esta porosidad es aceptable.

35 No obstante, la figura 4 muestra un dispositivo de interconexión -1- tras un funcionamiento prolongado en el que la capa de óxido de cromo era menor de 350 nm (200 nm). Esta figura demuestra una corrosión significativa en el lado del aire del dispositivo de interconexión -1- (esquina inferior izquierda) tras el funcionamiento. Por tanto, es evidente que no solo es necesaria la capa de óxido de cromo para impedir la corrosión del acero, lo que ilustra la importancia de la etapa de tratamiento térmico previa, sino también que se prefiere un grosor mínimo de la capa de óxido de cromo si se debe impedir la corrosión del acero en un uso prolongado.

40 La figura 5 es una representación mediante líneas de nivel que muestra el grosor de la incrustación de cromia formada en función de la temperatura del tratamiento térmico (TGO - thermo gravimetric oxidation, oxidación termogravimétrica) y el tiempo. En esta figura, el intervalo de temperatura óptimo para la fabricación de una incrustación de cromia de un grosor mayor a 350 nm es el tratamiento durante 8 a 12 horas en aire a una temperatura en el intervalo de 820 a 840°C; no obstante, puede haber variaciones notables en la temperatura y en la escala temporal, necesarias entre un lote de acero y otro, y las condiciones óptimas se tiene que determinar para cada lote.

50 La figura 6 muestra la relación entre el grosor de la incrustación de cromia y la resistencia, mostrando claramente que cuanto más gruesa es la capa de la incrustación de cromia, mayor es la resistencia. Puesto que se desea minimizar la resistencia en la celda en funcionamiento, el grosor de la capa de cromia deberá minimizarse; a la inversa, se ha descubierto que al aumentar el grosor de la cromia aumenta más la resistencia de contacto y la duración del tratamiento térmico sin ofrecer ninguna resistencia adicional a la corrosión.

55 La figura 7 muestra la importancia de controlar la temperatura de la etapa de tratamiento térmico previa. Tal como se muestra en la figura 5, por debajo de una cierta temperatura (aproximadamente 800°C), no se formará la capa de óxido de cromo. No obstante, la figura 7 muestra que por encima de aproximadamente 890°C, la morfología de la capa de óxido de cobalto cambia de una superficie lisa plana (figura 7a) a una superficie rugosa (7b). Esto es debido a la formación de cristales mucho más grandes en la estructura de la espinela y conduce a una resistencia de contacto eléctrica más elevada para cualquier grosor dado de la capa de óxido de cromo.

60 Se apreciará que los procesos y aparatos de la invención pueden ser implementados en una variedad de formas, de las que solo unas pocas han sido ilustradas y descritas anteriormente.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de interconexión para una celda de combustible de óxido sólido de baja temperatura, comprendiendo el dispositivo de interconexión:
- 5 un sustrato de acero inoxidable que comprende una primera superficie y una segunda superficie;
- una capa que comprende óxido de cromo sobre la primera superficie del sustrato, en el que la capa de óxido de cromo tiene un grosor en el intervalo de 350 a 600 nm; y
- 10 un recubrimiento de óxido metálico sobre la capa de óxido de cromo; en el que el dispositivo de interconexión comprende, además, una capa de alúmina sobre la segunda superficie del sustrato.
2. Dispositivo de interconexión, según la reivindicación 1, en el que la capa de óxido de cromo es una incrustación de óxido.
- 15 3. Dispositivo de interconexión, según la reivindicación 1 o 2, en el que el acero inoxidable comprende del 17 al 25 % en peso de cromo.
4. Dispositivo de interconexión, según la reivindicación 3, en el que el acero inoxidable es un acero inoxidable ferrítico.
- 20 5. Dispositivo de interconexión, según cualquier reivindicación anterior, en el que el óxido metálico comprende un óxido metálico seleccionado de entre óxido de cobalto, óxido de cobalto y manganeso, óxido de cobre o combinaciones de los mismos.
- 25 6. Dispositivo de interconexión, según cualquier reivindicación anterior, en el que el recubrimiento de óxido metálico tiene un grosor en el intervalo de 0,5 a 20 µm.
7. Proceso de fabricación de un dispositivo de interconexión para una celda de combustible de óxido sólido de baja temperatura, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, comprendiendo el proceso:
- 30 a) recubrir la primera superficie del sustrato de acero inoxidable con el óxido metálico para formar el sustrato recubierto; y
- b) calentar el sustrato recubierto a una temperatura en el intervalo de 800 a 920°C para formar una capa que comprende óxido de cromo entre la primera superficie y el recubrimiento de óxido metálico y una capa de alúmina sobre la segunda superficie.
- 35 8. Proceso, según la reivindicación 7, en el que el sustrato recubierto es calentado durante un tiempo en el intervalo de 3 a 6 horas.
- 40 9. Proceso, según la reivindicación 7 o la reivindicación 8, en el que el recubrimiento se aplica al sustrato mediante un procedimiento seleccionado entre sedimentación de vapor, impresión, procesamiento rollo a rollo, recubrimiento mediante pulverización o combinaciones de los mismos.
- 45 10. Proceso, según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en el que el recubrimiento se aplica al sustrato mediante un procedimiento que comprende proporcionar una capa metálica y una capa reactiva sobre el sustrato de acero inoxidable, permitiendo que la capa metálica y la capa reactiva reaccionen entre sí o se difundan una en otra, y oxidándose la capa metálica y la capa reactiva para formar el recubrimiento de óxido metálico.
- 50 11. Proceso, según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, en el que la forma del dispositivo de interconexión se proporciona mediante procesamiento antes al calentamiento del sustrato recubierto o después de calentar el sustrato recubierto.
- 55 12. Pila de celdas de combustible que comprende, por lo menos, un dispositivo de interconexión, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.
13. Pila de celdas de combustible, según la reivindicación 12, en la que el recubrimiento de óxido metálico está en contacto con el aire alimentado a la celda de combustible.
- 60 14. Pila de celda de combustible, según la reivindicación 12 o la reivindicación 13, en la que una pasta de contacto de cátodo o capa de contacto está presente entre el cátodo y un lado del cátodo de, por lo menos, un dispositivo de interconexión.
- 65 15. Uso de una pila de celda de combustible, según la reivindicación 12 o 14, en la generación de energía eléctrica.

Figura 1

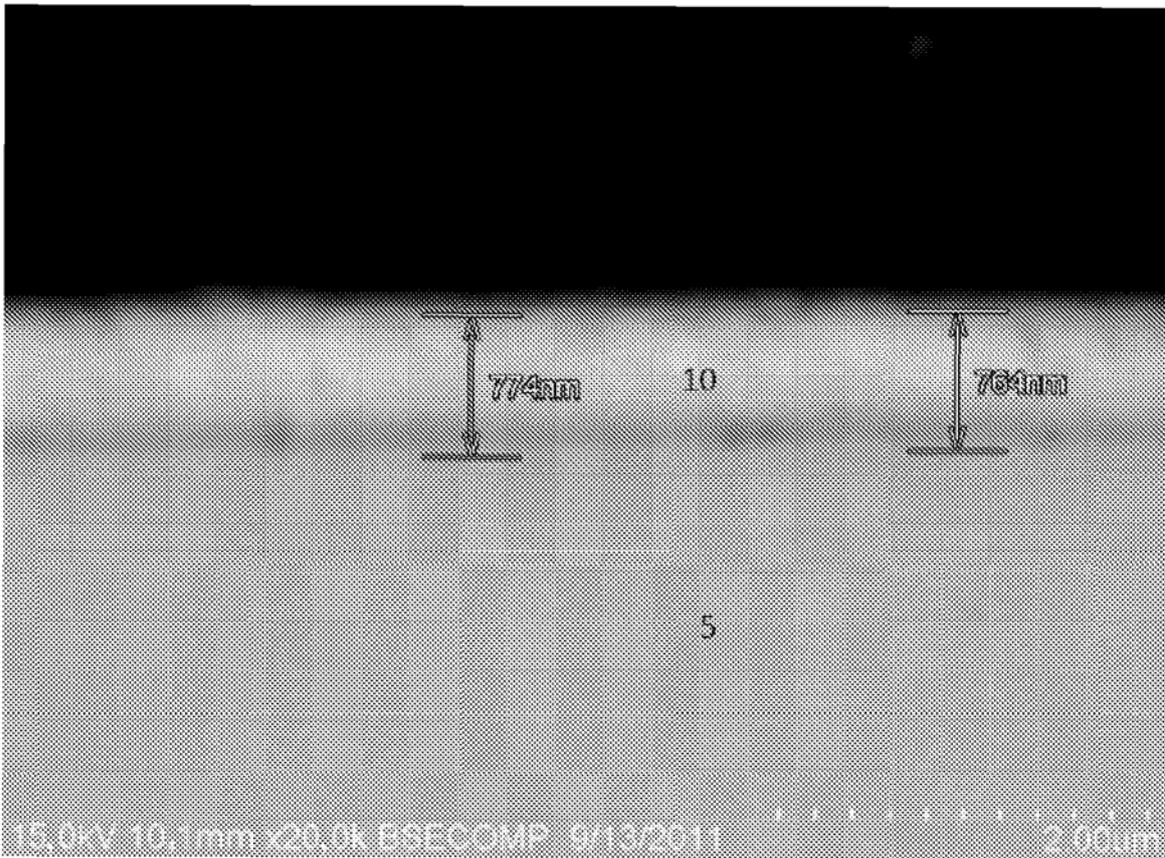


Figura 2

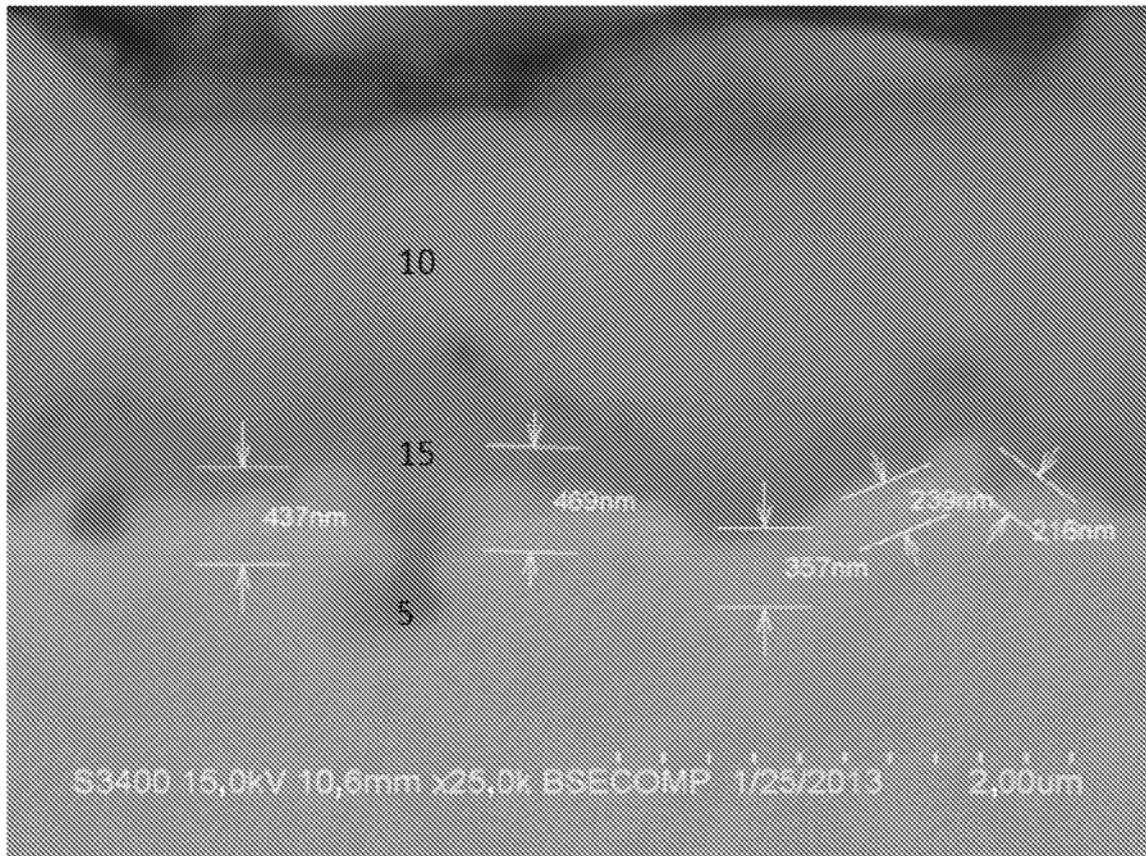


Figura 3

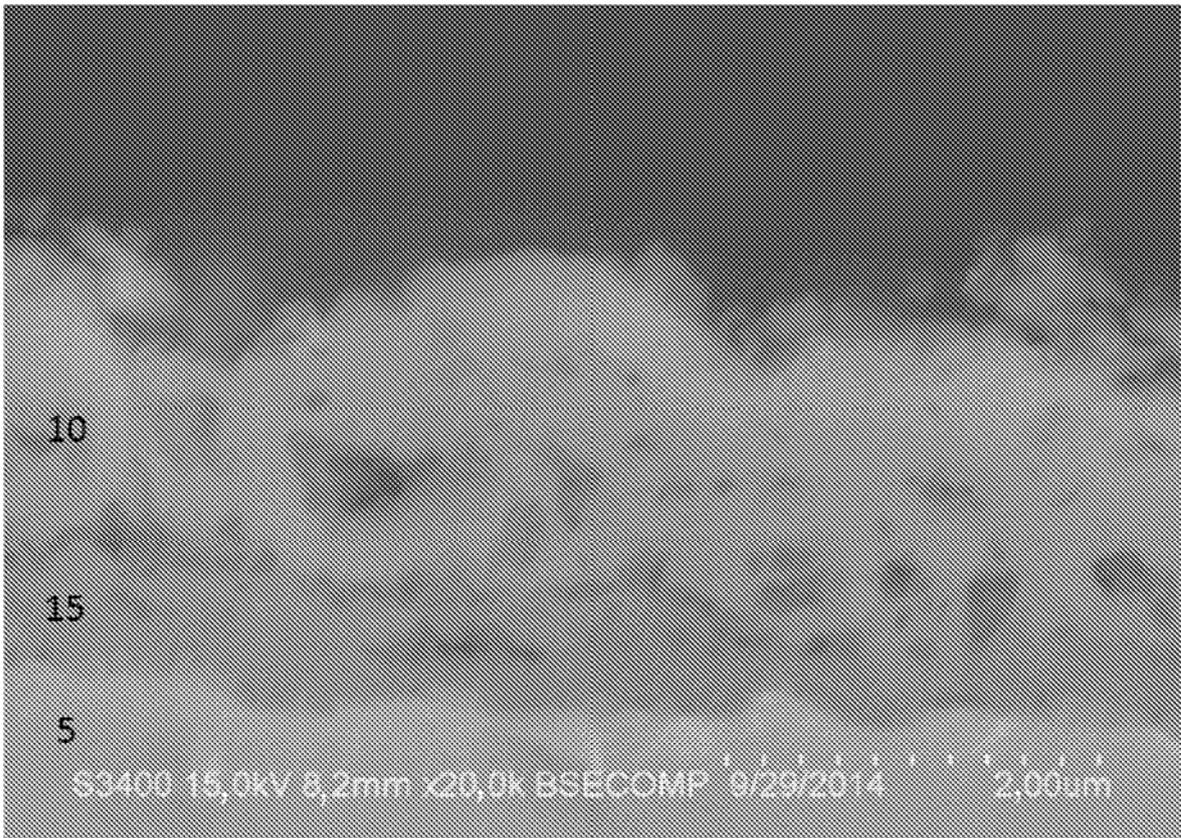


Figura 4

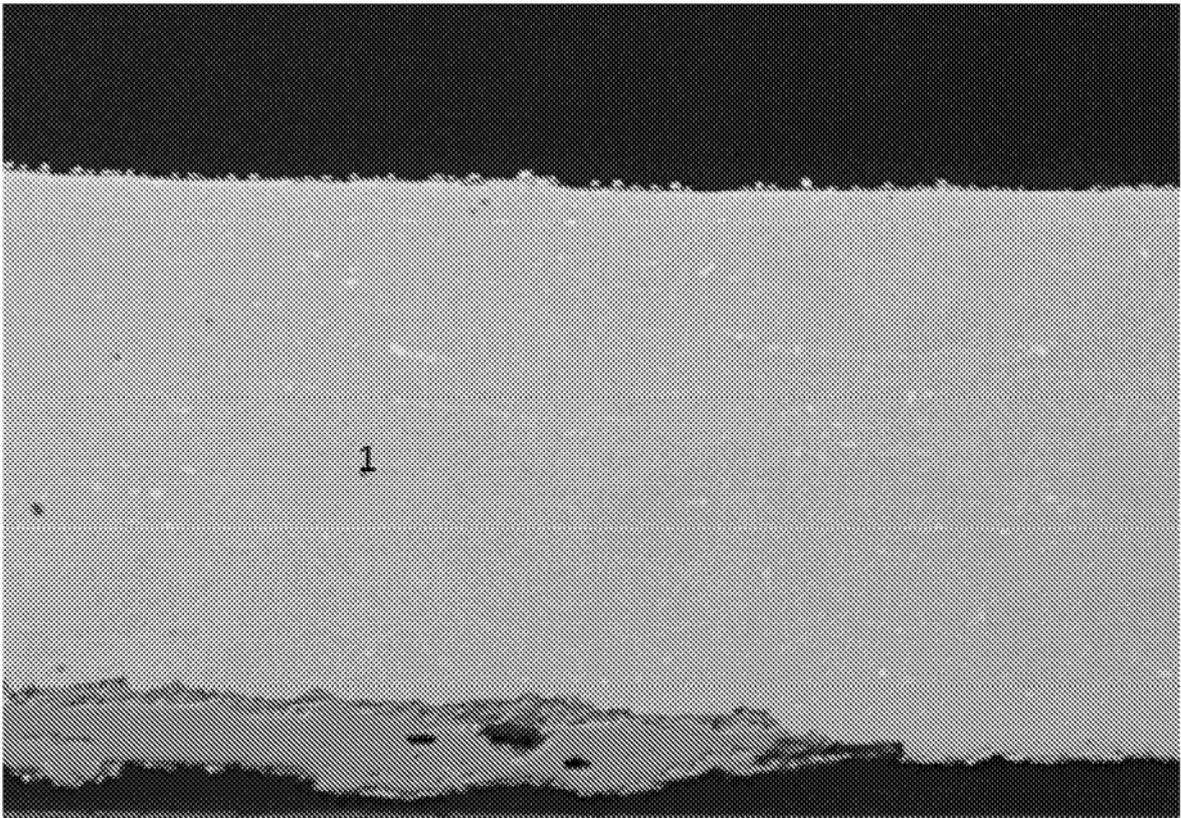


Figura 5

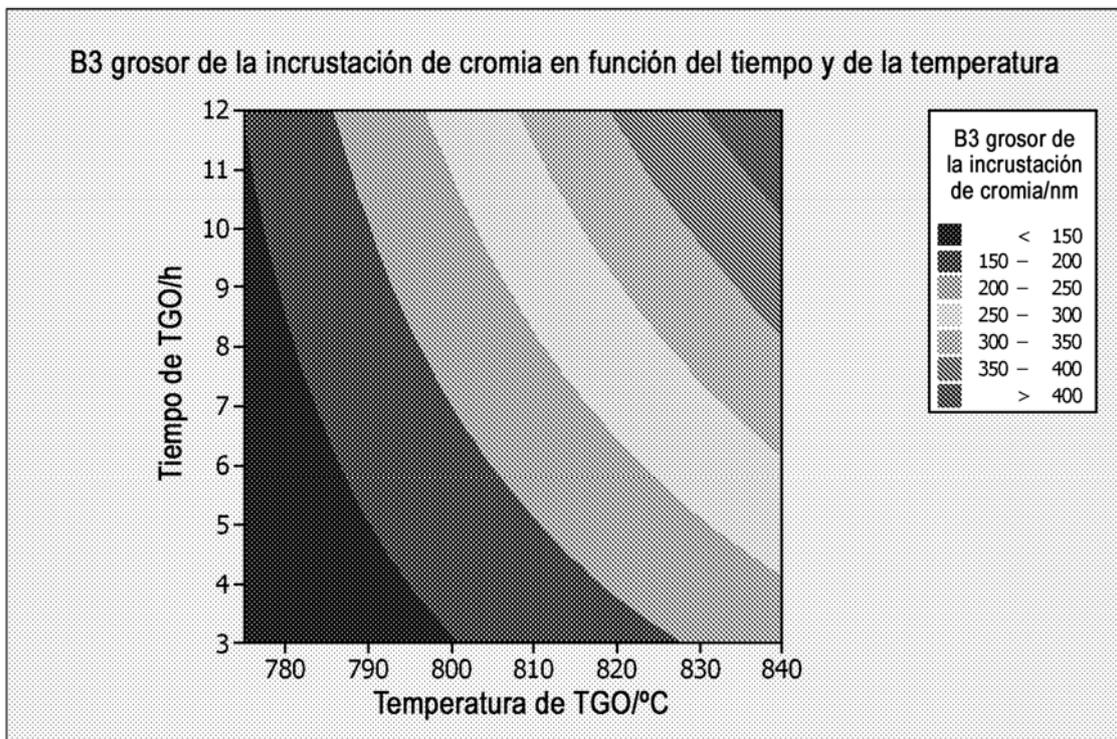


Figura 6

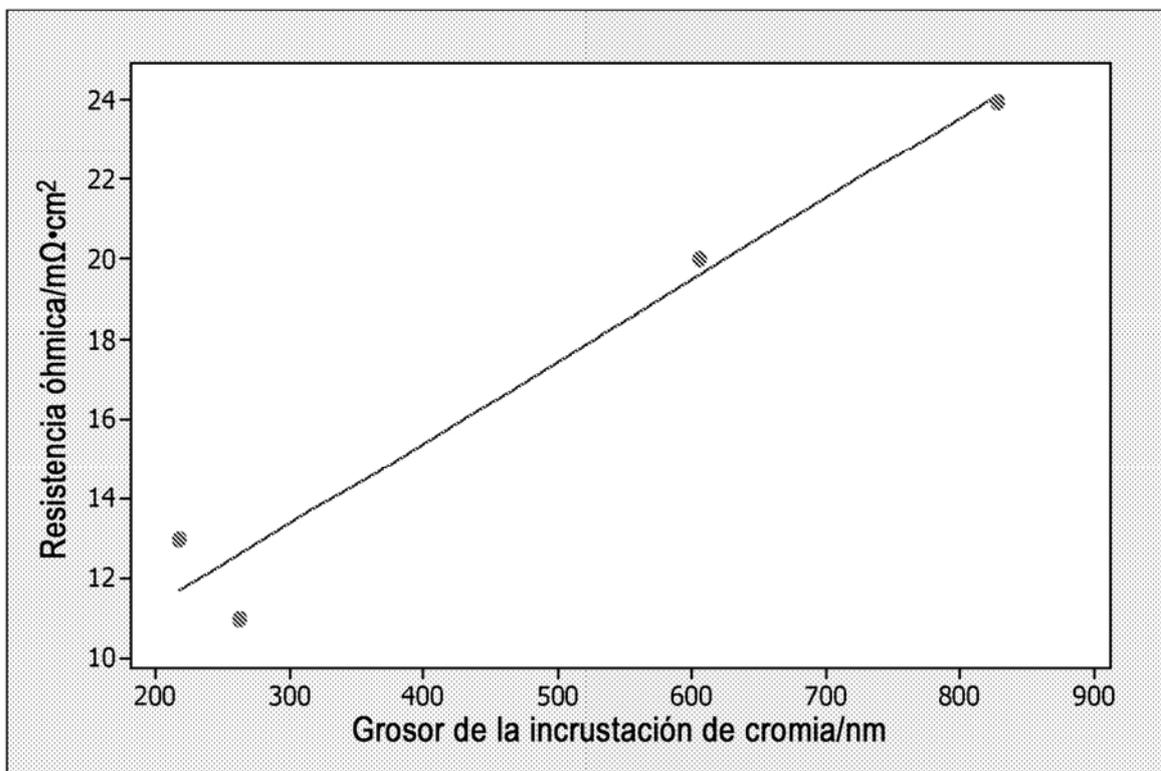


Figura 7a

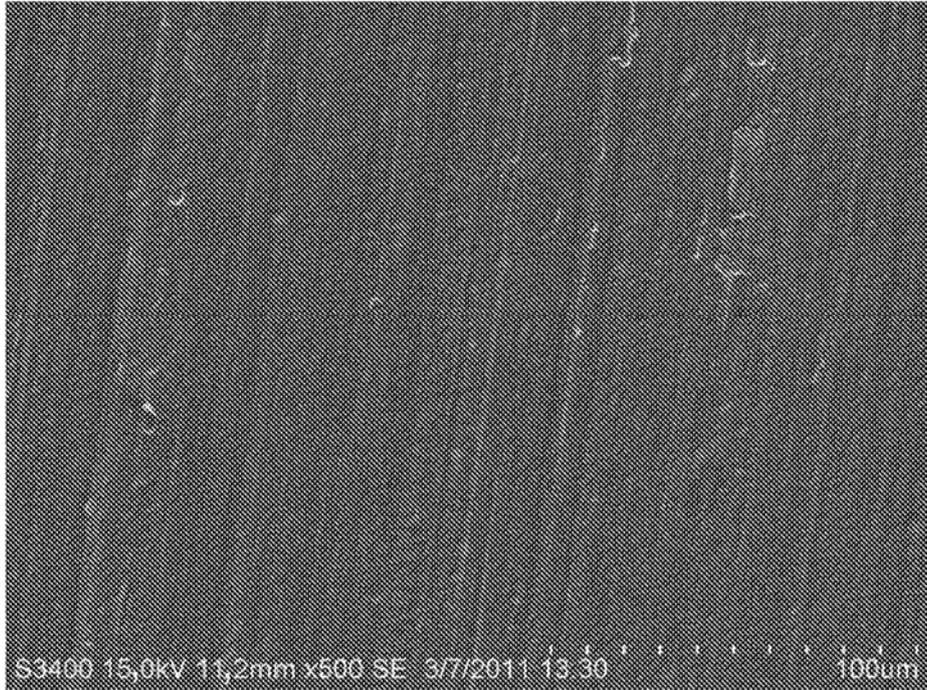


Figura 7b

