

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 757 799**

51 Int. Cl.:

G01N 17/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.05.2009 PCT/GB2009/050492**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.11.2009 WO09141639**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.05.2009 E 09750117 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.10.2019 EP 2288899**

54 Título: **Sensores de corrosión**

30 Prioridad:

20.05.2008 GB 0809133
21.05.2008 EP 08275019

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.04.2020

73 Titular/es:

BAE SYSTEMS PLC (100.0%)
6 Carlton Gardens
London SW1Y 5AD, GB

72 Inventor/es:

MORGAN, PETER CHARLES y
HEBBRON, MICHAEL CHRISTOPHER

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 757 799 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

Sensores de corrosión

Campo

- 5 La presente invención se refiere a sensores de corrosión para detectar la acción de medios corrosivos que actúan sobre un material metálico cuando está montado *in situ* adyacente a una ubicación en el material metálico.

Antecedentes de la invención

- 10 La corrosión es un problema que genera gastos elevados de mantenimiento y reparación en muchas industrias diferentes. Es necesaria una rápida detección de los problemas provocados por la corrosión para poner en práctica estrategias de mitigación eficaces. Se han desarrollado diversos métodos distintos de detección de la corrosión en material metálico. Se han desarrollado sensores de corrosión que son capaces, por ejemplo, de detectar la corrosión o de controlar el progreso de la corrosión, o de controlar la degradación de las capas protectoras aplicadas a las superficies corrosivas.

- 15 Un método sencillo para controlar la corrosión es la inspección visual de una muestra de material de interés. Se han desarrollado otros sensores que son más adecuados para el control de la vida de una estructura. Tales sensores pueden examinarse fácilmente para proporcionar datos relativos a Muchos de estos sensores de corrosión conocidos se basan en mediciones eléctricas llevadas a cabo sobre una película fina de material metálico para determinar el nivel de corrosión que se ha producido en una estructura. Se describen dos tipos de sensor de corrosión en las solicitudes de patente europea publicadas por el solicitante, número de publicación EP1554563 y
20 EP1546679. Estos sensores anteriormente conocidos comprenden películas finas conductoras con patrones conformadas sobre un sustrato. La película, que está fabricada con un material que imita las características del material en bloque al cual se une el sensor, define una pluralidad de pistas de serpentina que se extienden entre terminales comunes. Estos sensores pueden utilizarse como sensores de resistencia, en cuyo caso, la resistencia de los sensores se mide durante un período de tiempo determinado. El resultado de la acción del medio corrosivo sobre
25 las pistas es un aumento en la resistencia total del sensor, según se mide entre los terminales comunes. Este aumento medido de resistencia puede, a continuación, relacionarse con los efectos de corrosión que actúan sobre la estructura en bloque a la cual está unido el sensor.

- 30 Un problema que existe en los sensores del anterior tipo es que puede resultar complicado relacionar la sensibilidad del sensor a medios corrosivos con respecto a la sensibilidad de la estructura en bloque a medios corrosivos. Cuando se utiliza un sensor para controlar el progreso de la corrosión en una estructura en bloque, es importante que el sensor se corroa a una tasa al menos aproximadamente igual a la que se corroe la estructura en bloque o, de modo alternativo, que la tasa a la que se corroe el material sensor pueda relacionarse fácilmente con la tasa a la que se corroe la estructura en bloque. Aunque en las solicitudes anteriormente citadas se ha desvelado cómo configurar las pistas con el objetivo de reducir los efectos geométricos sobre la tasa de corrosión de las pistas, sigue siendo
35 necesario asegurar que el material de película fina se asemeje estrechamente al de la estructura en bloque a la cual está unido el sensor. Esto se hace, en primer lugar, utilizando, para las pistas de película fina, material metálico que tiene la misma composición que la aleación o el metal a partir del cual está fabricada la estructura en bloque y, en segundo lugar, recociendo la película fina para asegurar que la micro estructura de la película fina es al menos aproximadamente la misma que la de la aleación o el metal a partir del cual está fabricada la estructura en bloque.

- 40 Se propone una estrategia de detección de la corrosión alternativa en el estudio "Corrosion Sensors in Platform Management" de D. G. Dixon, M. C. Hebborn, S. J. Harris y A. Rezai y presentada en el 1st World Congress on Corrosion in the Military, 1 de junio de 2005. Los autores hacen referencia a las solicitudes de patente publicadas anteriormente citadas y proponen un sensor de resistencia similar. Sin embargo, el sensor desvelado por Dixon y col. está cubierto con una película de imprimación inhibidora de la corrosión que está provista de un defecto
45 intencionado para imitar, por ejemplo, el efecto de una fisura. El sensor está ubicado en la estructura que va a ser controlada. En primer lugar, el defecto estará protegido de los medios corrosivos por la lixiviación de especies inhibidoras de la pintura pero, una vez se ha agotado el inhibidor, las pistas del sensor se corroerán y se puede medir un aumento correspondiente en la resistencia del sensor. A continuación, se puede llevar a cabo una acción correctiva. Tales sensores también son conocidos como «sensores de agotamiento de inhibidor».

- 50 La estructura puede resultar necesaria. De este modo existe, en ambos casos, la necesidad de ser capaces de adaptar la sensibilidad de cualquier tipo particular de sensor de corrosión. La presente invención surge como resultado de la consideración de los problemas anteriormente identificados.

El documento US6383451B1 se refiere a un sensor de resistencia eléctrico para medir una tasa de corrosión provocada por picadura.

- 55 Resumen de la invención

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un sensor de corrosión de acuerdo con

la reivindicación 1. En el presente documento, se comprenderá que el término 'metálico' se utiliza para referirse tanto a aleaciones que comprenden uno o más componentes de metal primarios como a metales primarios. La corrosión galvánica se potencia en los límites entre el primer y el segundo materiales metálicos y, de este modo, la sensibilidad del sensor puede ajustarse modificando el tamaño y espaciado de las zonas metálicas. Preferentemente, las zonas son zonas aisladas. Se puede utilizar la experimentación habitual para determinar la sensibilidad deseada y, de este modo, el tamaño y separación de las zonas, para cualquier aplicación particular de los sensores.

Cuando el segundo material metálico es más catódico que el primero, se produce la corrosión galvánica del primer metal. Como apreciarán los expertos en la técnica, qué material metálico de un par de materiales metálicos es catódico con respecto al otro puede depender del entorno en el que se coloque el sensor y, de este modo, el primer y segundo materiales metálicos pueden, preferentemente, seleccionarse dependiendo de la aplicación para la cual va a utilizarse el sensor.

Las zonas se forman sobre la superficie de la película fina. Tal disposición permite que los sensores se fabriquen de forma adecuada mediante la deposición de una capa del primer material metálico, seguida por una capa de zonas del segundo material metálico.

Se definen terminales eléctricos en la película fina de modo que se puede controlar una propiedad eléctrica de la película fina. La propiedad eléctrica de la película fina puede ser la resistencia eléctrica de la película fina. Los terminales eléctricos pueden protegerse de los efectos de la corrosión, por ejemplo, mediante una capa de pintura. La presencia de terminales permite, de este modo, controlar la corrosión del sensor de forma remota controlando la propiedad eléctrica.

La película fina define una pluralidad de pistas de resistencia que conectan los terminales eléctricos, y las zonas que comprenden un segundo material metálico, proporcionada en la superficie de las pistas de resistencia. Esto permite controlar la corrosión controlando la resistencia del sensor. Una capa de pintura, tal como una pintura que comprende un inhibidor de corrosión, puede cubrir sustancialmente la totalidad de la película fina, y la capa puede definir una pluralidad de defectos dispuestos de modo que al menos una parte de cada pista de resistencia está expuesta por uno de una pluralidad de defectos. Tal sensor es una versión mejorada de los sensores de agotamiento de inhibidor anteriormente conocidos, que puede utilizarse para controlar la protección proporcionada a una estructura mediante una capa de pintura.

En una realización particular de un sensor de agotamiento de inhibidor, la película fina define una pluralidad de regiones conductoras separadas de las pistas de resistencia y los terminales eléctricos, proporcionándose las regiones conductoras adyacentes a las pistas de resistencia. Se ha determinado empíricamente que la separación de las regiones conductoras de las pistas de resistencia también puede variarse para controlar la sensibilidad del sensor con respecto a los medios corrosivos. Tales sensores son, por lo tanto, más adaptables, ya que es posible variar su sensibilidad tanto mediante la variación del tamaño y espaciado de las zonas, así como mediante la variación de la separación de las pistas conductoras de las regiones conductoras.

Las zonas pueden tener un diámetro en el intervalo de entre 10 μm a 1 mm. Las zonas pueden estar espaciadas por una distancia no inferior a su diámetro y en el intervalo de 10 μm a 1 mm.

El primer material metálico puede ser aluminio. El aluminio se utiliza habitualmente en aplicaciones aeroespaciales. El segundo material metálico es cobre. El cobre está aleado normalmente con aluminio en aleaciones para su uso en la industria aeroespacial. Cuando el primer y segundo materiales metálicos son aluminio y cobre respectivamente, el sensor se puede utilizar para imitar el comportamiento de una aleación de aluminio y cobre.

De modo alternativo, el segundo material metálico se selecciona del grupo que consiste en plata y oro. La plata y el oro son, en particular, metales nobles y, de este modo, su uso como el segundo material metálico podría dar como resultado una particularmente rápida corrosión del primer material metálico.

En términos más generales, cuando el sensor va a utilizarse para controlar los efectos de la corrosión en una aleación, el primer material metálico puede ser el constituyente principal de la aleación y, el segundo material metálico puede ser un constituyente secundario de la aleación. El segundo material metálico puede ser un constituyente secundario que forma un precipitado de segunda fase en la aleación. La corrosión galvánica se puede acelerar alrededor de partículas de un precipitado de segunda fase en una aleación y este efecto puede imitarse en el sensor mediante la selección adecuada del primer y segundo materiales metálicos. En especial, esto evita tener que depositar un material que imite la aleación. En su lugar, se pueden depositar metales puros, con el efecto del precipitado de segunda fase imitado por zonas del metal de precipitado de segunda fase depositado sobre la película fina del primer material metálico.

La invención se extiende a un vehículo que comprende una pluralidad de sensores como se ha definido anteriormente.

De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un método de fabricación de un

sensor de corrosión de acuerdo con la reivindicación 11.

El método puede comprender adicionalmente la etapa de:

(vi) eliminar material de la película fina para definir pistas de resistencia. Convenientemente, la etapa de eliminar material comprende eliminar material que utiliza fotolitografía.

5 Se establecen características opcionales en las reivindicaciones dependientes.

Breve descripción de los dibujos

Las características anteriores y adicionales de la invención se establecen a continuación con particularidad en las reivindicaciones adjuntas y se describirán a continuación en el presente documento haciendo referencia a los dibujos adjuntos en los que:

10 La Figura 1 es una vista esquemática de un sensor de corrosión de acuerdo con una primera realización de la invención;

La Figura 2 es una vista esquemática de un sensor de corrosión de acuerdo con una segunda realización de la invención;

15 La Figura 3a es una vista esquemática de un sensor de corrosión de acuerdo con una tercera realización de la invención;

La Figura 3b es una vista detallada de una parte del sensor de corrosión ilustrado en la Figura 3a; y

La Figura 4 es una vista esquemática de un sensor de corrosión no cubierto por la invención.

Descripción detallada

20 Las realizaciones de la presente invención descritas a continuación son particularmente adecuadas para el control de la corrosión en aleaciones. Las aleaciones son materiales que comprenden uno o más componentes metálicos. Normalmente, una aleación tendrá un componente principal y uno o más componentes secundarios que están presentes en cantidades más pequeñas que el componente principal. Por ejemplo, la serie 2000 de aleaciones de aluminio, ampliamente utilizada en el campo aeroespacial, consiste principalmente en aluminio y cobre, con cobre presente a una concentración de aproximadamente el 5 % en peso. Otros constituyentes de aleación, tales como
25 magnesio, manganeso, silicio, zinc, hierro y cromo, también pueden estar presentes en concentraciones de menos del 2 % en peso. Como otro ejemplo, la serie 4000 de aleaciones de aluminio tienen una proporción de constituyente de silicio que forma en la región del 5 % - 20 % del peso de la aleación.

Es posible obtener una solución sólida de cobre en aluminio, de modo que una muestra en bloque de una aleación de aluminio y cobre puede tener una estructura homogénea. Sin embargo, más normalmente, una parte del
30 constituyente de cobre se encontrará como un precipitado de segunda fase en la aleación en bloque, formando cristalitas de cobre en una fase mayoritaria de solución sólida de aluminio/cobre. La serie 2000 de aleaciones de aluminio muestra este tipo de estructura. La presencia de los cristalitas puede mejorar las propiedades mecánicas de la aleación en bloque. Sin embargo, el precipitado de segunda fase también puede influir en las propiedades de la aleación resultante en la presencia de medios corrosivos, tales como agua marina o un pulverizador de sal. La
35 corrosión galvánica se produce donde sea que dos metales distintos estén eléctricamente conectados en la presencia de un electrolito. Uno de los metales se corroe, mientras que el otro metal no lo hace. El metal que se corroe es menos noble que el metal que no lo hace. También se utilizan otros términos en la técnica en lugar de 'más noble' y 'menos noble'. Por ejemplo, los metales también se describen como 'menos activos' y 'más activos'; o como 'anódicos' y 'catódicos'. El metal más activo o catódico en cualquier un par de metales eléctricamente
40 conectados es el que se corroe en la presencia de un electrolito. A saber, en cualquier par de metales eléctricamente conectados, qué metal es más noble que el otro dependerá del electrolito, o del medio corrosivo, al cual se expone el par de metales. Considerando específicamente la serie 2000 de aleaciones de aluminio, el cobre es un metal más noble que el aluminio en la presencia de agua marina, o una pulverización de agua marina. De este modo, la presencia de cristalitas de cobre en contacto eléctrico con una solución sólida de aluminio/cobre da como resultado
45 una corrosión galvánica localizada de la aleación de aluminio y puede llevar al desarrollo de picadura de corrosión.

El sensor 100 de corrosión ilustrado en la Figura 1 de los dibujos adjuntos está particularmente diseñado para una serie 2000 de aleación de aluminio. El sensor 100 ilustrado en la Figura 1 de los dibujos adjuntos es del tipo de agotamiento de inhibidor descrito en el estudio anteriormente citado "Corrosion Sensors in Platform Management" de
50 D. G. Dixon, M. C. Hebborn, S. J. Harris and A. Rezaï, y comprende un sustrato 110, una película 120 fina conductora con patrones y una pintura que cubre sustancialmente el sustrato 110 y la película 120 fina conductora con patrones. La zona cubierta por la película fina conductora se indica mediante un sombreado más denso, mientras que aquella cubierta por pintura se indica mediante un sombreado más difuminado. La película 120 se dispone en una configuración tipo escalera de modo que hay tres pistas 122, 123, 124 que discurren entre los

terminales 126 y 127 comunes. Se introducen tres defectos 132, 133 y 134 en la pintura 130, proporcionándose cada defecto en la ubicación de una de las pistas 122, 123 y 124. Los defectos son zonas en las que se ha eliminado la capa protectora de pintura. Sin embargo, en el caso de un sensor fabricado de este modo, estas zonas permanecen temporalmente protegidas de los efectos de la corrosión debido al efecto de lixiviación de iones inhibidores fuera de la pintura circundante y sobre la zona del defecto. Las pistas 122, 123, 124 se disponen para que sean más anchas que sus respectivos defectos 132, 133, 134 de modo que la zona expuesta completa por debajo de cada defecto consiste en material de pista metálico. Cada defecto tiene un tamaño distinto. Por ejemplo, las anchuras de defecto pueden escogerse que sean de 4 mm, 0,5 mm y 0,05 mm.

La película 120 fina conductora se forma sobre el sustrato 110 mediante pulverización catódica. En la presente realización, cuando el sensor es para su aplicación a una estructura formada de una serie 2000 de aleación de aluminio, la película está formada de aluminio. La película está impresa o bien mediante enmascaramiento durante la pulverización catódica o bien mediante fotolitografía posterior a la deposición de la película fina. A continuación, se deposita una matriz de puntos 150 de cobre, de nuevo, mediante pulverización catódica, sobre cada una de las pistas 122, 123 y 124. Los puntos de cobre forman una matriz de zonas de un material metálico distinto al aluminio. Los puntos pueden ser circulares, como se muestra en la Figura 1, pero podrían tener cualquier forma deseada, por ejemplo, podría preferirse depositar puntos hexagonales. Los puntos 150 actúan como centros para la corrosión galvánica, imitando el efecto de cristalitas de cobre en la aleación en bloque y potenciando la sensibilidad de las pistas 122, 123 y 124 a la corrosión.

En la presente realización, la sensibilidad a la corrosión de la película 120 fina de aluminio puede adaptarse mediante la elección adecuada del tamaño y espaciado de los puntos 150 de cobre. La selección del tamaño y el espaciado de los puntos en la matriz 150 puede realizarse fácilmente por los expertos en la técnica mediante comparación experimental de la tasa de corrosión de un número de muestras de material de película 120 fina, teniendo cada una un tamaño y espaciado de punto distinto con respecto al resto, con una muestra del material en bloque. El diámetro y espaciado de los puntos puede encontrarse en el intervalo de 10 mm a 1 mm; por ejemplo, el diámetro de los puntos puede ser de 250 μ m, y su espaciado puede ser de 1 mm.

Se aplica pintura sobre la película fina conductora utilizando una máscara para definir los defectos 132, 133 y 134. De modo alternativo, son posibles las técnicas de ataque químico y en seco. Se pueden escoger soluciones químicas y máscaras dependiendo del tipo de pintura utilizada. La pintura es del mismo tipo que del que cubre la estructura en bloque a la que el sensor 200 de corrosión debe controlar, o puede ser de un tipo que imite al que cubre la estructura en bloque. En la presente realización, se utiliza un revestimiento de 25 μ m de grosor de PR205, una pintura de imprimación disponible en el mercado de PRC DeSoto. PR205 es una imprimación a base de epoxi, cargada con cromato y con un alto contenido en sólidos. A continuación, se aplica un acabado adecuado, tal como HP03682, también disponible en PRC DeSoto. Una solución química que se puede utilizar para estas pinturas es glicol de etileno. Utilizando estas técnicas, se pueden fabricar defectos que tienen unas anchuras de entre 50 μ m y 8 mm.

En uso, la resistencia del sensor 100 entre los puntos 150 se controla con el tiempo. La resistencia del sensor permanece aproximadamente constante hasta que cesa el efecto protector de la lixiviación del inhibidor de la pintura alrededor del defecto 134 más grande, debido al desgaste del depósito de iones de inhibidores en la pintura de imprimación. En este punto, la resistencia empezará a aumentar como resultado de la corrosión que agota la cantidad de material en la pista 124 conductora. Esto, a su vez, indica cuándo empezará la corrosión a influir en el metal en otras partes de la estructura donde puede haber defectos similares. Mediante la introducción de un número de defectos con distintos tamaños, cada uno sobre un escalón de la escalera, se obtiene una medición de los efectos continuos de corrosión: la pista por debajo del defecto 124 más grande se corroerá en primer lugar, seguido por aquella debajo del defecto 123 de tamaño intermedio, seguido por aquella debajo del defecto 122 de menor tamaño.

Por lo tanto, se apreciará que es conveniente para las pistas 122, 123 y 124 que se corroan de un modo similar a, o más rápidamente que, el de la aleación en bloque, la corrosión de la cual prevé controlar el sensor. La aplicación de puntos 150 de cobre permite que la tasa a la que las pistas de película fina corrosivas se corroen se ajuste para o bien imitar más estrechamente el comportamiento de la aleación en bloque, o bien para que se corroan más rápidamente que la aleación en bloque.

La aplicación de puntos de cobre a las pistas de película fina puede utilizarse para ajustar la sensibilidad de un número de distintos tipos de sensor de corrosión que se basan en mediciones de la resistencia de una película fina de aluminio o aleación de aluminio, en general del mismo modo que se ha descrito anteriormente haciendo referencia a la primera realización 100. En la Figura 2 se ilustra un sensor 200 de corrosión de acuerdo con una segunda realización de la invención. El sensor 200 de corrosión funciona, a grandes rasgos, del mismo modo que el sensor 100 de corrosión ilustrado en la Figura 1 y está fabricado de un modo similar al descrito anteriormente con respecto al sensor 100 de corrosión. El sensor 200 de corrosión también está previsto para el control de una estructura pintada formada a partir de una aleación de aluminio con un componente secundario predominante de cobre. El sensor 200 comprende un sustrato 210 y una película 220, 230 fina conductora con patrones. La película 220 está dispuesta en una configuración tipo escalera de modo que hay tres pistas 222, 223, 224 (que forman los

«escalones» de la escalera) que discurren entre terminales 226, 227 comunes (que forman las «patas» de la escalera). En uso del sensor, se realizan conexiones eléctricas al sensor que proceden de herramientas de examen a través de los terminales 226, 227 comunes. Además de la configuración 220 tipo escalera, también se proporcionan regiones 230 conductoras separadas. Estas regiones conductoras están ubicadas entre las pistas 222 y 223 conductoras, entre las pistas 223 y 224 conductoras, la anterior (como se muestra en la Figura 2) pista 222 conductora y la siguiente (como se muestra en la Figura 2) pista 224 conductora. Las regiones 230 conductoras separadas se posicionan estrechamente adyacentes a las pistas 222, 223, 224 conductoras, sin hacer contacto eléctrico con la configuración 220 tipo escalera. De este modo, existe una región conductora en cualquier lado de cada pista conductora, con un pequeño hueco entre la pista conductora y cada región conductora. Existe un pequeño hueco adicional entre las regiones 230 conductoras y los terminales 226, 227 comunes. El hueco en cualquier lado de la pista conductora tiene una anchura uniforme a lo largo de la longitud completa de la pista conductora, excepto para aquellas partes de las pistas conductoras cerca de los terminales 226, 227 comunes.

Como para el sensor 100 de corrosión ilustrado en la Figura 1, las pistas conductoras de película fina están fabricadas con aluminio y se aplican puntos 250 de cobre a las pistas 222, 223, 224 conductoras de película fina, y las regiones 230 conductoras de película fina, después de su deposición. Los puntos de cobre, como en el caso de la primera realización, sirven para imitar el efecto de los cristallitos de cobre presentes en la aleación en bloque, y potencian la tasa de la corrosión galvánica de la película fina. Los puntos tienen un tamaño en el intervalo de 10 μm a 1 mm, y están espaciados por una distancia en el intervalo de 10 μm a 1 mm. Tal como se ha descrito anteriormente con respecto a la primera realización, el tamaño y espaciado de los puntos 250 puede variarse para ajustar la sensibilidad del sensor 200 a la corrosión, de modo que coincide con la sensibilidad de una muestra en bloque. Los puntos 250 de cobre se proporcionan en tanto las pistas 222, 223, 224 conductoras como en las regiones 230 conductoras, de modo que las propiedades de aquellas partes de la superficie expuestas al entorno corrosivo ambiente permanecen uniformes.

Se aplica pintura a la superficie del sensor una vez se ha depositado la película fina y los puntos de cobre, y cubre la superficie del sensor 200 excepto para los defectos 242, 243 y 244 sobre cada una de las pistas 222, 223, 224 conductoras, y se extiende sobre parte de las regiones 230 conductoras. El grado de cobertura de la pintura, como en la Figura 1, se ilustra en la Figura 2 mediante el sombreado difuminado, mientras que la ubicación de la película fina metálica se ilustra mediante las regiones más densamente sombreadas. La pintura utilizada para el sensor 200 es la misma que la utilizada para el sensor 100.

El sensor 200 se utiliza de un modo muy similar al sensor 100: la resistencia del sensor se controla para determinar cuándo cesa el efecto protector de la lixiviación de inhibidor desde la pintura sobre los defectos 242, 243 y 244. Las principales ventajas del sensor 200 sobre el sensor 100 son su superior resistencia, debido a la inferior zona de sección transversal de las pistas 222, 223, 224 conductoras en comparación con las pistas 122, 123, 124 del sensor 100; y el hecho de que las pistas 222, 223, 224 se corroerán completamente, mientras que las pistas 122, 123, 124 no lo harán, ya que sus bordes permanecen parcialmente protegidos por la pintura, de modo que se produce un cambio más grande en la resistencia del sensor 200 que del sensor 100 cuando cesa la protección provisional. Además, la sensibilidad del sensor 200 a la corrosión se puede ajustar tanto mediante la variación del tamaño y espaciado de los puntos 250 como mediante el espaciado de los huecos entre las regiones 230 conductoras y las pistas 222, 223 y 224 conductoras; se ha hallado empíricamente que el tiempo de corrosión de las pistas 222, 223 y 224 disminuye según se reduce la anchura del hueco.

En cada una de las realizaciones anteriormente descritas, la presencia de puntos de cobre formados sobre la superficie de una película fina se utiliza para ajustar la sensibilidad de una película fina de material metálico a la corrosión. Como apreciarán los expertos en la técnica, en el caso de sensores de agotamiento de inhibidor tales como los sensores 100 y 200 de corrosión ilustrados en las Figuras 1 y 2, puede ser deseable que las pistas corrosivas se corroan por completo rápidamente una vez haya cesado el efecto protector de la lixiviación de inhibidor. Por lo tanto, podría ser conveniente formar una matriz de alta densidad de puntos de cobre sobre las pistas corrosivas de película fina para acelerar su corrosión. Un modo alternativo en la que se puede potenciar la sensibilidad a la corrosión de la pista de película fina es mediante la cuidadosa selección del material utilizado para los puntos: cuanto más noble sea el metal utilizado para formar los puntos, más fuerte será el incremento en la tasa de corrosión galvánica de la película fina circundante. De este modo, cuando se desea una alta tasa de corrosión galvánica, se puede utilizar un metal altamente catódico para formar los puntos, tal como plata u oro.

En las Figuras 3a y 3b se ilustra un sensor 300 de corrosión de acuerdo con una tercera realización de la invención. El sensor 300 está fabricado para controlar la corrosión de una serie 2000 de aleación de aluminio y es un sensor de resistencia sencillo, del tipo descrito en la publicación de solicitud de patente europea número 1554563. Como se muestra en la Figura 3a, el sensor 300 comprende una película 320 fina conductora depositada sobre un sustrato 310 aislante. La película fina conductora forma terminales 326, 327 comunes y una pluralidad de pistas 322 conductoras que discurren entre los terminales comunes. Las pistas conductoras están expuestas al entorno corrosivo ambiente y no están cubiertas por ninguna pintura protectora (al contrario de los sensores 100 y 200 descritos anteriormente). La corrosión se controla controlando la resistencia eléctrica entre los terminales 326, 327 comunes. La resistencia del sensor aumenta según se corroen las pistas en el entorno corrosivo. Puesto que se incluye un número de pistas 322 entre los terminales 326, 327 comunes, y las pistas están dispuestas en paralelo,

se puede controlar el efecto de corrosión localizada, tal como corrosión por picadura, por todas las pistas 322. Además, se controla cuidadosamente la geometría de cada una de las pistas 322 para asegurar que los efectos geométricos no influyen de forma apreciable en la tasa de corrosión de la película 320 fina, y de este modo se puede relacionar la resistencia del sensor 300 al efecto de corrosión sobre la estructura en bloque. Esta geometría cuidadosamente controlada se describe en detalle en la publicación de solicitud de patente europea número 1554563.

En la Figura 3b se muestra una sección de una pista 322 ejemplar. La pista 322 tiene una anchura W sustancialmente constante y está formada para serpentear por todo un corredor 340 lineal definido en el sustrato 310. El corredor 340 tiene una anchura D_2 , dentro de la cual están contenidas las serpentinas de la pista 322 corrosiva. La pista formada de una serie de curvas en forma general de U con curvatura alternativamente opuesta, que da como resultado una forma de serpentina repetitiva dentro del corredor 340 lineal. La pista 322 corrosiva está formada de aluminio y los puntos 350 de cobre están formados sobre la superficie de las pistas 322 corrosivas, tal como se muestra de forma más clara en la Figura 3b, para imitar el efecto de los cristalitos de cobre en la aleación en bloque que potencian la tasa de corrosión galvánica.

Como en la primera y segunda realizaciones descritas anteriormente, el tamaño y espaciado de los puntos puede seleccionarse de modo que la respuesta de las pistas 322 corrosivas a los medios corrosivos imite estrechamente la respuesta de la aleación de aluminio en bloque a los medios corrosivos. Los expertos en la técnica apreciarán que el cuidadoso ajuste de la sensibilidad a la corrosión del sensor 300 resulta más importante que la de los sensores 100 y 200 descritos anteriormente. En los sensores 100 y 200, se detecta el deterioro en la condición de la pintura, y es deseable que los sensores produzcan una respuesta medible tan pronto cese el efecto protector de la pintura: de este modo, es una consecuencia limitada si las pistas corrosivas de los sensores 100 y 200 se corroen más rápidamente que la estructura en bloque. Sin embargo, para el sensor 300, es la misma corrosión de las pistas 322 la que proporciona la respuesta medible del sensor a la corrosión y es, por lo tanto, más importante que el sensor refleje de forma precisa la condición de la estructura en bloque. La disposición de puntos 350 permite ajustar cuidadosamente la sensibilidad de las pistas 322 a la corrosión, mediante experimentación habitual para determinar el tamaño y espaciado adecuados de los puntos 350.

La fabricación del sensor 300 se realiza tal como se ha descrito en los sensores conocidos anteriores desvelados en la publicación de solicitud de patente europea número 1554563. Cabe destacar que este método de fabricación incluye una etapa de recocido de las películas finas conductoras pulverizadas catódicamente de este modo. Con el fin de mejorar el grado con el que las características corrosivas de las pistas de película fina imitan la aleación en bloque, se recuece la capa de película fina tras la pulverización catódica para fomentar el crecimiento de los granos metálicos dentro de la capa fina para producir una película fina que sea esencialmente una matriz bidimensional de granos metálicos, para asegurar que la película fina conductora en los sensores tenga una micro estructura similar a la de la estructura en bloque para la cual se ha diseñado que controle el sensor. En el caso del sensor 300, esta etapa puede omitirse, ya que la sensibilidad a la corrosión de la película fina puede alterarse por la alteración del tamaño y espaciado de los puntos 350 de cobre.

Cabe destacar que, para cada uno de los sensores 100, 200, 300 de corrosión descritos anteriormente, se forman terminales eléctricos (no se muestran en las figuras) en los terminales (126, 127; 226, 227; 326; 327) comunes de modo que los sensores pueden conectarse a un aparato externo para medir la resistencia de los sensores. Tales terminales son zonas en las que se pueden realizar conexiones eléctricas a los sensores, por ejemplo, mediante soldadura blanda o, de otro modo, soldadura de hilos a la película fina. También cabe destacar que, en cada una de las realizaciones anteriormente descritas, el sustrato puede formarse a partir de cualquier material aislante adecuado sobre el cual puede depositarse una película fina del material de pista. Por ejemplo, se puede utilizar Mylar™ o poliimida. De modo alternativo, se puede utilizar un sustrato conductor revestido con una capa aislante de, por ejemplo, poliimida.

El uso de puntos de un segundo material metálico formado sobre la superficie de una película fina de un primer material metálico también se puede aplicar a sensores de corrosión distintos a los que utilizan mediciones eléctricas para determinar el grado de corrosión que influye en una estructura. Un sensor 400 de corrosión no cubierto por la invención, también para su uso en el control del efecto de medios corrosivos en una serie 2000 de aleación de aluminio, se muestra en la Figura 4. El sensor 400 comprende una película fina de aluminio depositado en un sustrato 410 y una matriz de puntos 450 de cobre formados sobre la superficie de la película fina. Los puntos 450 están formados con un tamaño y a un espaciado similar a los descritos anteriormente con respecto a la primera, segunda y tercera realizaciones de la invención. Sin embargo, el sensor 400 de corrosión no requiere una inspección eléctrica para determinar una propiedad eléctrica de la película fina, tal como su resistencia, sino que, en su lugar, está diseñado para examinarse visualmente, o bien mediante microscopio (cuando los puntos tienen un pequeño diámetro, por ejemplo, 10 μm), o bien visualmente (cuando los puntos tienen un diámetro más grande, por ejemplo, 1 mm). Se prevé que tal disposición puede resultar particularmente útil en el caso en el que se desee evaluar una variedad de muestras de sensores en el laboratorio para determinar el mejor tamaño y espaciado posible para los puntos en un sensor tal como los sensores 100, 200 o 300 descritos anteriormente; aunque los expertos en la técnica apreciarán que tales sensores también podrían ser de utilizar en otros entornos.

El sensor 400 está fabricado mediante deposición de una capa de película fina de aluminio sobre un sustrato, preferentemente, mediante pulverización catódica. El sustrato puede ser de cualquier material conveniente que sea adecuado para su uso en una cámara de pulverización catódica, no es necesario que el sustrato sea aislante en el caso del sensor 400. La matriz de puntos 450 se deposita a continuación sobre la superficie de las capas de película fina, de nuevo, preferentemente mediante pulverización catódica, con una máscara para definir el tamaño y espaciado de los puntos.

El grosor de las pistas corrosivas se selecciona de acuerdo con el material a partir del cual están formadas las pistas y el tipo de aplicación del microsensado. Por ejemplo, para controlar componentes en un entorno marino, la tasa de corrosión es relativamente alta y, por lo tanto, se utiliza una película relativamente gruesa, por ejemplo, en el caso de una aleación de aluminio, se utilizan pistas corrosivas en la región que tienen de 50 μm a 500 μm de grosor. Sin embargo, para otras aplicaciones en las que en el entorno en el que se coloca el microsensado es menos corrosivo, se requiere una superior sensibilidad a la corrosión y, por lo tanto, se utilizan películas más finas para formar las pistas corrosivas. En el caso de controlar componentes de aeronaves no marino, el grosor de las pistas corrosivas es preferentemente de entre 0,5 μm y 10 μm , por ejemplo, aproximadamente 1,5 μm . El grosor de los puntos en cada una de las realizaciones anteriormente descritas es similar al grosor de la película fina pulverizada catódicamente de este modo.

Habiendo descrito la invención haciendo referencia a las diversas realizaciones específicas, cabe destacar que estas realizaciones son, en todos los sentidos, ejemplares. Se pueden realizar variaciones y modificaciones sin alejarse del alcance de la invención, el cual se define en las reivindicaciones adjuntas. Tales variaciones y modificaciones resultarán inmediatamente obvias para los expertos en la técnica. Por ejemplo, mientras que en lo anterior se ha descrito el uso de pistas conductoras lineales entre los terminales conductores de los sensores 100 y 200, los expertos en la técnica comprenderán que es posible utilizar pistas con una configuración distinta, tal como las pistas de serpentina descritas con respecto al sensor 300 de corrosión de acuerdo con la tercera realización de la invención. En el caso del sensor 200, opcionalmente, tales pistas de serpentina podrían utilizarse junto con regiones conductoras conformadas de forma complementaria. La forma de los puntos aplicados a la película fina de aluminio también se puede modificar. Puede resultar preferente, depositar, por ejemplo, puntos con forma hexagonal. La forma de los puntos puede escogerse según conveniencia para una técnica de fabricación dada. Además, puede desearse depositar franjas de cobre por todas las pistas de resistencia (en particular, en el caso de los sensores 100 y 200) para asegurar que se forma rápidamente una rotura en la pista de resistencia, dando como resultado un gran cambio en la resistencia medida por todos los terminales eléctricos. Además, mientras que anteriormente se ha descrito que los puntos tienen preferentemente un tamaño y un espaciado uniformes, cabe destacar que se prevén matrices de puntos tanto regulares como irregulares, ya que se piensa actualmente que el efecto de los puntos sobre las propiedades de la aleación estará dominado por su tamaño y espaciado promedio. Se pueden formar matrices regulares de puntos basándose en un número de distintos patrones, por ejemplo, para mejorar la simetría rotatoria del sensor.

Además, mientras que en lo anterior se ha descrito que las películas finales y los puntos de los sensores 100, 200, 300 y 400 de corrosión están formados de aluminio y cobre respectivamente, y que los sensores son para su uso en el control de los efectos de la corrosión sobre la serie 2000 de aleaciones de aluminio, cabe destacar que la presente invención puede aplicarse fácilmente utilizando otros materiales metálicos, dependiendo de la plataforma particular sobre la cual se van a utilizar los sensores, los materiales a partir de los cuales está fabricada la plataforma, así como el entorno en el que se van a hacer funcionar. La serie 2000 de aleaciones de aluminio se usa en gran medida en el sector aeronáutico y, de este modo, se espera que estos sensores encuentren aplicación en sistemas de control de la salud de aeronaves. Sin embargo, se prevé que, mediante la sustitución adecuada de metales del aluminio y el cobre en los sensores 100, 200 y 300, se podrían realizar realizaciones de la invención que son aplicables a plataformas fabricadas con distintos materiales. En la mayoría de los casos, se considera deseable que el metal a partir del cual están fabricados los puntos sea más noble que el metal a partir del cual está fabricada la película. De este modo, es la película la que se corroe, y no los puntos, dando como resultado, en el caso de los sensores 100, 200 y 300, una variación medible en la conductividad del sensor. En tales ejemplos, si los puntos son menos nobles que la película, los puntos se corroerán y habrá menos efecto medible en la resistencia del sensor. En el caso del sensor 400, tales consideraciones no resultan relevantes, siendo necesario solo que la inspección visual del sensor revele cualquier efecto de corrosión.

La determinación de qué metal de un par de metales es el más noble en presencia de un electrolito particular se puede realizar haciendo referencia a una serie galvánica. La serie galvánica enumera metales en orden de nobleza según se ha medido en presencia de un electrolito particular. Una serie galvánica ejemplar se establece en MIL-STD-889, un estándar militar publicado por el Departamento de Defensa de los EE.UU. titulado «Dissimilar Metals» y enumera un número de metales (incluidas aleaciones) en orden de su nobleza en presencia de agua marina, desde el más noble al menos noble. Cuando se encuentran en contacto pares de metales seleccionados de aquellos enumerados en presencia de agua marina, el metal más cerca al extremo «activo» o «menos noble» de la lista se corroerá galvánicamente.

Por supuesto, puede ser deseable utilizar un segundo material metálico para los puntos que sea distinto a cualquier constituyente de aleación, para potenciar la tasa de corrosión de la película fina, por ejemplo, se podría utilizar para

los puntos un metal noble tal como oro.

5 También es posible modificar los sensores 100, 200, 300 tal como se ha descrito anteriormente de modo que el sustrato está casi completamente cubierto con la película fina conductora. Tal modificación asegura que la pintura se pegará al sensor de forma más uniforme. Como apreciarán los expertos en la técnica, la pintura no se pegará al material del sustrato en el mismo grado que se adherirá a la película fina conductora y, por lo tanto, asegurando que el sustrato esté sustancialmente completamente cubierto con la película conductora (dejando solo huecos para definir las pistas 222, 223, 224 conductoras y los terminales 226, 227, en el ejemplo del sensor 200) puede asegurarse que el sensor imite más estrechamente el comportamiento de la estructura en bloque.

10 Los expertos en la técnica también apreciarán que, mientras que se ha descrito en lo anterior el uso de pinturas disponibles en el mercado para los sensores 100 y 200, puede ser necesario, cuando tales sensores van a readaptarse en vehículos existentes, mezclar pintura con una concentración de iones inhibidores adecuada para imitar el efecto de envejecimiento de la pintura en la estructura a controlar. También cabe destacar que las pinturas que comprenden inhibidores de corrosión están ampliamente disponibles por una cantidad de fabricantes, incluidos Akzo Nobel, Anac y Indestructible Paints, cuyos fabricantes son capaces de suministrar equivalentes a la pintura de imprimación PR205 utilizada en las realizaciones anteriormente descritas de la invención. Además, se prevé utilizar pinturas que comprenden inhibidores de corrosión distintos a iones de cromato. Se espera que tales pinturas se utilicen cada vez más en el futuro debido a los potenciales peligros de las pinturas que contienen cromato.

15 Los expertos en la técnica también apreciarán que se puede utilizar cualquier zona aislada de un segundo material metálico en lugar de zonas tipo puntos.

20 Finalmente, cabe destacar que se debe comprender claramente que cualquier característica descrita anteriormente en relación con cualquiera una realización se puede utilizar sola, o en combinación con otras características descritas, y también puede utilizarse en combinación con una o más características de cualquier otra de las realizaciones, o cualquier combinación de cualquier otra de las realizaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sensor (100, 200, 300, 400) de corrosión que comprende:

un sustrato (110, 210, 310) aislante;

una película (120, 220, 320) fina de un primer material metálico formado sobre el sustrato; y

5

caracterizado por:

un conjunto de zonas (150, 250, 250, 450) que comprenden un segundo material metálico provisto en la superficie de la película fina, seleccionándose el segundo material metálico de modo que, en uso del sensor, el segundo material metálico es catódico con respecto al primer material metálico;

10

terminales (126, 127, 226, 227, 326, 327) eléctricos definidos en la película fina de modo que se puede controlar la resistencia eléctrica de la película fina; y

una pluralidad de pistas (122, 123, 124, 222, 223, 224, 322) de resistencia definidas en la película fina que conecta los terminales eléctricos, y en donde las zonas que comprenden un segundo material metálico se proporcionan en la superficie de las pistas de resistencia.

15

2. Un sensor como se reivindica en la reivindicación 1 en donde las zonas se forman sobre la superficie de la película fina.

3. Un sensor como se reivindica en la reivindicación 1 o 2, en donde los terminales eléctricos se protegen de los efectos de la corrosión.

20

4. Un sensor como se reivindica en cualquiera una de las reivindicaciones anteriores, en donde una capa de pintura cubre la película fina, definiendo la capa una pluralidad de defectos (132, 133, 134, 242, 243, 244) dispuestos de modo que al menos una parte de cada pista de resistencia está expuesta por uno de la pluralidad de defectos.

25

5. Un sensor como se reivindica en la reivindicación 4, en donde la pintura comprende un inhibidor de corrosión.

25

6. Un sensor como se reivindica en la reivindicación 5, en donde la película fina define una pluralidad de regiones (230) conductoras separadas de las pistas de resistencia y los terminales eléctricos, proporcionándose las regiones conductoras adyacentes a las pistas de resistencia.

30

7. Un sensor como se reivindica en cualquier reivindicación anterior, en donde las zonas tienen un diámetro en el intervalo de entre 10 µm a 1mm.

30

8. Un sensor como se reivindica en cualquier reivindicación anterior, en donde las zonas están espaciadas por una distancia no inferior a su diámetro y en el intervalo de 10 µm a 1mm.

35

9. Un sensor como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 para su uso en el control de los efectos de la corrosión en una aleación, en donde el primer material metálico es el constituyente principal de la aleación y, el segundo material metálico es un constituyente secundario de la aleación.

35

10. Un vehículo que comprende una pluralidad de sensores como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

40

11. Un método de fabricación de un sensor (100, 200, 300, 400) de corrosión que comprende las etapas de:

(i) proporcionar un sustrato (110, 210, 310) aislante;

(ii) depositar una película (120, 220, 320) fina de un primer material metálico sobre el sustrato aislante; y

40

caracterizado por:

(iii) depositar zonas (150, 250, 250, 450) de un segundo material metálico sobre la película fina, seleccionándose el segundo material metálico de modo que, en uso del sensor, el segundo material metálico es catódico con respecto al primer material metálico,

45

(iv) definir terminales eléctricos en la película fina de modo que se puede controlar la resistencia eléctrica de la película fina.

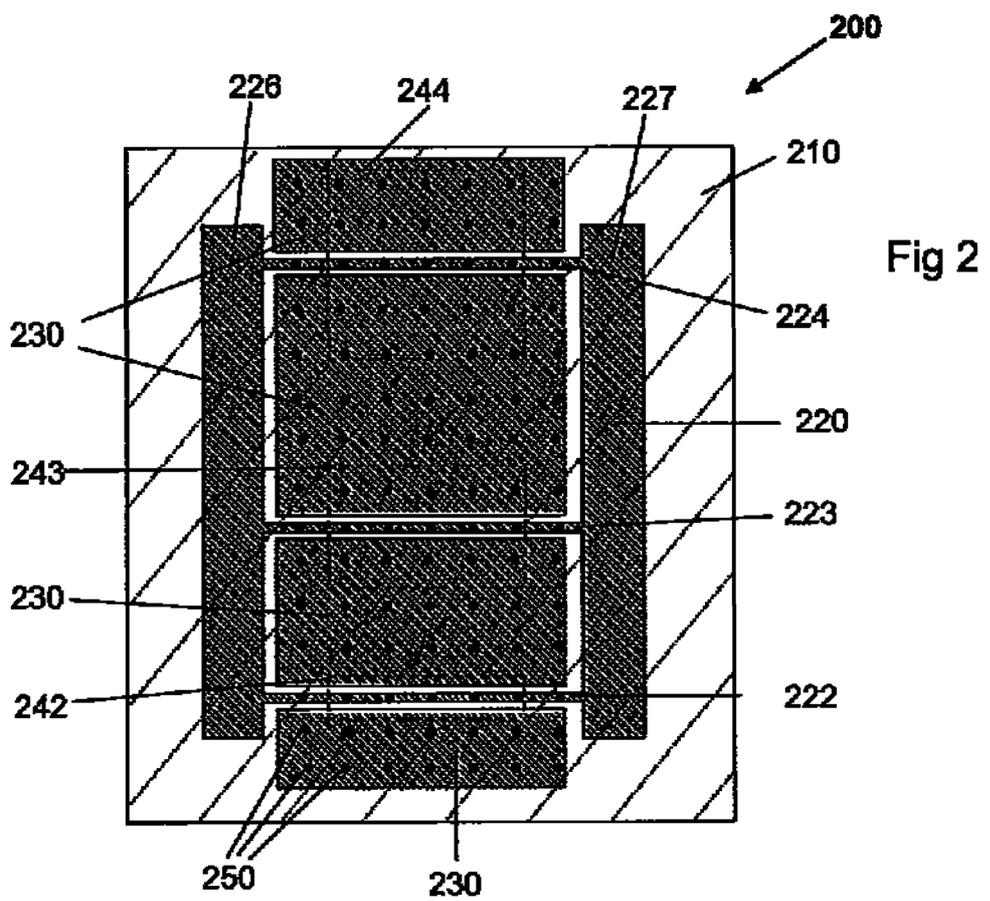
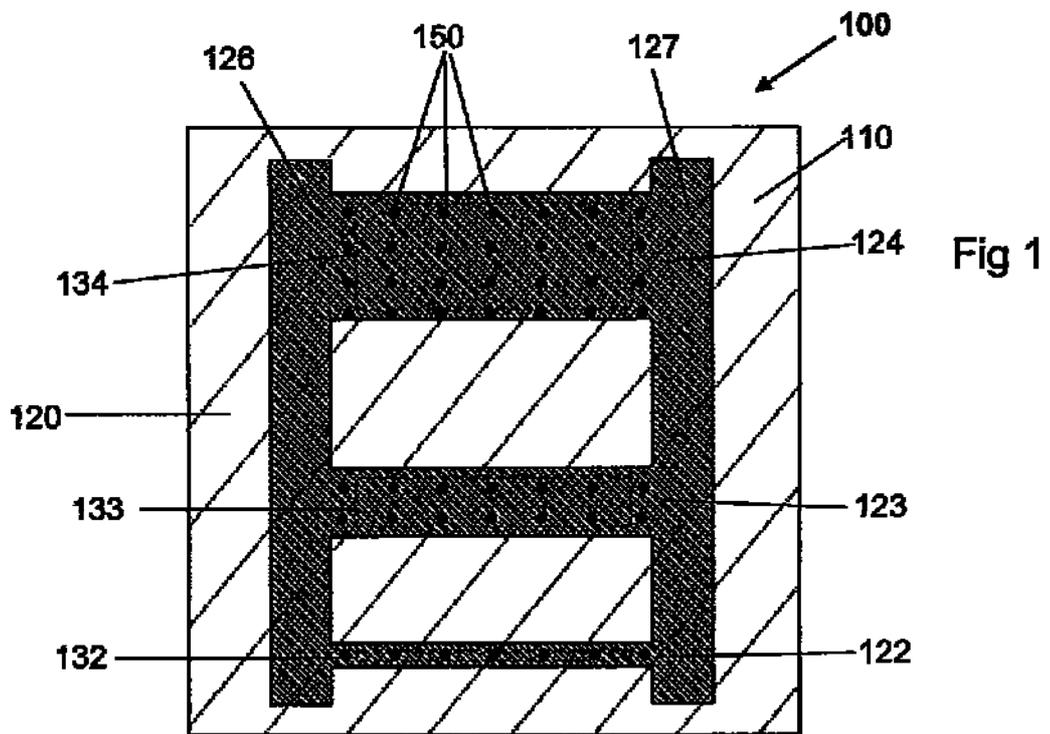
(v) definir una pluralidad de pistas de resistencia en la película fina que conecta los terminales

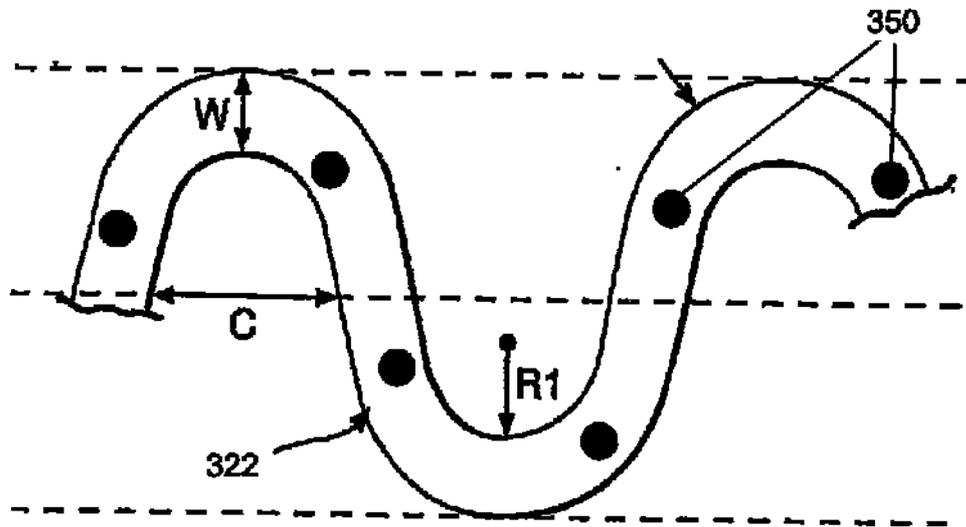
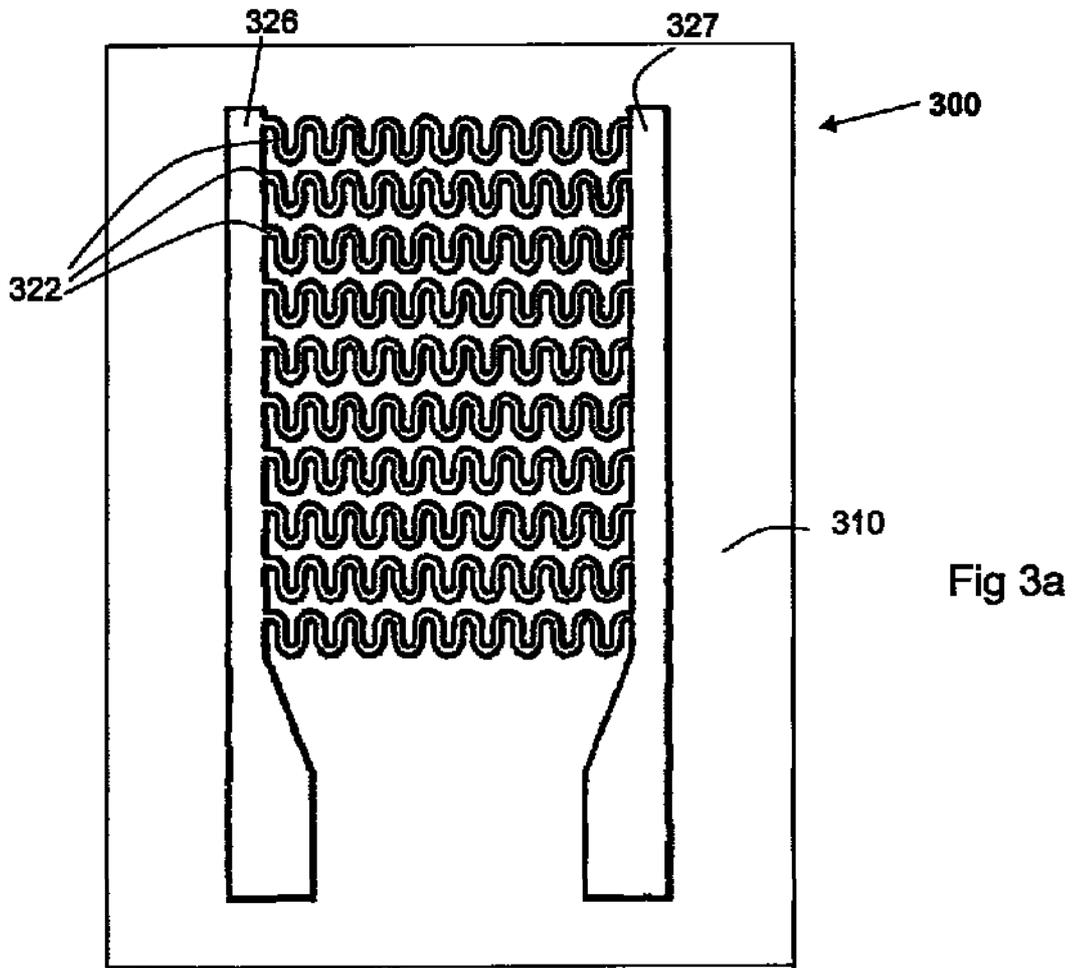
eléctricos, en donde las zonas que comprenden el segundo material metálico se proporcionan en la superficie de las pistas de resistencia.

12. Un método como se reivindica en la reivindicación 11 que comprende adicionalmente la etapa:

5

(vi) retirar material de la película fina para definir pistas (122, 123, 124, 222, 223, 224, 322) de resistencia.





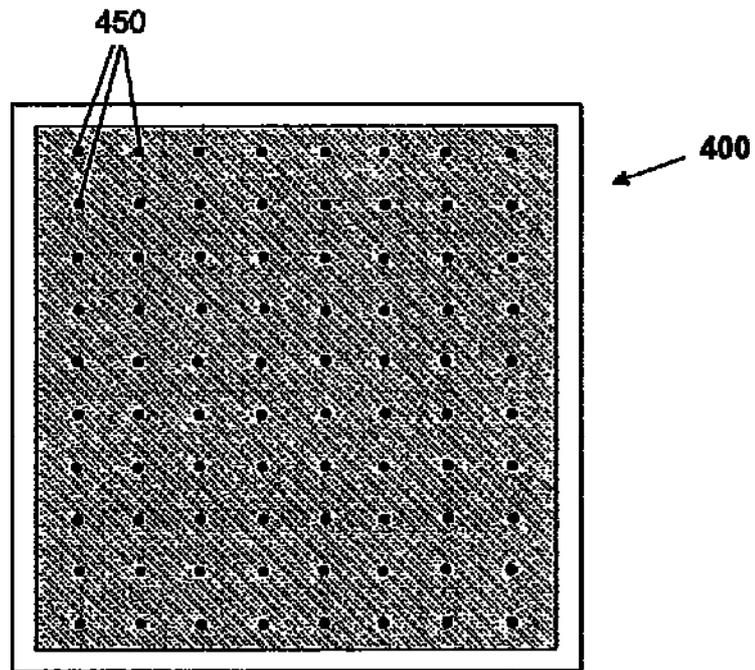


Fig 4