



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 983 208**

⑮ Int. Cl.:
G01N 17/04
(2006.01)

⑫

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑯ Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.06.2021 PCT/GB2021/051632**

⑰ Fecha y número de publicación internacional: **06.01.2022 WO22003330**

⑯ Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.06.2021 E 21740175 (1)**

⑯ Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.05.2024 EP 4172593**

④ Título: **Sensor de corrosión**

⑩ Prioridad:
29.06.2020 GB 202009855

⑤ Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.10.2024

⑪ Titular/es:
**BAE SYSTEMS PLC (100.0%)
6 Carlton Gardens
London SW1Y 5AD, GB**

⑫ Inventor/es:
**BALMOND, MARK DAVID;
STURLAND, IAN MICHAEL;
GOUGH, DAVID WILLIAM y
FIGGURES, CHRISTOPHER COLIN**

⑬ Agente/Representante:
DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 983 208 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

Sensor de corrosión

5 **Campo**

La presente invención se refiere a sensores de corrosión, para supervisar la corrosión de un metal cuando se monta in situ sobre el mismo.

10 **Antecedentes de la invención**

La corrosión es un problema que genera elevados gastos generales de mantenimiento y reparación en muchas industrias diferentes. Es necesario detectar a tiempo los problemas causados por la corrosión con el fin de poner en marcha estrategias eficaces de mitigación, por lo que se han desarrollado diversos métodos diferentes para detectar 15 la corrosión de los metales.

La corrosión de los metales utilizados en las estructuras aeronáuticas es un problema de gran envergadura y costoso para la industria aeroespacial, que exige un coste anual estimado superior a 2.000 millones de dólares, de los cuales 2.000 millones corresponden al mantenimiento de la corrosión. A pesar de este elevado coste de mantenimiento de la corrosión, la corrosión sigue siendo una causa común de daños en los componentes metálicos y es responsable de alrededor del 25 % de todos los fallos de componentes metálicos en aeronaves; sólo la fatiga es responsable de más fallos.

25 Los sensores de corrosión conocidos normalmente comprenden películas delgadas conductoras con patrones proporcionadas sobre sustratos y se usan como sensores resistivos.

Por ejemplo, un sensor de corrosión conocido comprende una película delgada conductora con patrones proporcionada sobre un sustrato, en el que la película delgada es de un material, normalmente un metal, que tiene 30 características de corrosión representativas de las de un metal de una estructura sobre la que está montado el sensor de corrosión. El sensor de corrosión define un conjunto de elementos de detección, por ejemplo, elementos de detección lineales o sinuosos, que se extienden entre terminales comunes, en donde los elementos de detección respectivos están, por tanto, en paralelo. Se proporciona un revestimiento, por ejemplo, pintura que incluye opcionalmente un inhibidor de la corrosión, sobre el sustrato y los elementos de detección. Los defectos (también conocidos como perforaciones) pueden incluirse deliberadamente en el revestimiento, por ejemplo, mediante enmascaramiento, revelando de este modo, al menos en parte, los elementos de detección a los medios corrosivos.

35 La resistencia general inicial del sensor de corrosión (es decir, antes de la acción de los medios corrosivos) se determina, al menos en parte, por la resistividad de la película delgada conductora y las longitudes y áreas de sección transversal respectivas de los elementos de detección. La resistividad está predeterminada por la selección del 40 material para la película delgada conductora, que se selecciona en función del metal de la estructura sobre la que está montado el sensor de corrosión. Las longitudes respectivas de los elementos de detección están limitadas por la necesidad de un sensor de corrosión compacto. Las áreas de sección transversal respectivas de los elementos de detección están determinadas por los espesores y anchuras respectivos. Normalmente, el espesor es superior a 150 nm, de tal manera que la corrosión de los elementos de detección es representativa del metal de la estructura. La anchura está limitada por el requisito de que los defectos, que normalmente tienen una anchura mínima de 0,2 mm, revelen solamente partes de los elementos de detección, en lugar del sustrato.

45 En general, la acción de los medios corrosivos en los elementos de detección aumenta la resistencia general de los mismos, medida entre los terminales comunes. El aumento medido de la resistencia general puede estar relacionado 50 con los efectos de la corrosión del metal de la estructura sobre la que está montado el sensor de corrosión. Si se incluye un inhibidor de la corrosión en la pintura, la resistencia general a menudo puede permanecer relativamente constante hasta que se agote un depósito del inhibidor de la corrosión en la pintura cerca de un defecto particular, por ejemplo, con lo cual la resistencia general aumentará. Normalmente, los elementos de detección revelados, al menos en parte, por defectos relativamente más grandes comienzan a corroerse antes.

55 Sin embargo, las sensibilidades de los sensores de corrosión conocidos, por ejemplo, a los efectos de la corrosión de inicio temprano y/o de la corrosión local, son relativamente bajas, de tal manera que la corrosión de los metales de las estructuras en las que están montados estos sensores de corrosión conocidos puede no detectarse de manera responsiva.

60 El documento US2018259442 describe un dispositivo de supervisión ambiental corrosivo que comprende una carcasa, una primera película metálica delgada, una segunda película metálica delgada y terminales. La carcasa tiene una abertura en un lado y los otros lados de la carcasa están sellados para formar un espacio en el interior de la carcasa. La primera película metálica delgada se extiende en una dirección del fondo del espacio hacia la abertura y es resistente a la corrosión por una sustancia corrosiva y sirve como miembro de soporte. La segunda película metálica delgada se extiende en el espacio en una dirección del fondo del espacio hacia la abertura y está soportada por la 65

5 primera película metálica delgada. La segunda película metálica delgada es susceptible a la corrosión por la sustancia corrosiva y sirve como elemento de medición. Los terminales están dispuestos en ambos extremos de la primera película metálica delgada, donde se debe aplicar una tensión externa a los terminales. La primera película metálica delgada incluye una primera película metálica delgada que se extiende en una dirección del fondo del espacio hacia la abertura. La segunda película metálica delgada está dispuesta en uno o ambos lados de la una primera película metálica delgada y se extiende en el espacio en una dirección del fondo hacia la abertura.

10 El documento US2007120572 describe sensores de corrosión que tienen uno o más elementos de corrosión de impedancia reactiva lineal capaces de detectar corrosiones tanto generales como locales, y métodos para su detección.

15 El documento US2011187395 describe un sensor de corrosión que comprende un sustrato aislante, una película delgada de un primer material metálico formada sobre el sustrato y una matriz de áreas que incluye un segundo material metálico proporcionado en la superficie de la película delgada.

15 Por consiguiente, existe la necesidad de mejorar los sensores de corrosión.

Resumen de la invención

20 Es un objetivo de la presente invención, entre otros, proporcionar un sensor de corrosión que obvie o mitigue al menos parcialmente al menos algunas de las desventajas de la técnica anterior, ya sea identificada en la presente memoria o en otro lugar. Por poner un ejemplo, un objetivo de las realizaciones de la invención es proporcionar un sensor de corrosión que tenga una sensibilidad mejorada, en comparación con los sensores de corrosión conocidos. Por poner un ejemplo, un objetivo de las realizaciones de la invención es proporcionar un método para supervisar la corrosión que permita la identificación de los efectos de la corrosión de inicio temprano y/o de la corrosión local.

25 Un primer aspecto proporciona un sensor de corrosión que comprende:

30 un sustrato; y

30 una capa conductora con patrones proporcionada sobre el sustrato, en donde la capa conductora define:

35 un terminal común;

35 un conjunto de terminales, que incluye un primer terminal y un segundo terminal;

40 un conjunto de elementos de detección, que incluye un primer elemento de detección y un segundo elemento de detección, en donde los elementos de detección respectivos del conjunto de los mismos están acoplados eléctricamente al terminal común y a los terminales respectivos del conjunto de los mismos, de tal manera que los

40 terminales respectivos del conjunto de los mismos son específicos de los elementos de detección respectivos del conjunto de los mismos; y

45 un conjunto de regiones conductoras, que incluye una primera región conductora.

45 Las regiones conductoras respectivas del conjunto de las mismas están dispuestas entre los elementos de detección respectivos del conjunto de los mismos y aisladas eléctricamente de los mismos. Es más, la primera región conductora comprende un primer conjunto de subregiones conductoras, que incluyen una primera subregión conductora y una segunda subregión conductora, en donde las subregiones conductoras respectivas del conjunto de las mismas están mutuamente aisladas eléctricamente.

50 Un segundo aspecto proporciona un sistema de detección de corrosión que comprende un conjunto de sensores de corrosión, que incluye un primer sensor de corrosión y un segundo sensor de corrosión, según el primer aspecto.

55 Un tercero aspecto proporciona una estructura que comprende un sensor de corrosión según el primer aspecto o un sistema de detección de corrosión según el segundo aspecto.

60 Un cuarto aspecto proporciona un método para supervisar la corrosión usando un sensor de corrosión según el primer aspecto, comprendiendo el método:

60 medir, por ejemplo de forma continua, periódica, intermitente, sucesiva y/o cíclica, las resistencias respectivas entre el terminal común y los terminales respectivos del conjunto de los mismos.

Descripción detallada de la invención

Según la presente invención se proporciona un sensor de corrosión como se expone en las reivindicaciones adjuntas. También se proporciona un sistema de detección de corrosión, una estructura y un método. Otras características de la invención resultarán evidentes a partir de las reivindicaciones dependientes y la descripción que sigue.

5 Sensor de corrosión

El primer aspecto proporciona un sensor de corrosión que comprende:

10 un sustrato; y

una capa conductora con patrones proporcionada sobre el sustrato, en donde la capa conductora define:

15 un terminal común;

15 un conjunto de terminales, que incluye un primer terminal y un segundo terminal; y

un conjunto de elementos de detección, que incluye un primer elemento de detección y un segundo elemento de detección;

20 en donde los elementos de detección respectivos del conjunto de los mismos están acoplados eléctricamente al terminal común y a los terminales respectivos del conjunto de los mismos.

Dado que los elementos de detección respectivos del conjunto de los mismos están acoplados eléctricamente al

25 terminal común y a los terminales respectivos del conjunto de los mismos, las resistencias respectivas de los elementos de detección del conjunto de los mismos pueden medirse individualmente, en lugar de medir solamente la resistencia general como en el caso de los sensores de corrosión conocidos. De esta manera, se mejora la sensibilidad del sensor de corrosión, ya que se pueden monitorizar las resistencias individuales de los elementos de detección. De esta manera, el sensor de corrosión permite la identificación de los efectos de la corrosión de inicio temprano y/o de la corrosión local, de tal manera que la corrosión del metal de la estructura sobre la que está montado el sensor de corrosión pueda detectarse de manera más receptiva. Al detectar la corrosión con mayor capacidad de respuesta, el remedio se puede realizar antes, reduciendo de este modo el coste y/o la complejidad asociados con la corrosión.

30 En particular, los inventores han observado que cuando se mide la resistencia global de los sensores conocidos, la

35 resistencia general está dominada por la corrosión de elementos de detección particulares, normalmente un único elemento de detección particular, ya que los elementos de detección están en paralelo. Por tanto, la corrosión de los otros elementos de detección puede no distinguirse o solamente tener una sensibilidad relativamente baja. Es decir, los efectos de corrosión de inicio temprano y/o de corrosión local de los otros elementos de detección normalmente no se pueden medir cuando la resistencia general está dominada por la corrosión de los elementos de detección particulares, de tal manera que la corrosión del metal de la estructura sobre la que está montado el sensor de corrosión 40 puede no detectarse de manera receptiva. Por ejemplo, el cambio de resistencia debido a los efectos de la corrosión local, tales como exfoliación, corrosión intergranular, corrosión por picaduras, corrosión de fisura y/o corrosión por tensión, puede no ser proporcional al grado de corrosión, de tal manera que los efectos de la corrosión local pueden no detectarse de forma fiable midiendo la resistencia general.

45 Por el contrario, al medir individualmente las resistencias respectivas de los elementos de detección del conjunto de los mismos, puede supervisarse la corrosión de cada elemento de detección, lo que permite la detección de los efectos de la corrosión de inicio temprano y/o de la corrosión local, tales como exfoliación, corrosión intergranular, corrosión por picaduras, corrosión de fisura y/o corrosión por tensión. En otras palabras, el problema con los sensores de

50 corrosión conocidos, en los que se mide la resistencia general, es que se pierde información porque no siempre es evidente qué elemento de detección (o combinación de elementos de detección) está dando lugar a cambios medidos en la resistencia general. Esto es particularmente beneficioso para saber qué elemento de detección está dando lugar a cambios de medición cuando los elementos de detección tienen diferentes anchuras y/o longitudes y, por consiguiente, son útiles para indicar la corrosión en diferentes etapas. Esto es especialmente beneficioso cuando se supervisan perforaciones de diferentes anchuras y/o longitudes en un revestimiento o cuando se utiliza un sensor de corrosión sin revestimiento que comprende un conjunto de elementos de detección con diferentes debilidades respectivas.

55 El sensor de corrosión es especialmente adecuado para su uso como sensor de agotamiento del inhibidor, como se describe a continuación con más detalle. En particular, los inhibidores complejos pueden contribuir a múltiples mecanismos de inhibición que actúan en momentos diferentes. Al medir la resistencia general usando sensores conocidos, tales mecanismos de inhibición múltiples que actúan en momentos diferentes pueden no ser observables. Por el contrario, al medir individualmente las resistencias respectivas de los elementos de detección del conjunto de los mismos, pueden observarse tales mecanismos de inhibición múltiples que actúan en momentos diferentes.

Sustrato

El sensor de corrosión comprende el sustrato.

Debe entenderse que el sustrato comprende un material aislante adecuado para proporcionar la capa conductora con patrones en su interior. En un ejemplo, el material aislante comprende y/o es una composición polimérica que comprende un polímero (es decir, un sustrato polimérico). Los sustratos poliméricos adecuados típicos incluyen Mylar (RTM) y poliimida. Se conocen otros sustratos poliméricos adecuados. En un ejemplo, el material aislante comprende y/o es un óxido aislante, por ejemplo, dióxido de silicio. En un ejemplo, el material aislante se proporciona sobre una capa conductora.

10 Capa conductora con patrones

El sensor de corrosión comprende la capa conductora con patrones proporcionada sobre el sustrato. Se conoce la formación de patrones de capas conductoras sobre sustratos para sensores de corrosión.

15 En un ejemplo, la capa conductora se proporciona sobre el sustrato mediante deposición, por ejemplo, deposición física de vapor, tal como la deposición por pulverización catódica (incluida la pulverización catódica por haz de iones, la pulverización catódica reactiva, la deposición asistida por iones, la pulverización catódica de alta utilización la pulverización catódica con magnetrones de impulso de alta potencia y la pulverización catódica por flujo de gas), la deposición por arco catódico, la deposición física de vapor por haz de electrones, la deposición por evaporación, la sublimación en espacio cerrado y/o la deposición por láser pulsado. Se conocen otros métodos de deposición adecuados, por ejemplo, la deposición química de vapor, el recubrimiento iónico, la deposición en película delgada y la deposición asistida por haz de iones. Dichos métodos de deposición son particularmente adecuados para capas conductoras relativamente más delgadas. Se pueden proporcionar capas conductoras relativamente más gruesas sobre el sustrato mediante galvanoplastia, inmersión y/o unión de láminas, por ejemplo, de forma adhesiva, al sustrato.

20 25 En un ejemplo, la capa conductora se recuece después de la deposición. De esta manera, se promueve el crecimiento de granos en la capa conductora, de tal manera que la capa conductora tiene características de corrosión relativamente más representativas que las de un metal de una estructura sobre la que está montado el sensor de corrosión. Al aumentar el tamaño de grano de la capa conductora, se mejora la detección de las primeras etapas de la corrosión localizada. Dado que la corrosión localizada se inicia en sitios específicos, tales como los límites de los granos y/o las fases intermetálicas específicas, la producción de capas conductoras que tienen composiciones similares a las de los límites de los granos y/o a las fases intermetálicas de los metales a granel mejora la detección de dicha corrosión localizada.

30 35 40 En un ejemplo, la capa conductora no se recuece después de la deposición. Particularmente y sin desear quedar ligado a teoría alguna, la sensibilidad a la corrosión de los elementos de detección puede controlarse, en cierta medida, ajustando las anchuras de los huecos entre los elementos de detección y/o las regiones conductoras. Es decir, las anchuras de los huecos pueden predeterminarse de tal manera que la sensibilidad a la corrosión de un elemento de detección no recocido aumente para que sea similar o igual a la de un elemento de detección recocido. Al omitir el recocido, se simplifica la fabricación del sensor.

En un ejemplo, la capa conductora se forma con patrones, por ejemplo, mediante un patrón fotolitográfico, por ejemplo, después de la deposición o después del recocido.

45 50 En un ejemplo, la capa conductora comprende y/o es un metal, por ejemplo, una aleación. Normalmente, el metal tiene características de corrosión representativas de las de (es decir, imita) un metal de una estructura sobre la que está montado el sensor de corrosión. En un ejemplo, la composición del metal de la capa conductora es similar a la composición del metal de la estructura, y normalmente incluye adiciones de aleación sustitutivas dentro de aproximadamente el 3 % en peso, preferiblemente dentro del 1 % en peso de la del metal de la estructura. Las adiciones de aleación sustitutivas incluidas en el metal de la estructura a concentraciones relativamente bajas, por ejemplo, como máximo el 3 % en peso, pueden estar presentes en una cantidad de como máximo el 1 % en peso u omitirse del metal de la capa conductora. Las adiciones de aleaciones intersticiales pueden incluirse mutatis mutandis.

55 60 En un ejemplo, el metal de la estructura comprende y/o es una aleación de aluminio, por ejemplo, una aleación de aluminio de la serie 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, preferiblemente una aleación de aluminio de la serie 1000, 2000, 6000, 7000 u 8000, preferiblemente una serie 2000, una serie 4000, una serie 5000, una aleación de aluminio de la serie 6000, 7000 u 8000 que tenga cualquier designación de temple aplicable (es decir, -F, -H, -H1, -H2, -H3, -HX2, -HX4, -HX6, -HX8, -HX9, -O, -T, -T1, -T2, -T3, -T4, -T5, -T51, -T510, -T511, -T52, -T6, -T7, -T8, -T9, -T10, -W). En un ejemplo, el metal de la capa conductora se corresponde con, por ejemplo, es similar a la aleación de aluminio.

En un ejemplo, la aleación de aluminio es una aleación de aluminio aeroespacial seleccionada de: 1420, 2004, 2014, 2017, 2020, 2024, 2080, 2090, 2091, 2095, 2124, 2219, 2224, 2324, 2519, 2524, 4047, 6013, 6061, 6063, 6113, 6951, 7010, 7049, 7050, 7055, 7068, 7075, 7079, 7093, 7150, 7178, 7475 y 8009.

En un ejemplo, la aleación de aluminio es una aleación de aluminio marino seleccionada de: 5052, 5059, 5083, 5086, 6061 y 6063.

5 En un ejemplo, el metal de la capa conductora comprende Cu en un intervalo del 2 % en peso al 8 % en peso, por ejemplo, el 5 % en peso, y el resto de Al e impurezas inevitables, adecuado para cuando el metal de la estructura comprende y/o es una aleación de aluminio de la serie 2000, tal como una aleación Al-Cu o Al-Si-Cu, por ejemplo 2004, 2014, 2017, 2020, 2024, 2080, 2090, 2091, 2095, 2124, 2219, 2224, 2324, 2519, 2524. En un ejemplo, el metal de la capa conductora comprende una u otras condiciones de aleación en cantidades correspondientes a la aleación de aluminio de la serie 2000.

10 En un ejemplo, el metal de la capa conductora comprende Si en un intervalo del 5 % en peso al 20 % en peso, por ejemplo el 12 % en peso, y el resto de Al e impurezas inevitables, adecuado para cuando el metal de la estructura comprende y/o es una aleación de aluminio de la serie 4000, tal como una aleación de Al-Si, por ejemplo 4047. En un ejemplo, el metal de la capa conductora comprende una u otras condiciones de aleación en cantidades correspondientes a la aleación de aluminio de la serie 4000.

15 En un ejemplo, el metal de la capa conductora comprende Mg en un intervalo del 2 % en peso al 8 % en peso, por ejemplo, el 5 % en peso, y el resto de Al e impurezas inevitables, adecuado para un sensor de corrosión en donde el metal de la estructura comprende y/o es una aleación de aluminio de la serie 5000, tal como una aleación de Al-Mg, por ejemplo, 5052, 5059, 5083, 5086. En un ejemplo, el metal de la capa conductora comprende una u otras condiciones de aleación en cantidades correspondientes a la aleación de aluminio de la serie 5000.

20 En un ejemplo, el metal de la capa conductora comprende Mg en un intervalo del 0,3 % en peso al 1,2 % en peso, por ejemplo el 0,8 % en peso, Si en un intervalo del 0,3 % en peso al 1,2 % en peso, por ejemplo, el 0,8 % en peso, y el resto de Al e impurezas inevitables, adecuado para un sensor de corrosión en donde el metal de la estructura comprende y/o es una aleación de aluminio de la serie 6000, tal como una aleación de Al-Mg-Si, por ejemplo 6013, 6061, 6063, 6113, 6951. En un ejemplo, el metal de la capa conductora comprende una u otras condiciones de aleación en cantidades correspondientes a la aleación de aluminio de la serie 6000.

25 30 En un ejemplo, el metal de la capa conductora comprende Zn en un intervalo del 2 % en peso al 8 % en peso, por ejemplo el 5 % en peso, y el resto de Al e impurezas inevitables, adecuado para un sensor de corrosión en donde el metal de la estructura comprende y/o es una aleación de aluminio de la serie 7000, tal como una aleación de Al-Zn, por ejemplo 7010, 7049, 7050, 7055, 7068, 7075, 7079, 7093, 7150, 7178, 7475. En un ejemplo, el metal de la capa conductora comprende una u otras condiciones de aleación en cantidades correspondientes a la aleación de aluminio de la serie 7000.

35 40 En un ejemplo, el metal de la capa conductora comprende Li en un intervalo del 1 % en peso al 4 % en peso, por ejemplo el 2 % en peso, y el resto de Al e impurezas inevitables, adecuado para un sensor de corrosión en donde el metal de la estructura comprende y/o es una aleación de aluminio de la serie 8000, tal como una aleación de Al-Li, por ejemplo 8009. En un ejemplo, el metal de la capa conductora comprende una u otras condiciones de aleación en cantidades correspondientes a la aleación de aluminio de la serie 8000.

45 En un ejemplo, el metal de la capa conductora se corresponde con, por ejemplo, es similar al metal de la estructura, en donde el metal de la estructura comprende y/o es una aleación marina, por ejemplo seleccionada de una aleación de cobre y níquel, por ejemplo una aleación de Cu-30Ni (% en peso); acero marino, por ejemplo DH36; bronce de aluminio, por ejemplo Cu-6Al-2Ni (% en peso); y un acero inoxidable, por ejemplo Fe-18Cr-8Ni-bajo C (% en peso).

50 En un ejemplo, el metal de la capa conductora se corresponde con, por ejemplo, es similar al metal de la estructura, en donde el metal de la estructura comprende y/o es una aleación de níquel, por ejemplo, Inconel 600 (RTM) o Inconel 718 (RTM); titanio puro o una aleación de titanio, tal como Ti-6Al-4V (% en peso); o un acero de blindaje.

Terminal común y conjunto de terminales

55 La capa conductora define el terminal común. Debe entenderse que el terminal común es común a los elementos de detección respectivos del conjunto de los mismos, es decir, está acoplado eléctricamente a los mismos. En un ejemplo, el terminal común comprende y/o es una almohadilla, por ejemplo, una almohadilla cuadrada o rectangular, que se ajusta a una interfaz estándar, por ejemplo, un conector de cable. De esta manera, un dispositivo de medición externo puede acoplarse eléctricamente al terminal común con facilidad.

60 65 La capa conductora define el conjunto de terminales, que incluye el primer terminal y el segundo terminal. Debe entenderse que el conjunto de terminales no incluye el terminal común. Debe entenderse que los terminales respectivos del conjunto de los mismos no son comunes a los elementos de detección respectivos del conjunto de los mismos, por ejemplo, el terminal común. Debe entenderse que los terminales respectivos del conjunto de los mismos son específicos de los elementos de detección respectivos del conjunto de los mismos, es decir, solamente están acoplados eléctricamente a los mismos. En un ejemplo, los elementos de detección respectivos del conjunto de los mismos solamente están acoplados eléctricamente al terminal común y a los terminales respectivos del conjunto de

los mismos, por ejemplo, en donde el primer elemento de detección solamente está acoplado eléctricamente al terminal común y al primer terminal y en donde el segundo elemento de detección solamente está acoplado eléctricamente al terminal común y al segundo terminal. En un ejemplo, los terminales respectivos del conjunto de los mismos son específicos para, por ejemplo, acoplarse eléctricamente de manera específica o solamente acoplarse eléctricamente a los elementos de detección respectivos del conjunto de los mismos. Es decir, los terminales respectivos del conjunto de los mismos están mutuamente aislados eléctricamente y los elementos de detección respectivos del conjunto de los mismos están mutuamente aislados eléctricamente (es decir, mutuamente aislados eléctricamente), excepto a través del terminal común. De esta manera, las resistencias respectivas de los elementos de detección respectivos del conjunto de los mismos pueden medirse de forma independiente, entre el terminal común y los terminales respectivos del conjunto de los mismos. Los terminales respectivos del conjunto de los mismos pueden ser como se ha descrito con respecto al terminal común mutatis mutandis. En un ejemplo, el conjunto de terminales incluye terminales T, que incluyen el primer terminal y el segundo terminal, en donde T es un número natural superior o igual a 2, por ejemplo 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 o más. En un ejemplo, el sensor de corrosión comprende un elemento de acoplamiento conductor, que se puede disponer o dispuesto para acoplar conductivamente dos o más terminales del conjunto de los mismos. De esta manera, el sensor de corrosión puede conectarse a un dispositivo de medición heredado, por ejemplo.

En un ejemplo, el terminal común y los terminales respectivos del conjunto de los mismos están dispuestos en un mismo lado del sensor de corrosión. De esta manera, un dispositivo de medición externo se puede acoplar eléctricamente con facilidad al terminal común y a los terminales respectivos del conjunto de los mismos, al tiempo que se puede facilitar la protección de los terminales, por ejemplo, contra los medios corrosivos. En particular, no es deseable la corrosión de los terminales expuestos, que puede agravarse al entrar en contacto con un metal diferente, por ejemplo, un acoplamiento eléctrico.

En un ejemplo, los terminales respectivos del conjunto de los mismos están mutuamente alineados, equiespaciados y/o dimensionados, de tal manera que se adaptan a una interfaz estándar, por ejemplo, un conector de cable. Por ejemplo, los terminales respectivos del conjunto de los mismos pueden disponerse linealmente. De esta manera, un dispositivo de medición externo se puede acoplar eléctricamente con facilidad al terminal común y a los terminales respectivos del conjunto de los mismos, al tiempo que se puede facilitar la protección de los terminales, por ejemplo, contra los medios corrosivos, como se describió anteriormente.

En un ejemplo, el terminal común y los terminales respectivos del conjunto de los mismos están mutuamente alineados, equiespaciados y/o equidimensionados, de tal manera que se adaptan a una interfaz estándar, por ejemplo, un conector de cable. Por ejemplo, el terminal común y los terminales respectivos del conjunto de los mismos pueden disponerse linealmente. De esta manera, un dispositivo de medición externo se puede acoplar eléctricamente con facilidad al terminal común y a los terminales respectivos del conjunto de los mismos, al tiempo que se puede facilitar la protección de los terminales, por ejemplo, contra los medios corrosivos, como se describió anteriormente.

Elementos de detección

La capa conductora define el conjunto de elementos de detección, que incluye el primer elemento de detección y el segundo elemento de detección. Como entenderá el experto en la materia, la acción de los medios corrosivos sobre los respectivos elementos de detección del conjunto de los mismos aumenta sus resistencias respectivas. Debe entenderse que los elementos de detección respectivos del conjunto de los mismos están normalmente mutuamente separados.

Los elementos de detección respectivos del conjunto de los mismos están acoplados eléctricamente al terminal común y a los terminales respectivos del conjunto de los mismos. De esta manera, las resistencias respectivas de los elementos de detección del conjunto de los mismos pueden medirse individualmente midiendo las resistencias respectivas entre el terminal común y los terminales respectivos del conjunto de los mismos, aumentando de este modo la sensibilidad del sensor de corrosión, como se describió anteriormente.

Debe entenderse que las resistencias respectivas iniciales de los elementos de detección del conjunto de los mismos están determinadas, al menos en parte, por sus longitudes y áreas de sección transversal respectivas y la resistividad de la capa conductora.

En general, es preferible que el elemento de detección sea relativamente largo y que tenga un espesor relativamente pequeño, a fin de aumentar el cambio en la resistencia debido a la pérdida de espesor derivada de la corrosión. Convencionalmente, las resistencias respectivas iniciales de los elementos de detección son relativamente altas, por ejemplo superiores a 1 kΩ, de tal manera que se reducen los efectos de las resistencias de los cables de conexión, por ejemplo, en las mediciones. Sin embargo, al medir las resistencias individuales de los elementos de detección respectivos del conjunto de los mismos y/o al incorporar componentes electrónicos a bordo del sensor/dentro del paquete de sensores, los efectos de las resistencias de los cables de conexión, por ejemplo, pueden reducirse o eliminarse, lo que permite unas resistencias respectivas iniciales relativamente más bajas. Se conocen técnicas para atenuar los efectos de las resistencias de los cables de conexión, por ejemplo. En un ejemplo, la resistencia inicial del primer elemento de detección está en un intervalo de 0,1 Ω a 100 Ω, preferiblemente en un intervalo de 0,5 Ω a 50 Ω,

más preferiblemente en un intervalo de 1 Ω a 25 Ω, por ejemplo 5 Ω o 10 Ω. Las resistencias respectivas iniciales de los elementos de detección del conjunto de los mismos pueden ser las descritas con respecto al primer elemento de detección.

- 5 La resistividad está predeterminada mediante la selección del material, por ejemplo un metal, para la capa conductora, que se selecciona según el metal de la estructura sobre la que está montado el sensor de corrosión, como se describió anteriormente.
- 10 En general, al reducir las longitudes lineales respectivas de los elementos de detección del conjunto de los mismos, se puede reducir el tamaño del sensor de corrosión. La longitud neta de un elemento de detección puede aumentarse para una longitud lineal dada formando patrones con un elemento de detección sinusoidal, por ejemplo. De esta manera, la resistencia del elemento de detección sinusoidal aumenta para la longitud lineal dada. Sin embargo, el radio mínimo de curvatura de las curvas del elemento de detección sinusoidal debe estar predeterminado para evitar una mejora de la tasa de corrosión debido a la curvatura. En un ejemplo, el primer elemento de detección comprende y/o es un elemento de detección sinusoidal. En un ejemplo, el primer elemento de detección tiene una longitud neta en un intervalo de 1 L a 10 L, preferiblemente en un intervalo de 2 L a 8 L, más preferiblemente en un intervalo de 3 L a 5 L, en donde L es la longitud lineal del primer elemento de detección.
- 15 En un ejemplo, el primer elemento de detección comprende y/o es un elemento de detección lineal, que tiene, por ejemplo, una forma rectangular en vista en planta. De esta manera, se simplifica la formación de patrones. De manera adicional y/o alternativa, se facilita la formación de un conjunto de perforaciones, que incluye una primera perforación, en un revestimiento aplicado sobre el sensor de corrosión, ya que la formación de la primera perforación para revelar solamente el primer elemento de detección, o una parte del mismo, se simplifica para un elemento de detección lineal, en comparación con un elemento de detección sinusoidal, por ejemplo.
- 20 En un ejemplo, el primer elemento de detección tiene una longitud lineal en un intervalo de 5 mm a 50 mm, preferiblemente en un intervalo de 7,5 mm a 40 mm, más preferiblemente en un intervalo de 10 mm a 30 mm, por ejemplo 15 mm, 20 mm o 25 mm. De esta manera, el sensor de corrosión puede ser relativamente compacto.
- 25 En un ejemplo, las áreas de sección transversal respectivas de los elementos de detección están determinadas por los espesores y anchuras respectivos.
- 30 En un ejemplo, los elementos de detección respectivos del conjunto de los mismos tienen un espesor en un intervalo de 50 nm a 150 nm, preferiblemente en un intervalo de 75 nm a 125 nm, por ejemplo 100 nm. Al reducir el espesor, se pueden aumentar las resistencias respectivas de los elementos de detección del conjunto de los mismos. En particular, los inventores han observado que el espesor de los elementos de detección respectivos puede reducirse, en comparación con la comprensión convencional, al tiempo que se logran características de corrosión comparables con las del material a granel. En un ejemplo, los elementos de detección respectivos del conjunto de los mismos tienen el mismo espesor y, opcionalmente, tienen diferentes anchuras. De este modo, la fabricación es relativamente más sencilla. En un ejemplo, los elementos de detección respectivos tienen diferentes espesores y, opcionalmente, tienen la misma anchura. De esta manera, los efectos de la corrosión durante un período de tiempo prolongado pueden supervisarse, ya que los efectos de la corrosión en los elementos de detección relativamente más gruesos se producirán relativamente más tarde y viceversa.
- 35 Adicional y/o alternativamente, en un ejemplo, los elementos de detección respectivos del conjunto de los mismos tienen un espesor en un intervalo de 0,25 mm a 2,0 mm, preferiblemente en un intervalo de 0,50 mm a 1,5 mm, más preferiblemente en un intervalo de 0,75 mm a 1,25 mm, por ejemplo 1,0 mm. Es decir, el espesor puede ser relativamente superior, por ejemplo, para materiales que tienen tasas de corrosión relativamente altas, como los aceros suaves, y/o resistividades bajas.
- 40 En un ejemplo, el primer elemento de detección tiene una anchura en un intervalo de 0,1 mm a 25 mm, preferiblemente en un intervalo de 0,2 mm a 10 mm, más preferiblemente en un intervalo de 0,5 mm a 5,0 mm, por ejemplo, 0,6 mm, 0,8 mm, 1,0 mm, 2,0 mm, 3,0 mm o 4,0 mm. De esta manera, la supervisión de la corrosión puede incluir diferentes etapas de la misma. En un ejemplo, los elementos de detección respectivos del conjunto de los mismos tienen diferentes anchuras, por ejemplo, una serie de anchuras crecientes en los intervalos descritos anteriormente. De esta manera, la supervisión de la corrosión es relativamente más completa, lo que permite supervisar los efectos de la corrosión durante un período de tiempo prolongado.
- 45 En un ejemplo, el conjunto de elementos de detección incluye S elementos de detección, que incluye el primer elemento de detección y el segundo elemento de detección, donde S es un número natural superior o igual a 2, por ejemplo 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 o más. Al aumentar el número de elementos de detección, se puede mejorar la comprensión de la corrosión del metal de la estructura, por ejemplo, permitiendo que el sensor de corrosión proporcione una mejor indicación de los efectos promedio de la corrosión sobre el metal de la estructura, ya que, cuando solamente está presente un elemento de detección, los efectos locales no representativos del comportamiento del metal de la estructura en presencia de medios corrosivos pueden dominar la respuesta del sensor de corrosión.
- 50
- 55
- 60
- 65

En un ejemplo, el conjunto de elementos de detección incluye S elementos de detección y el conjunto de terminales incluye terminales T, en donde S es igual a T. Es decir, cada elemento de detección tiene un terminal correspondiente.

5 En un ejemplo, los elementos de detección respectivos del conjunto de los mismos son mutuamente paralelos y/o equiespaciados, por ejemplo, dispuestos de manera regular.

En un ejemplo, los elementos de detección respectivos del conjunto de los mismos están dispuestos de forma sustancialmente radial, por ejemplo radiando desde el terminal común (es decir, el cubo y el radio).

10 En un ejemplo, los elementos de detección respectivos del conjunto de los mismos están separados por una distancia en un intervalo de 1 mm a 25 mm, preferiblemente en un intervalo de 2 mm a 10 mm, más preferiblemente en un intervalo de 3 mm a 8 mm, por ejemplo, 3 mm, 4 mm, 5 mm, 6 mm, 7 mm u 8 mm. Si bien es deseable reducir la distancia entre los elementos de detección respectivos para aumentar la densidad numérica de los mismos y proporcionar un sensor de corrosión relativamente más compacto, cuando se proporciona un revestimiento, que incluye un inhibidor y que tiene un conjunto de perforaciones en el mismo, las perforaciones respectivas de su conjunto están preferiblemente espaciadas lo suficiente como para que el revestimiento entre las perforaciones respectivas proporcione un depósito suficiente del inhibidor. Dado que las perforaciones respectivas de su conjunto se corresponden preferiblemente con los elementos de detección respectivos del conjunto de los mismos, los elementos de detección respectivos están, por tanto, preferiblemente separados de manera correspondiente.

20 **Regiones conductoras**

En un ejemplo, la capa conductora define:

25 un conjunto de regiones conductoras, que incluye una primera región conductora;

en donde las regiones conductoras respectivas del conjunto de las mismas están dispuestas entre los elementos de detección respectivos del conjunto de los mismos y aisladas eléctricamente de los mismos.

30 De esta manera, la capa conductora con patrones se proporciona generalmente sobre el sustrato. De esta manera, las anchuras respectivas de los elementos de detección pueden ser relativamente estrechas, mientras que el resto de la superficie del sensor de corrosión, por debajo de un revestimiento aplicado, permanece al menos aproximadamente igual a la de la capa conductora sola debido a la presencia de las regiones conductoras. En particular, la mayor parte del sustrato puede estar cubierta por la capa conductora con patrones, en lugar de que el sustrato quede expuesto.

35 Esto proporciona un sensor de corrosión que tiene una resistencia relativamente mayor, al tiempo que reduce los riesgos de efectos de corrosión no representativos. De esta manera, el conjunto de regiones conductoras permite que la superficie del sensor de corrosión por debajo del revestimiento aplicado permanezca aproximadamente igual a la superficie por debajo del revestimiento aplicado de la estructura sobre la que está montado el sensor de corrosión, de modo que el sensor de corrosión proporciona una indicación precisa de los efectos de la corrosión en el metal de la estructura. Debe entenderse que la forma de la primera región conductora depende, al menos en parte, de la forma del conjunto de elementos de detección. Por ejemplo, si los elementos de detección son lineales, las regiones conductoras pueden ser rectangulares o cuadradas, por ejemplo. Por ejemplo, si los elementos de detección son sinusoidales, las regiones conductoras pueden conformarse en consecuencia. En un ejemplo, la capa conductora con patrones, por ejemplo las regiones conductoras y los elementos de detección, cubre una proporción del sustrato en un intervalo del 90 % al 99,9 %, preferiblemente en un intervalo del 92,5 % al 99 %, más preferiblemente en un intervalo del 95 % al 97,5 %.

40 En un ejemplo, las regiones conductoras respectivas del conjunto de las mismas están aisladas eléctricamente de los elementos de detección respectivos del conjunto de los mismos mediante huecos, que preferiblemente tienen anchuras sustancialmente uniformes y/o iguales. Las regiones conductoras pueden estar dispuestas estrechamente adyacentes a ambos lados del primer elemento de detección, de tal manera que aumenta la tasa de corrosión del primer elemento de detección. La anchura del hueco puede estar predeterminada para evitar la necesidad de recocer la capa conductora después de la deposición, como se describe en la presente memoria. Anteriormente, el recocido era necesario para garantizar que la corrosión de las pistas se produjera tan rápidamente como se esperaba para el material a granel, pero se ha descubierto que se puede lograr el mismo efecto utilizando el hueco estrecho. También es posible reducir aún más el hueco para garantizar que el sensor reaccione rápidamente ante cualquier corrosión potencialmente dañina. Puede haber huecos primero y segundo definidos entre el primer elemento de detección y las regiones conductoras, teniendo los huecos una anchura sustancialmente uniforme. En un ejemplo, el espacio está en un intervalo de 1 μm a 100 μm , preferiblemente en un intervalo de 5 μm a 75 μm , más preferiblemente en un intervalo de 10 μm a 50 μm , lo más preferiblemente en un intervalo de 15 μm a 25 μm , por ejemplo 19 μm o 20 μm . Los huecos relativamente más estrechos pueden provocar un aumento de la tasa de corrosión, pero si los huecos son demasiado estrechos, pueden producirse cortocircuitos entre los elementos de detección y las regiones conductoras vecinas. Por el contrario, los huecos relativamente más anchos exponen un área superficial relativamente mayor del sustrato, que tiene propiedades diferentes a las de la capa conductora. Se ha descubierto empíricamente que si una región conductora está suficientemente cerca de un elemento de detección, se mejora la tasa de corrosión del elemento de detección, lo que significa que la tasa de corrosión del elemento de detección se acelera en relación con la tasa de

45 En un ejemplo, las regiones conductoras respectivas del conjunto de las mismas están aisladas eléctricamente de los elementos de detección respectivos del conjunto de los mismos mediante huecos, que preferiblemente tienen anchuras sustancialmente uniformes y/o iguales. Las regiones conductoras pueden estar dispuestas estrechamente adyacentes a ambos lados del primer elemento de detección, de tal manera que aumenta la tasa de corrosión del primer elemento de detección. La anchura del hueco puede estar predeterminada para evitar la necesidad de recocer la capa conductora después de la deposición, como se describe en la presente memoria. Anteriormente, el recocido era necesario para garantizar que la corrosión de las pistas se produjera tan rápidamente como se esperaba para el material a granel, pero se ha descubierto que se puede lograr el mismo efecto utilizando el hueco estrecho. También es posible reducir aún más el hueco para garantizar que el sensor reaccione rápidamente ante cualquier corrosión potencialmente dañina. Puede haber huecos primero y segundo definidos entre el primer elemento de detección y las regiones conductoras, teniendo los huecos una anchura sustancialmente uniforme. En un ejemplo, el espacio está en un intervalo de 1 μm a 100 μm , preferiblemente en un intervalo de 5 μm a 75 μm , más preferiblemente en un intervalo de 10 μm a 50 μm , lo más preferiblemente en un intervalo de 15 μm a 25 μm , por ejemplo 19 μm o 20 μm . Los huecos relativamente más estrechos pueden provocar un aumento de la tasa de corrosión, pero si los huecos son demasiado estrechos, pueden producirse cortocircuitos entre los elementos de detección y las regiones conductoras vecinas. Por el contrario, los huecos relativamente más anchos exponen un área superficial relativamente mayor del sustrato, que tiene propiedades diferentes a las de la capa conductora. Se ha descubierto empíricamente que si una región conductora está suficientemente cerca de un elemento de detección, se mejora la tasa de corrosión del elemento de detección, lo que significa que la tasa de corrosión del elemento de detección se acelera en relación con la tasa de

50 En un ejemplo, las regiones conductoras respectivas del conjunto de las mismas están aisladas eléctricamente de los elementos de detección respectivos del conjunto de los mismos mediante huecos, que preferiblemente tienen anchuras sustancialmente uniformes y/o iguales. Las regiones conductoras pueden estar dispuestas estrechamente adyacentes a ambos lados del primer elemento de detección, de tal manera que aumenta la tasa de corrosión del primer elemento de detección. La anchura del hueco puede estar predeterminada para evitar la necesidad de recocer la capa conductora después de la deposición, como se describe en la presente memoria. Anteriormente, el recocido era necesario para garantizar que la corrosión de las pistas se produjera tan rápidamente como se esperaba para el material a granel, pero se ha descubierto que se puede lograr el mismo efecto utilizando el hueco estrecho. También es posible reducir aún más el hueco para garantizar que el sensor reaccione rápidamente ante cualquier corrosión potencialmente dañina. Puede haber huecos primero y segundo definidos entre el primer elemento de detección y las regiones conductoras, teniendo los huecos una anchura sustancialmente uniforme. En un ejemplo, el espacio está en un intervalo de 1 μm a 100 μm , preferiblemente en un intervalo de 5 μm a 75 μm , más preferiblemente en un intervalo de 10 μm a 50 μm , lo más preferiblemente en un intervalo de 15 μm a 25 μm , por ejemplo 19 μm o 20 μm . Los huecos relativamente más estrechos pueden provocar un aumento de la tasa de corrosión, pero si los huecos son demasiado estrechos, pueden producirse cortocircuitos entre los elementos de detección y las regiones conductoras vecinas. Por el contrario, los huecos relativamente más anchos exponen un área superficial relativamente mayor del sustrato, que tiene propiedades diferentes a las de la capa conductora. Se ha descubierto empíricamente que si una región conductora está suficientemente cerca de un elemento de detección, se mejora la tasa de corrosión del elemento de detección, lo que significa que la tasa de corrosión del elemento de detección se acelera en relación con la tasa de

55 En un ejemplo, las regiones conductoras respectivas del conjunto de las mismas están aisladas eléctricamente de los elementos de detección respectivos del conjunto de los mismos mediante huecos, que preferiblemente tienen anchuras sustancialmente uniformes y/o iguales. Las regiones conductoras pueden estar dispuestas estrechamente adyacentes a ambos lados del primer elemento de detección, de tal manera que aumenta la tasa de corrosión del primer elemento de detección. La anchura del hueco puede estar predeterminada para evitar la necesidad de recocer la capa conductora después de la deposición, como se describe en la presente memoria. Anteriormente, el recocido era necesario para garantizar que la corrosión de las pistas se produjera tan rápidamente como se esperaba para el material a granel, pero se ha descubierto que se puede lograr el mismo efecto utilizando el hueco estrecho. También es posible reducir aún más el hueco para garantizar que el sensor reaccione rápidamente ante cualquier corrosión potencialmente dañina. Puede haber huecos primero y segundo definidos entre el primer elemento de detección y las regiones conductoras, teniendo los huecos una anchura sustancialmente uniforme. En un ejemplo, el espacio está en un intervalo de 1 μm a 100 μm , preferiblemente en un intervalo de 5 μm a 75 μm , más preferiblemente en un intervalo de 10 μm a 50 μm , lo más preferiblemente en un intervalo de 15 μm a 25 μm , por ejemplo 19 μm o 20 μm . Los huecos relativamente más estrechos pueden provocar un aumento de la tasa de corrosión, pero si los huecos son demasiado estrechos, pueden producirse cortocircuitos entre los elementos de detección y las regiones conductoras vecinas. Por el contrario, los huecos relativamente más anchos exponen un área superficial relativamente mayor del sustrato, que tiene propiedades diferentes a las de la capa conductora. Se ha descubierto empíricamente que si una región conductora está suficientemente cerca de un elemento de detección, se mejora la tasa de corrosión del elemento de detección, lo que significa que la tasa de corrosión del elemento de detección se acelera en relación con la tasa de

corrosión de una muestra a granel del material del elemento de detección. El grado de mejora depende de qué tan cerca esté la región conductora del elemento de detección. El efecto de mejora se amplifica a medida que el hueco se hace más pequeño. Se ha descubierto que un efecto de mejora es claramente visible cuando el hueco es de 2 μm .

5 Para huecos de hasta 10 μm , el efecto de mejora permanece visible, pero se reduce significativamente, y se puede esperar un efecto medible cuando el hueco se incrementa de 12 a 15 μm . Por tanto, al colocar las regiones conductoras separadas muy cerca de los elementos de detección, la tasa de corrosión de los elementos de detección se puede mejorar de manera controlable dependiendo de la separación real entre los elementos de detección y las regiones conductoras.

10 En un ejemplo, la primera región conductora comprende un primer conjunto de subregiones conductoras, que incluye una primera subregión conductora y una segunda subregión conductora, en donde las subregiones conductoras respectivas del conjunto de las mismas están mutuamente aisladas eléctricamente. Es decir, la primera región conductora se divide en subregiones separadas. Si bien esto reduce, en un grado relativamente pequeño, una proporción del sustrato cubierto por la región conductora, los inventores han observado que el recocido y/o la expansión térmica durante el uso de regiones conductoras contiguas relativamente grandes pueden ser problemáticos, lo que resulta en un contacto eléctrico con elementos de detección adyacentes. Por consiguiente, al dividir la primera región conductora en subregiones separadas, se pueden evitar tales problemas. En un ejemplo, una dimensión máxima, por ejemplo una longitud o una anchura, de la primera subregión conductora está en un intervalo de 0,25 mm a 5,0 mm, preferiblemente en un intervalo de 0,50 mm a 2,5 mm, más preferiblemente en un intervalo de 0,75 mm a 20 1,25 mm, por ejemplo 981 μm o 1,0 mm. Debe entenderse que la forma de la primera subregión conductora depende, al menos en parte, de la forma del conjunto de elementos de detección. Por ejemplo, si los elementos de detección son lineales, las subregiones conductoras pueden ser rectangulares o cuadradas, por ejemplo. Por ejemplo, si los elementos de detección son sinusoidales, las subregiones conductoras pueden conformarse en consecuencia. La segunda subregión conductora puede ser como se describe con respecto a la primera subregión conductora.

25 30 En un ejemplo, las subregiones conductoras respectivas del conjunto de las mismas están mutuamente aisladas eléctricamente mediante espaciamientos, preferiblemente con anchuras sustancialmente uniformes y/o iguales. Los espaciamientos pueden ser generalmente los descritos con respecto a los huecos entre las regiones conductoras y los elementos de detección adyacentes.

35 En un ejemplo, las regiones conductoras respectivas y/o las subregiones respectivas de las mismas están mutuamente acopladas eléctricamente, acopladas o pueden acoplarse a tierra y/o acopladas o pueden acoplarse a una unidad de fuente de alimentación, por ejemplo, con un potencial predeterminado. De esta manera, la corrosión de los elementos de detección puede ser representativa del metal de la estructura.

Pista

En un ejemplo, la capa conductora define:

40 una pista común; y
opcionalmente un conjunto de pistas, que incluye una primera pista y una segunda pista;
en donde los elementos de detección respectivos del conjunto de los mismos están acoplados eléctricamente al terminal común a través de la pista común; y

50 55 opcionalmente en donde los elementos de detección respectivos del conjunto de los mismos están acoplados eléctricamente a los terminales respectivos del conjunto de los mismos a través de las pistas respectivas de su conjunto.

De esta manera, el conjunto de elementos de detección y el conjunto de terminales pueden disponerse en la capa conductora con patrones, acoplados eléctricamente según lo requieran las pistas respectivas.

60 65 El espesor de las pistas puede ser relativamente mayor que el de los elementos de detección, reduciendo así sus resistencias relativas. En un ejemplo, la pista común y/o las pistas respectivas del conjunto de las mismas tienen un espesor en un intervalo de 0,25 μm a 10 μm , preferiblemente en un intervalo de 0,5 μm a 5 μm , más preferiblemente en un intervalo de 0,75 μm a 2,5 μm , por ejemplo 1 μm o 2 μm .

En un ejemplo, la pista común y/o las pistas respectivas del conjunto de las mismas tienen una anchura en un intervalo de 0,5 mm a 5 mm, preferiblemente en un intervalo de 0,75 mm a 3 mm, más preferiblemente en un intervalo de 1 mm a 2 mm.

65 En un ejemplo, la pista común y/o las pistas respectivas del conjunto de las mismas están aisladas eléctricamente de las regiones conductoras respectivas del conjunto de las mismas y/o separadas de los elementos de detección respectivos de su conjunto por huecos y/o espaciadas mutuamente por huecos, preferiblemente con anchuras

sustancialmente uniformes y/o iguales, generalmente como se describe con respecto a los huecos entre los elementos de detección y las regiones conductoras.

En un ejemplo, la primera pista está delimitada, al menos en parte, por la segunda pista. Es decir, la segunda pista rodea, al menos en parte, por ejemplo, en dos o tres lados, la primera pista, aumentando de este modo la compacidad del sensor de corrosión. En un ejemplo, el primer elemento de detección, la primera pista y, opcionalmente, el primer terminal están delimitados, al menos en parte, por el segundo elemento de detección, la segunda pista y, opcionalmente, el segundo terminal. En otras palabras, el sensor de corrosión, por ejemplo, el conjunto de elementos de detección, está anidado. Al anidar el conjunto de elementos de detección, se puede incluir una mayor densidad numérica de elementos de detección en el sensor de corrosión, al tiempo que se reduce la densidad numérica de las pistas, en comparación con los sensores de corrosión conocidos que tienen una pluralidad de elementos de detección individuales sobre ellos, y se pueden medir las resistencias individuales de los elementos de detección respectivos.

En un ejemplo, el terminal común, la pista común, los elementos de detección respectivos del conjunto de los mismos, las pistas respectivas del conjunto de los mismos y los terminales respectivos del conjunto de los mismos definen un conjunto de circuitos resistivos, que incluyen un primer circuito resistivo definido por el terminal común, la pista común, el primer elemento de detección, la primera pista y el primer terminal y un segundo circuito resistivo definido por el terminal común, la pista común, el segundo elemento de detección, el segundo la pista y el segundo terminal, en el que el segundo elemento resistivo el circuito limita, al menos en parte, el primer circuito resistivo. En otras palabras, los circuitos resistivos están anidados, a pesar de que el terminal común y la pista común son comunes al primer circuito resistivo y al segundo circuito resistivo. En un ejemplo, el conjunto de circuitos resistivos incluye R circuitos resistivos, incluyendo el primer circuito resistivo y el segundo circuito resistivo, en donde R es un número natural superior o igual a 2, por ejemplo, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 o más, en donde el circuito resistivo de orden r delimita, al menos en parte, por ejemplo, rodea, al menos en parte, en dos o tres lados, el circuito resistivo de orden $(r-1)$, r es igual de 2 a R . Por ejemplo, cuando R es igual a 3, el tercer circuito resistivo delimita, al menos en parte, el segundo circuito resistivo que, a su vez, delimita, al menos en parte, el primer circuito resistivo. Es decir, los circuitos resistivos están anidados sucesivamente. De esta manera, el sensor de corrosión puede ser relativamente más compacto, mientras que los terminales pueden disponerse para acoplarse a un dispositivo de medición externo y, al mismo tiempo, estar mejor protegidos, como se describió anteriormente.

En un ejemplo, las pistas respectivas del conjunto de las mismas se apilan, por ejemplo, incluyendo capas aislantes entre ellas. De esta manera, se puede mejorar la compacidad del sensor de corrosión.

Revestimiento

En un ejemplo, el sensor de corrosión comprende un revestimiento, que opcionalmente tiene un conjunto de perforaciones, que incluye una primera perforación, en el mismo y/o a través del mismo. Al proporcionar el revestimiento, el sensor de corrosión puede imitar la corrosión del metal de la estructura sobre la que está montado el sensor de corrosión. En un ejemplo, el revestimiento es el mismo revestimiento que el proporcionado sobre el metal de la estructura. Debe entenderse que el revestimiento se extiende sobre (es decir, cubre) la capa conductora, o una parte de, y opcionalmente las superficies expuestas del sustrato. En un ejemplo, el revestimiento no se extiende sobre el terminal común o el conjunto de terminales. De esta manera, un circuito eléctrico puede estar acoplado eléctricamente al terminal común y al conjunto de terminales. En un ejemplo, el revestimiento se extiende sobre toda la capa conductora, excepto por el terminal común y el conjunto de terminales, y las superficies expuestas del sustrato.

Debe entenderse que el único propósito del revestimiento es proporcionar protección contra la corrosión a la capa conductora. Debe entenderse que el revestimiento es normalmente el mismo que el revestimiento aplicado a la estructura sobre la que está montado el sensor de corrosión. Por ejemplo, el sensor de corrosión puede montarse en la estructura y el revestimiento aplicarse posteriormente al sensor de corrosión y a la estructura. Se conocen revestimientos adecuados para diferentes capas conductoras. Se proporciona una breve descripción de los revestimientos para aleaciones de aluminio.

La protección contra la corrosión de las aleaciones de aluminio es normalmente un proceso de tratamiento de varias etapas que incluye procesos de pretratamiento, como el anodizado, seguido de la aplicación de revestimientos de conversión y/o revestimientos orgánicos (combinaciones de barrera e inhibidor), para obtener un revestimiento de múltiples capas. Por ejemplo, un proceso de tratamiento multietapa típico comprende:

1. desoxidación selectiva, para la eliminación de partículas intermetálicas (IM) y el grabado superficial, para mejorar la adherencia de los revestimientos a la superficie y puede proporcionar cierta protección contra la corrosión;
2. deposición o crecimiento de un óxido fabricado por medios electroquímicos (anodización) o químicos (revestimiento de conversión); y
3. uso de un revestimiento orgánico para aplicaciones específicas, que normalmente incluye, pero no se limita a, una imprimación y una capa superior.

- 5 Los procesos de revestimiento anodizado para aleaciones de aluminio producen normalmente un óxido exterior que tiene una estructura celular en la parte superior de una fina capa de barrera que proporciona cierta protección contra la corrosión. Los inhibidores pueden incluirse en la capa porosa exterior de la capa anodizada durante la formación o como un sello después de la formación para ofrecer una protección adicional en caso de daño. Los procesos de crecimiento electroquímico de los óxidos protectores de la superficie incluyen la anodización con ácido crómico, aunque pueden preferirse alternativas más respetuosas con el medio ambiente, tales como los procesos a base de ácido sulfúrico, sulfúrico-bórico, sulfúrico-tatárico y fosfórico.
- 10 10 Los revestimientos de conversión son una alternativa a la anodización, en la que un revestimiento se precipita químicamente en la superficie. Para las aleaciones de aluminio de alta resistencia, como las aleaciones de aluminio de las series 2000 y 7000, el proceso preferido es el revestimiento de conversión con cromato (CrCC o CCC). Los sustitutos de los revestimientos de conversión tóxicos a base de cromato incluyen un intervalo de tratamientos basados en monocapas autoensambladas, productos químicos sol-gel, oxi fluoruros de Ti/Zr, tierras raras, cobalto, vanadatos, molibdatos y permanganato.
- 15 15 Despues del revestimiento de anodización o de conversión, normalmente se aplica un revestimiento orgánico. Muchos revestimientos orgánicos conocidos y descritos en la presente memoria son revestimientos orgánicos adecuados para aleaciones de aluminio de alta resistencia, tales como las aleaciones de aluminio de las series 2000 y 7000. El revestimiento orgánico normalmente incluye una imprimación, una capa superior y, opcionalmente, una o más capas intermedias. La capa de imprimación es la principal capa protectora contra la corrosión e incluye inhibidores de corrosión que se liberan cuando las especies corrosivas o el agua llegan a la aleación de aluminio. Con el fin de proteger la aleación de aluminio contra la corrosión, el inhibidor debe proporcionarse durante un evento de corrosión a una concentración superior a la concentración mínima a la que el inhibidor detiene la corrosión (concentración crítica). Esto es importante porque la concentración crítica del inhibidor en la imprimación debe mantenerse durante la vida útil de las estructuras como los fuselajes, donde el mantenimiento puede no ser factible debido a la inaccesibilidad. Los inhibidores de cromato proporcionan protección y reparación continuas a la superficie de la aleación de aluminio, mientras que el cromato permanece por encima de la concentración crítica. Este mecanismo de liberación del inhibidor y la protección del metal puede denominarse mecanismo de autocuración, ya que la liberación de la especie activa recupera la capa protectora sobre el metal. Se conocen otros inhibidores. La capa superior y las capas intermedias opcionales proporcionan barreras físicas; la capa superior puede proporcionar una capa impermeable.
- 20 20 En un ejemplo, el revestimiento comprende un inhibidor, tal como se ha descrito anteriormente, incluido, por ejemplo, en una primera capa del revestimiento. Es decir, la primera capa puede ser una imprimación, por ejemplo.
- 25 25 30 30 En un ejemplo, el revestimiento incluye una capa cero, por ejemplo, subyacente a la primera capa, tal como una capa de anodización o conversión, por ejemplo, una capa de anodización de ácido crómico o un revestimiento de conversión de Alocrom o Alodine.
- 35 35 En un ejemplo, el revestimiento incluye una segunda capa, por ejemplo, que se superpone a la primera capa, tal como una capa intermedia o una capa superior.
- 40 40 45 45 En un ejemplo, los ejemplos de imprimaciones incluyen PPG PR205 y PPG PR143. Se conocen otras imprimaciones.
- 50 50 En un ejemplo, el revestimiento incluye una capa cero, por ejemplo, subyacente a la primera capa, tal como una capa de anodización o conversión, por ejemplo, una capa de anodización de ácido crómico o un revestimiento de conversión de Alocrom, la primera capa, tal como una imprimación, y una segunda capa, tal como una capa intermedia o una capa superior.
- 55 55 60 60 En un ejemplo, la primera capa del revestimiento se aplica directamente sobre la capa conductora, por ejemplo, sin ninguna capa intermedia entre las mismas.
- 60 60 En un ejemplo, el revestimiento incluye una capa cero, tal como una capa de anodización o conversión, por ejemplo, una capa de anodización de ácido crómico o un revestimiento de conversión de Alocrom, y la capa cero se aplica sobre la capa conductora, por ejemplo, directamente sobre la capa conductora, y la primera capa se aplica sobre la capa cero, por ejemplo, directamente sobre la capa cero, en donde la capa cero subyace a la primera capa.
- En un ejemplo, el revestimiento incluye una segunda capa, tal como una capa intermedia o una capa superior, y la segunda capa se aplica sobre la primera capa, por ejemplo, directamente sobre la primera capa, en donde la segunda capa se superpone a la primera capa.

En un ejemplo, el revestimiento incluye una capa cero, tal como una capa de anodización o conversión, por ejemplo, una capa de anodización de ácido crómico o un revestimiento de conversión de Alocrom, la primera capa, tal como una imprimación, y una segunda capa, tal como una capa intermedia o una capa superior.

5 En un ejemplo, el revestimiento se cura después de su aplicación.

En un ejemplo, el sensor de corrosión comprende un revestimiento que tiene un conjunto de perforaciones, que incluye una primera perforación, en el mismo y/o a través del mismo, en donde el revestimiento se extiende sustancialmente por todo el sustrato y la capa conductora, en donde el revestimiento comprende y/o es una pintura que comprende un inhibidor de la corrosión y en donde la primera perforación coincide con (es decir, está en la ubicación de) el primer elemento de detección. De esta manera, el sensor de corrosión puede usarse como un sensor de agotamiento del inhibidor. El sensor de corrosión según el primer aspecto es particularmente adecuado para su uso como sensor de agotamiento del inhibidor, ya que es en este tipo de sensor de corrosión donde el problema de baja resistencia descrito anteriormente ha demostrado ser particularmente difícil de superar.

15 Perforaciones

En un ejemplo, el revestimiento tiene un conjunto de perforaciones, que incluye una primera perforación, en el mismo y/o a través del mismo. Debe entenderse que una perforación es un defecto en el revestimiento, por ejemplo, un conducto o una abertura que atraviesa, por ejemplo, parcial o totalmente, un espesor del revestimiento. Debe entenderse que el conjunto de perforaciones es generalmente similar, por ejemplo, la primera perforación y una segunda perforación son generalmente similares, por ejemplo con respecto a la forma, pero pueden tener diferentes dimensiones transversales respecto a sus respectivas profundidades.

25 En un ejemplo, el conjunto de perforaciones se mecaniza en el revestimiento, por ejemplo, rayando, fresando, torneando y/o cortando el revestimiento, por ejemplo, utilizando una herramienta. Se conocen herramientas adecuadas.

30 En un ejemplo, el conjunto de perforaciones se proporciona, al menos en parte, usando una máscara antes de aplicar el revestimiento y retirando la máscara después. Es decir, el conjunto de perforaciones está definido por la máscara.

En un ejemplo, la primera perforación tiene una primera profundidad a través del revestimiento y una primera dimensión transversal, por ejemplo ortogonal, a la primera profundidad. Debe entenderse que la primera dimensión es una dimensión lateral de la primera perforación, por ejemplo, una anchura o un diámetro, c.f., una longitud. En un ejemplo, la primera dimensión está en un intervalo del 50 % al 99 %, preferiblemente en un intervalo del 75 % al 97,5 %, más preferiblemente en un intervalo del 85 % al 95 % de la anchura del primer elemento de detección. En un ejemplo, la primera perforación tiene una segunda dimensión transversal, por ejemplo ortogonal, a la primera profundidad. Debe entenderse que la segunda dimensión es una dimensión longitudinal de la primera perforación, por ejemplo, una longitud. En un ejemplo, la segunda dimensión está en un intervalo del 10 % al 90 %, preferiblemente en un intervalo del 20 % al 80 %, más preferiblemente en un intervalo del 30 % al 70 % de la longitud del primer elemento de detección. En un ejemplo, la primera perforación se extiende a través del revestimiento, por ejemplo, completamente a través del revestimiento, por lo que la primera profundidad se corresponde con (es decir, es igual a) un espesor del revestimiento, revelando así (es decir, descubriendo) la capa conductora y/o el sustrato. En un ejemplo, la primera perforación no revela el sustrato. En un ejemplo, la primera perforación revela el primer elemento de detección, o una parte del mismo, por ejemplo, solamente una parte del primer elemento de detección. De esta manera, la parte del primer elemento de detección se revela al medio corrosivo a través de la primera perforación. En un ejemplo, la primera perforación es un canal, por ejemplo, que tiene un canal lineal que tiene una forma rectangular. En un ejemplo, la forma de la sección transversal del canal es un cuadrilátero, preferiblemente un cuadrilátero regular, tal como un cuadrado, un rectángulo o un trapezio isósceles. Si la forma de la sección transversal del canal es un trapezio isósceles, las paredes del canal se estrechan hacia afuera alejándose de la base. En un ejemplo, el canal tiene una forma cuboidal o trapezoidal. En un ejemplo, la primera perforación es un orificio, que tiene, por ejemplo, una forma circular. Debe entenderse que el diámetro del orificio se mide en una base del mismo. Las perforaciones circulares pueden evitar los efectos resultantes de la anisotropía de las perforaciones que tienen otras formas, por ejemplo cuadradas o rectangulares. En un ejemplo, la forma de la sección transversal del orificio es un cuadrilátero, preferiblemente un cuadrilátero regular, tal como un cuadrado, un rectángulo o un trapezio isósceles. Si la forma de la sección transversal del orificio es un trapezio isósceles, las paredes del orificio se estrechan hacia afuera alejándose de la base. En un ejemplo, el orificio tiene una forma cilíndrica o troncocónica.

60 En un ejemplo, el conjunto de perforaciones incluye P perforaciones, en donde P es un número natural superior o igual a 2, por ejemplo 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 o más. Cada perforación del conjunto de perforaciones puede ser como se describe con respecto a la primera perforación, mutatis mutandis. En un ejemplo, las perforaciones respectivas del conjunto de las mismas tienen tamaños similares, por ejemplo, el mismo tamaño. En un ejemplo, las perforaciones respectivas del conjunto de las mismas tienen diferentes tamaños, por ejemplo, correspondientes a los tamaños respectivos del conjunto de elementos de detección.

En un ejemplo, el conjunto de perforaciones incluye perforaciones respectivas para el conjunto de elementos de detección, por ejemplo, una perforación para cada elemento de detección, preferiblemente en donde las perforaciones respectivas del conjunto de las mismas tienen tamaños correspondientes con los tamaños respectivos del conjunto de elementos de detección, preferiblemente en donde las perforaciones respectivas revelan elementos de detección respectivos, o una parte de los mismos, por ejemplo solamente una parte de los elementos de detección respectivos (es decir, no revelan el sustrato, ni un elemento de detección adyacente y/o ni una región conductora adyacente). En un ejemplo, el conjunto de perforaciones no revela una región conductora, o parte de la misma. En particular, dado que las regiones conductoras no forman parte de los elementos de detección, no se puede medir la corrosión de estas regiones conductoras. Sin embargo, si se revela una parte de una región conductora, la migración de un inhibidor hacia la parte revelada de la región conductora desde el revestimiento cuando se revela a medios corrosivos, por ejemplo, agota el inhibidor en el revestimiento, reduciendo la disponibilidad del inhibidor para el elemento de detección. De esta manera, la corrosión del elemento de detección puede no ser representativa de la del metal de la estructura. Esto puede agravarse ya que la parte revelada de la región conductora estará relativamente más próxima al revestimiento que el elemento de detección revelado.

15 Componente electrónico

En un ejemplo, el sensor de corrosión comprende un componente electrónico, por ejemplo, una resistencia o un conjunto de resistencias, tal como para un puente de Wheatstone, un amplificador, un multiplexor, un microprocesador, un registrador de datos, una interfaz para un bus de datos y/o una interfaz inalámbrica, acoplados eléctricamente al terminal común y/o a los terminales respectivos del conjunto de los mismos. De esta manera, se puede proporcionar en el sensor de corrosión un circuito eléctrico, o parte del mismo, para medir las resistencias respectivas entre el terminal común y los terminales respectivos del conjunto de los mismos y/o comunicarse con un dispositivo de medición.

20 En un ejemplo, la capa conductora con patrones comprende un componente electrónico, como se describió anteriormente. De esta manera, el componente electrónico puede integrarse en la capa conductora con patrones.

25 En un ejemplo, el sensor de corrosión comprende, está comprendido en y/o es un dispositivo de internet de las cosas, IoT. De esta manera, el sensor de corrosión puede estar incluido en una red de IoT.

30 En un ejemplo, el sensor de corrosión, por ejemplo, la capa conductora con patrones, comprende un termopar. En particular, la resistividad de la capa conductora es una función de la temperatura y, por consiguiente, al incluir un termopar en el sensor de corrosión, las resistencias respectivas de los elementos de detección de su conjunto pueden compensarse por los cambios de temperatura.

35 Sistema de detección de corrosión

40 El segundo aspecto proporciona un sistema de detección de corrosión que comprende un conjunto de sensores de corrosión, que incluye un primer sensor de corrosión y un segundo sensor de corrosión, según el primer aspecto.

45 En un ejemplo, el sistema de detección de corrosión comprende un dispositivo de medición acoplado eléctricamente al terminal común y a los terminales respectivos del conjunto de los mismos, por ejemplo, para medir las resistencias respectivas entre el terminal común y los terminales respectivos del conjunto de los mismos.

50 Estructura

55 El tercer aspecto proporciona una estructura, por ejemplo, que comprende un metal que tiene un revestimiento en el mismo, que comprende un sensor de corrosión según el primer aspecto o un sistema de detección de corrosión según el segundo aspecto.

60 En un ejemplo, el sensor de corrosión se monta en la estructura de forma adhesiva, por ejemplo, utilizando una lámina de Mylar (RTM), y/o en una unión entre los componentes de la estructura. Se conocen otros métodos para montar sensores de corrosión.

65 En un ejemplo, un metal de la capa conductora es representativo del metal de la estructura, por ejemplo, tal como se describe con respecto al primer aspecto. En un ejemplo, un revestimiento del sensor de corrosión es similar, preferiblemente igual, al revestimiento del metal de la estructura. De esta manera, supervisando la corrosión del sensor de corrosión, se puede inferir la corrosión del metal de la estructura.

65 Método

65 El cuarto aspecto proporciona un método para supervisar la corrosión usando un sensor de corrosión según el primer aspecto, comprendiendo el método:

medir, por ejemplo de forma continua, periódica, intermitente, sucesiva y/o cíclica, las resistencias respectivas entre el terminal común y los terminales respectivos del conjunto de los mismos.

En un ejemplo, medir las resistencias respectivas entre el terminal común y los terminales respectivos de su conjunto comprende medir las resistencias respectivas entre el terminal común y los terminales respectivos de su conjunto usando un puente de Wheatstone. De esta manera, las resistencias respectivas entre el terminal común y los terminales respectivos de su conjunto pueden medirse con precisión mediante la detección de un nulo en la corriente del puente una vez que se ha alcanzado el equilibrio. En un ejemplo, una o más de las resistencias de puente están incluidas en el sustrato.

10

Definiciones

A lo largo de esta memoria descriptiva, el término “comprende” o “que comprende” significa que incluye el (los) componente(s) especificado(s) pero no con exclusión de la presencia de otros componentes. La expresión “que consiste esencialmente en” o “consiste esencialmente en” significa que incluye los componentes especificados pero excluye otros componentes, salvo los materiales presentes como impurezas, los materiales inevitables presentes como resultado de los procesos utilizados para proporcionar los componentes y los componentes añadidos con un fin distinto al de lograr el efecto técnico de la invención, tales como colorantes y similares.

20

La expresión “que consiste en” o “consiste en” significa que incluye los componentes especificados pero excluye otros componentes.

Cuando proceda, en función del contexto, el uso del término “comprende” o “que comprende” también puede considerarse que incluye el significado “consiste esencialmente en” o “que consiste esencialmente en”, y también puede considerarse que incluye el significado de “consiste en” o “que consiste en”.

30

Las características opcionales expuestas en la presente memoria pueden utilizarse individualmente o combinadas entre sí cuando proceda y, en particular, en las combinaciones expuestas en las reivindicaciones adjuntas. Las características opcionales para cada aspecto o realización exemplar de la invención, tal como se exponen en la presente memoria, también son aplicables a todos los demás aspectos o realizaciones exemplares de la invención, en su caso. En otras palabras, el experto que lea esta memoria descriptiva debe considerar las características opcionales para cada aspecto o realización exemplar de la invención como intercambiables y combinables entre diferentes aspectos y realizaciones exemplares.

35

Breve descripción de los dibujos

Para una mejor comprensión de la invención y para mostrar cómo pueden llevarse a la práctica realizaciones exemplares de la misma, se hará referencia, a título meramente ilustrativo, a las Figuras esquemáticas adjuntas, en las que:

40

la Figura 1 representa esquemáticamente un sensor de corrosión según una realización ilustrativa;

la Figura 2 representa esquemáticamente un sensor de corrosión según una realización ilustrativa;

45

la Figura 3 representa esquemáticamente un sensor de corrosión según una realización ilustrativa;

la Figura 4 representa esquemáticamente un sensor de corrosión según una realización ilustrativa;

50

la Figura 5 representa esquemáticamente un sensor de corrosión según una realización ilustrativa;

la Figura 6 representa esquemáticamente un sensor de corrosión según una realización ilustrativa;

la Figura 7 representa esquemáticamente un sensor de corrosión según una realización ilustrativa;

55

la Figura 8 representa esquemáticamente un sensor de corrosión según una realización ilustrativa;

la Figura 9 representa esquemáticamente un sensor de corrosión según una realización ilustrativa; y

60

la Figura 10 es un gráfico de las resistencias respectivas medidas en función del tiempo para un método para supervisar la corrosión utilizando el sensor de corrosión según la Figura 9.

Descripción detallada de los dibujos

65

Los signos de referencia similares indican características similares, cuya descripción no se repite por motivos de brevedad.

La Figura 1 representa esquemáticamente un sensor 1 de corrosión según una realización ejemplar. El sensor 1 de corrosión comprende un sustrato 10 y una capa 20 conductora con patrones proporcionada sobre el sustrato 10, en donde la capa 20 conductora define: un terminal 210 común; un conjunto 220 de terminales, que incluye un primer terminal 220A y un segundo terminal 220B; y un conjunto 230 de elementos de detección, que incluye un primer elemento 230A de detección y un segundo elemento 230B de detección; en donde los elementos 230A, 230B de detección respectivos del conjunto 230 de los mismos están acoplados eléctricamente al terminal 210 común y a los terminales 220A, 220B respectivos del conjunto 220 de los mismos.

En este ejemplo, el sustrato 10 es un sustrato polimérico, particularmente Mylar. En este ejemplo, el sustrato 10 es cuadrado, con dimensiones de 20 mm por 20 mm.

En este ejemplo, la capa 20 conductora es un metal, particularmente una aleación de aluminio Al-5Cu (% en peso), por lo que el sensor 1 de corrosión es adecuado para supervisar la corrosión de una estructura de aleación de aluminio de la serie 2000. En este ejemplo, la capa 20 conductora se proporciona sobre el sustrato 10 mediante deposición por pulverización catódica, se recuece después de la deposición y, posteriormente, se forman patrones mediante un patrón fotolitográfico.

En este ejemplo, el terminal 210 común es una almohadilla rectangular. En este ejemplo, los terminales 220A, 220B respectivos del conjunto 220 de los mismos son almohadillas rectangulares, alineadas entre sí y del mismo tamaño que el terminal 210 común.

En este ejemplo, el primer elemento 230A de detección es un elemento de detección lineal que tiene una forma rectangular en vista en planta. En este ejemplo, el primer elemento de detección tiene una longitud lineal de aproximadamente 13 mm, una anchura de 0,6 mm y un espesor de 100 nm. En este ejemplo, el segundo elemento 230B de detección es generalmente como se describe con respecto al primer elemento 230A de detección, que tiene una anchura de 1,0 mm. En este ejemplo, los elementos 230A, 230B de detección respectivos del conjunto 230 de los mismos son paralelos entre sí, separados por una distancia de aproximadamente 3 mm.

En este ejemplo, el terminal 210 común está dispuesto próximo a un lado del sustrato 10, el conjunto 220 de terminales está dispuesto próximo a un lado opuesto del sustrato 10 y el conjunto 230 de elementos de detección se extiende entre ellos. En este ejemplo, los elementos 230A, 230B de detección respectivos del conjunto de los mismos están dispuestos de manera sustancialmente radial, radiando desde el terminal 210 común.

La Figura 2 representa esquemáticamente un sensor 2 de corrosión según una realización ejemplar. El sensor 2 de corrosión es generalmente como se describe con respecto al sensor 1 de corrosión.

En este ejemplo, la capa 20 conductora define una pista 240 común, en donde los elementos 230A, 230B de detección respectivos de su conjunto 230 están acoplados eléctricamente al terminal 210 común a través de la pista 240 común. En este ejemplo, la pista 240 común tiene una anchura de 1,0 mm y un espesor de 1 µm.

En este ejemplo, el terminal 210 común está dispuesto próximo a un lado del sustrato 10, y el conjunto 220 de terminales está dispuesto próximo al mismo lado del sustrato 10. En este ejemplo, el terminal 210 común y los terminales 220A, 220B respectivos del conjunto 220 de los mismos están alineados, equiespaciados y equidimensionados entre sí.

La Figura 3 representa esquemáticamente un sensor 3 de corrosión según una realización ejemplar. El sensor 3 de corrosión es generalmente como se describe con respecto al sensor 2 de corrosión.

En este ejemplo, la capa 20 conductora define un conjunto 250 de pistas, que incluye una primera pista 250A y una segunda pista 250B; en donde los elementos 230A, 230B de detección respectivos del conjunto 230 de los mismos están acoplados eléctricamente a los terminales 220A, 220B respectivos del conjunto 220 de los mismos a través de las pistas 250A, 250B respectivas del conjunto de las mismas. En este ejemplo, las pistas 250A, 250B respectivas del conjunto 250 de las mismas tienen una anchura de 1,0 mm y un espesor de 1 µm. En este ejemplo, las pistas 250A, 250B respectivas del conjunto 250 de las mismas están separadas entre sí por espacios uniformes que tienen una anchura de 19 µm.

En este ejemplo, la primera pista 250A está limitada, al menos en parte, por la segunda pista 250B. Es decir, la segunda pista 250B rodea, al menos en parte por dos lados, la primera pista 250A. En este ejemplo, el primer elemento 230A de detección, la primera pista 250A y el primer terminal 220A están delimitados, al menos en parte, por el segundo elemento 230B de detección, la segunda pista 250B y el segundo terminal 220B. En otras palabras, el sensor 3 de corrosión está anidado. En este ejemplo, una longitud lineal del segundo elemento 230B de detección es superior a una longitud lineal del primer elemento 230A de detección, en aproximadamente una anchura de la primera pista 250A.

En este ejemplo, el terminal 210 común, la pista 240 común, los elementos 230A, 230B de detección respectivos, del conjunto 230 de los mismos, las pistas 250A, 250B respectivas del conjunto 250 de las mismas y los terminales 220A,

220B respectivos del conjunto 220 de los mismos definen un conjunto de circuitos resistivos, que incluye un primer circuito resistivo definido por el terminal 210 común, la pista 240 común, el primer elemento 230A de detección, la primera pista 250A y el primer terminal 220A y un segundo circuito resistivo definido por el terminal 210 común, la pista 240 común, el segundo elemento 230B de detección, la segunda pista 250B y el segundo terminal 220B, en donde el segundo circuito resistivo delimita, al menos en parte, el primer circuito resistivo. En otras palabras, los circuitos resistivos están anidados, a pesar de que el terminal 210 común y la pista 240 común son comunes al primer circuito resistivo y al segundo circuito resistivo. En este ejemplo, el conjunto de circuitos resistivos incluye circuitos resistivos R, que incluyen el primer circuito resistivo y el segundo circuito resistivo, en donde R es 2, en donde el circuito resistivo de orden r delimita y rodea, al menos en parte, en tres lados, el circuito resistivo de orden (r-1), r es igual a 2 a R.

La Figura 4 representa esquemáticamente un sensor 4 de corrosión según una realización ejemplar. En el recuadro se muestra una vista ampliada. El sensor 4 de corrosión es generalmente como se describe con respecto al sensor 3 de corrosión.

En este ejemplo, la capa 20 conductora define un conjunto 260 de regiones conductoras, que incluye una primera región 260A conductora; en donde las regiones 260A conductoras respectivas del conjunto 260 de las mismas están dispuestas entre los elementos 230A, 230B de detección respectivos del conjunto 230 de los mismos y aisladas eléctricamente de los mismos. En este ejemplo, las regiones 260A conductoras respectivas del conjunto 260 de las mismas están aisladas eléctricamente de los elementos 230A, 230B de detección respectivos del conjunto 230 de los mismos y de las pistas 250A, 250 respectivas del conjunto 250 de las mismas mediante huecos g que tienen anchuras uniformes e iguales de 19 μm .

En este ejemplo, la primera región 260A conductora es rectangular, dispuesta entre el primer elemento 230A de detección y el segundo elemento 230B conductor.

La Figura 5 representa esquemáticamente un sensor 5 de corrosión según una realización ejemplar. El sensor 5 de corrosión es generalmente como se describe con respecto al sensor 4 de corrosión.

En este ejemplo, la capa 20 conductora define el conjunto de regiones 260 conductoras, que incluye la primera región 260A conductora, una segunda región 260B conductora y una tercera región 260C conductora.

En este ejemplo, la segunda región 260B conductora es rectangular, está dispuesta a un lado del primer elemento 230A de detección y la tercera región 260C conductora está dispuesta al otro lado del segundo elemento 230B conductor.

La Figura 6 representa esquemáticamente un sensor 6 de corrosión según una realización ejemplar. En el recuadro se muestra una vista ampliada. El sensor 6 de corrosión es generalmente como se describe con respecto al sensor 4 de corrosión.

En este ejemplo, la primera región 260A conductora comprende un primer conjunto 261 de subregiones conductoras, que incluye una primera subregión 261A conductora y una segunda subregión 262B conductora, en donde las subregiones 261A, 261B conductoras respectivas del conjunto 261 de las mismas están aisladas eléctricamente entre sí. En este ejemplo, el primer conjunto 261 de subregiones conductoras incluye cuatro subregiones 261A, 261B, 261C, 261D conductoras. En este ejemplo, las subregiones 261A, 261B, 261C, 261D conductoras respectivas del conjunto 261 de las mismas están aisladas eléctricamente entre sí mediante espaciamientos, con anchuras sustancialmente uniformes e iguales de 19 μm .

La Figura 7 representa esquemáticamente un sensor 7 de corrosión según una realización ejemplar. El sensor 7 de corrosión es generalmente como se describe con respecto al sensor 4 de corrosión.

En este ejemplo, el conjunto 220 de terminales incluye un tercer terminal 220C, el conjunto 230 de elementos de detección incluye un tercer elemento 230C de detección y el conjunto 250 de pistas incluye una tercera pista 250C, generalmente como se describe con respecto al segundo terminal 220B, al segundo elemento 230B de detección y a la segunda pista 250B, respectivamente, mutatis mutandis. En este ejemplo, el tercer elemento 230C de detección tiene una anchura de 4,0 mm.

El conjunto de circuitos resistivos incluye un tercer circuito resistivo definido por el terminal 210 común, la pista 240 común, el tercer elemento 230C de detección, la tercera pista 250C y el tercer terminal 220C, en donde el tercer circuito resistivo delimita, al menos en parte, el segundo circuito resistivo, como se describe con respecto al segundo circuito resistivo, mutatis mutandis.

En este ejemplo, la primera región 260A conductora comprende un primer conjunto 261 de subregiones conductoras, que incluye una primera subregión 261A conductora y una segunda subregión 262B conductora, en donde las subregiones 261A, 261B conductoras respectivas del conjunto 261 de las mismas están aisladas eléctricamente entre sí, como se describe con respecto al sensor 6 de corrosión.

En este ejemplo, la segunda región 260B conductora comprende un segundo conjunto 262 de subregiones 262A, 262B, 262C, 262D conductoras y la tercera región 260C conductora comprende un tercer conjunto 263 de subregiones 263A, 263B, 263C, 263D, conductoras como se describe con respecto al primer conjunto 261 de subregiones conductoras, mutatis mutandis.

La Figura 8 representa esquemáticamente un sensor 8 de corrosión según una realización ejemplar. El sensor 8 de corrosión es generalmente como se describe con respecto al sensor 7 de corrosión.

10 En este ejemplo, el sensor 8 de corrosión comprende un revestimiento 30, que tiene un conjunto 310 de perforaciones, que incluye una primera perforación 310A, en el mismo y a través del mismo. En particular, el sensor 8 de corrosión es el sensor 7 de corrosión que comprende el revestimiento 30.

15 En este ejemplo, el revestimiento 30 incluye una primera capa, particularmente una imprimación PPG PR143 que comprende un inhibidor, y una segunda capa, particularmente una capa superior PPG EC75.

En este ejemplo, el conjunto 310 de perforaciones incluye la primera perforación 310A, una segunda perforación 310B y una tercera perforación 310C, proporcionadas mediante el enmascaramiento después de aplicar el revestimiento 30.

20 En este ejemplo, las perforaciones 310A, 310B, 310C respectivas del conjunto 310 de las mismas revelan solamente partes de los elementos 230A, 230B, 230C de detección respectivos. En este ejemplo, las perforaciones 310A, 310B, 310C respectivas del conjunto 310 de las mismas tienen diferentes tamaños, que se corresponden con los tamaños respectivos del conjunto de elementos 230 de detección. En este ejemplo, las perforaciones 310A, 310B, 310C respectivas del conjunto 310 de las mismas son rectangulares y tienen una anchura de aproximadamente el 90 % de la anchura de los elementos 230A, 230B, 230C de detección respectivos y una longitud de aproximadamente el 40 %

25 de la longitud de los elementos 230A, 230B, 230C de detección respectivos.

La Figura 9 representa esquemáticamente un sensor 9 de corrosión según una realización ejemplar. El sensor 9 de corrosión es generalmente como se describe con respecto al sensor 8 de corrosión. El conjunto 260 de regiones conductoras y el revestimiento 30, que tiene el conjunto 310 de perforaciones en el mismo y a través del mismo, no se muestran por conveniencia.

30 En este ejemplo, las regiones 260A, 260B, 260C conductoras respectivas del conjunto de las mismas comprenden respectivamente conjuntos 261, 262, 263 de subregiones conductoras, en donde los conjuntos respectivos de subregiones conductoras incluyen subregiones que tienen dimensiones de 981 µm por 981 µm.

35 La Figura 10 es un gráfico de las resistencias respectivas medidas en función del tiempo para un método para supervisar la corrosión utilizando el sensor 9 de corrosión según la Figura 9.

Cuando el sensor de corrosión se monta *in situ*, por ejemplo, en una unión entre dos componentes en el armazón interno de una aeronave o en una superficie externa de un hidroavión, una señal de corriente intermitente pasa

40 sucesivamente desde el terminal 210 común a los terminales 220A, 220B, 220C respectivos del conjunto 220 de los mismos a través de los elementos 230A, 230B, 230C de detección respectivos del conjunto 230 de los mismos y se miden las señales de tensión respectivas. La resistencia de los elementos 230A, 230B, 230C de detección respectivos del conjunto 230 de los mismos puede calcularse trivialmente a partir de las señales de tensión respectivas medidas.

45 Normalmente, las resistencias respectivas calculadas serán aproximadamente constantes durante un período de tiempo antes de empezar a aumentar a medida que el tercer elemento 230C de detección situado debajo de la tercera perforación 310C más grande comience a corroerse, una vez que se agote el depósito de inhibidor del revestimiento 30 alrededor de esta tercera perforación 310C. La resistencia del tercer elemento 230C de detección continuará

aumentando entonces hasta que este tercer elemento 230C de detección se haya corroído, momento en el que la resistencia del tercer elemento 230C de detección tiende al infinito (circuito abierto). De manera similar, una vez que

50 el segundo elemento 230B de detección por debajo de la perforación 310B de tamaño intermedio comienza a corroerse, la resistencia del segundo elemento 230B de detección comienza a aumentar de manera similar, hasta que el segundo elemento 230B de detección se haya corroído. De manera similar, una vez que el primer elemento 230A de detección por debajo de la perforación 310A más pequeña comienza a corroerse, la resistencia del primer elemento 230A de detección comienza a aumentar de manera similar, hasta que el primer elemento 230A de detección se haya

55 corroído.

El tercer elemento 230C de detección tiene la resistencia inicial más baja de aproximadamente 4 Ω, con la anchura más ancha de 4,0 mm. Sin embargo, el tercer elemento 230C de detección queda al descubierto por la mayor perforación 310C y, por consiguiente, la corrosión se observa relativamente antes, aproximadamente a las 900 horas.

60 Con más detalle, la resistencia del tercer elemento 230C de detección es relativamente constante hasta aproximadamente las 900 horas, cuando la resistencia aumenta muy rápidamente debido al agotamiento del inhibidor en el revestimiento 30.

65 El segundo elemento 230B de detección tiene una resistencia inicial de aproximadamente 7 Ω, con una anchura de 1,0 mm, y el segundo elemento 230B de detección queda al descubierto mediante la perforación 310B intermedia y, por consiguiente, la corrosión se observa relativamente más tarde, aproximadamente a las 1000 horas. Con más

detalle, la resistencia del segundo elemento 230B de detección es relativamente constante hasta aproximadamente las 1000 horas, cuando la resistencia aumenta muy rápidamente debido al agotamiento del inhibidor en el revestimiento 30.

5 El primer elemento 230A de detección tiene la resistencia inicial más alta de aproximadamente $9,5\ \Omega$, con la anchura más estrecha de 0,6 mm. Sin embargo, el primer elemento 230A de detección queda al descubierto por la perforación 310A más pequeña y, por consiguiente, la corrosión se observa relativamente más tarde, aproximadamente a las 1100 horas. Con más detalle, la resistencia del primer elemento 230A de detección es relativamente constante hasta 10 aproximadamente las 1100 horas, cuando la resistencia aumenta muy rápidamente debido al agotamiento del inhibidor en el revestimiento 30.

15 Por el contrario, el perfil resultante de resistencia general con el tiempo de un sensor conocido tendrá, en el mejor de los casos, una apariencia escalonada, y cada etapa (si es discernible) tendrá lugar en el momento en que los elementos 230A, 230B, 230C de detección respectivos se corroen. Sin embargo, dependiendo, al menos en parte, del número de elementos de detección del conjunto de los mismos y de sus resistencias iniciales respectivas, de los 20 tamaños de las perforaciones respectivas de su conjunto, de los mecanismos de corrosión y/o de los mecanismos de inhibición debidos a los inhibidores del revestimiento 30, estas etapas pueden no ser discernibles o, en la mayoría de los casos, sólo cuando los elementos de detección respectivos se hayan corroído, de modo que no se puedan controlar los efectos de corrosión local y/o de inicio temprano.

20 Por consiguiente, el sensor según el primer aspecto permite supervisar la corrosión en la etapa más temprana posible, que puede no ser supervisada utilizando un sensor conocido.

25 Aunque se ha mostrado y descrito una realización preferida de la invención, los expertos en la técnica apreciarán que se pueden hacer varios cambios y modificaciones sin apartarse del alcance de la invención, como se define en las reivindicaciones adjuntas y como se ha descrito anteriormente.

REIVINDICACIONES

1. Un sensor (6) de corrosión que comprende:
 - 5 un sustrato (10); y
 - 10 una capa (20) conductora con patrones proporcionada sobre el sustrato (10), en donde la capa (20) conductora define:
 - 15 un terminal (210) común; un conjunto (220) de terminales, que incluye un primer terminal (220A) y un segundo terminal (220B); un conjunto (230) de elementos de detección, que incluye un primer elemento (230A) de detección y un segundo elemento (230B) de detección, en donde los elementos (230A, 230B) de detección respectivos del conjunto (230) de los mismos están acoplados eléctricamente al terminal (210) común y a los terminales (220A, 220B) respectivos del conjunto (220) de los mismos, de tal manera que los terminales (220A, 220B) respectivos del conjunto (220) de los mismos son específicos de los elementos (230A, 230B) de detección respectivos del conjunto (230) de los mismos; y **caracterizado porque** comprende
 - 20 un conjunto (260) de regiones conductoras, que incluye una primera región (260A) conductora, en donde:
 - 25 las regiones conductoras respectivas del conjunto (260) de las mismas están dispuestas entre los elementos (230A, 230B) de detección respectivos del conjunto (230) de los mismos y aisladas eléctricamente de los mismos; y la primera región (260A) conductora comprende un primer conjunto (261) de subregiones conductoras, que incluye una primera subregión (261A) conductora y una segunda subregión (261B) conductora, en donde las subregiones (261A, 261B) conductoras respectivas del conjunto (261) de las mismas están mutuamente aisladas eléctricamente.
 - 30 2. El sensor (6) de corrosión según la reivindicación 1, en donde las regiones (260A) conductoras respectivas del conjunto (260) de las mismas están aisladas eléctricamente de los elementos (230A, 230B) de detección respectivos del conjunto (230) de los mismos mediante huecos (g), que tienen anchuras uniformes y/o iguales.
 - 35 3. El sensor (6) de corrosión según cualquier reivindicación anterior, en donde las subregiones (261A, 261B) conductoras respectivas del conjunto (261) de las mismas están mutuamente aisladas eléctricamente mediante espaciamientos, que tienen anchuras sustancialmente uniformes y/o iguales.
 - 40 4. El sensor (6) de corrosión según cualquier reivindicación anterior, en donde la capa (20) conductora define:
 - 45 una pista (240) común; y
 - 50 un conjunto (250) de pistas, que incluye una primera pista (250A) y una segunda pista (250B), en donde:
 - 55 los elementos (230A, 230B) de detección respectivos del conjunto (230) de los mismos están acoplados eléctricamente al terminal (210) común a través de la pista (240) común; y los elementos (230A, 230B) de detección respectivos del conjunto (230) de los mismos están acoplados eléctricamente a los terminales (220A, 220B) respectivos del conjunto (220) de los mismos a través de las pistas (250A, 250B) respectivas del conjunto (250) de las mismas.
 - 60 5. El sensor (6) de corrosión según la reivindicación 4, en donde la primera pista (250A) está delimitada, al menos en parte, por la segunda pista (250B).
 6. El sensor (6) de corrosión según cualquier reivindicación anterior, en donde los terminales (220A, 220B) respectivos del conjunto (220) de los mismos están mutuamente alineados, equiespaciados y/o equidimensionados.
 7. El sensor (6) de corrosión según la reivindicación 6, en donde el terminal (210) común y los terminales (220A, 220B) respectivos del conjunto (220) de los mismos están mutuamente alineados, equiespaciados y/o equidimensionados.
 8. El sensor (6) de corrosión según cualquier reivindicación anterior, que comprende un revestimiento (30) que tiene un conjunto (310) de perforaciones, que incluye una primera perforación (310A), en el mismo y/o a través del mismo.

9. El sensor (6) de corrosión según cualquier reivindicación anterior, que comprende un componente electrónico acoplado eléctricamente al terminal (21) común y/o a los terminales (220A, 220B) respectivos del conjunto (220) de los mismos.
- 5 10. El sensor (6) de corrosión según cualquier reivindicación anterior, en donde los elementos (230A, 230B) de detección respectivos del conjunto (230) de los mismos tienen un espesor en el intervalo de 50 nm a 150 nm.
11. Un sistema de detección de corrosión que comprende un conjunto de sensores (6) de corrosión, que incluye un primer sensor de corrosión y un segundo sensor de corrosión, según cualquier reivindicación anterior.
- 10 12. Una estructura que comprende un sensor (6) de corrosión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 o un sistema de detección de corrosión según la reivindicación 11.
- 15 13. Un método para supervisar la corrosión utilizando un sensor (6) de corrosión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, comprendiendo el método medir las resistencias respectivas entre el terminal (210) común y los terminales (220A, 220B) respectivos del conjunto (220) de los mismos.

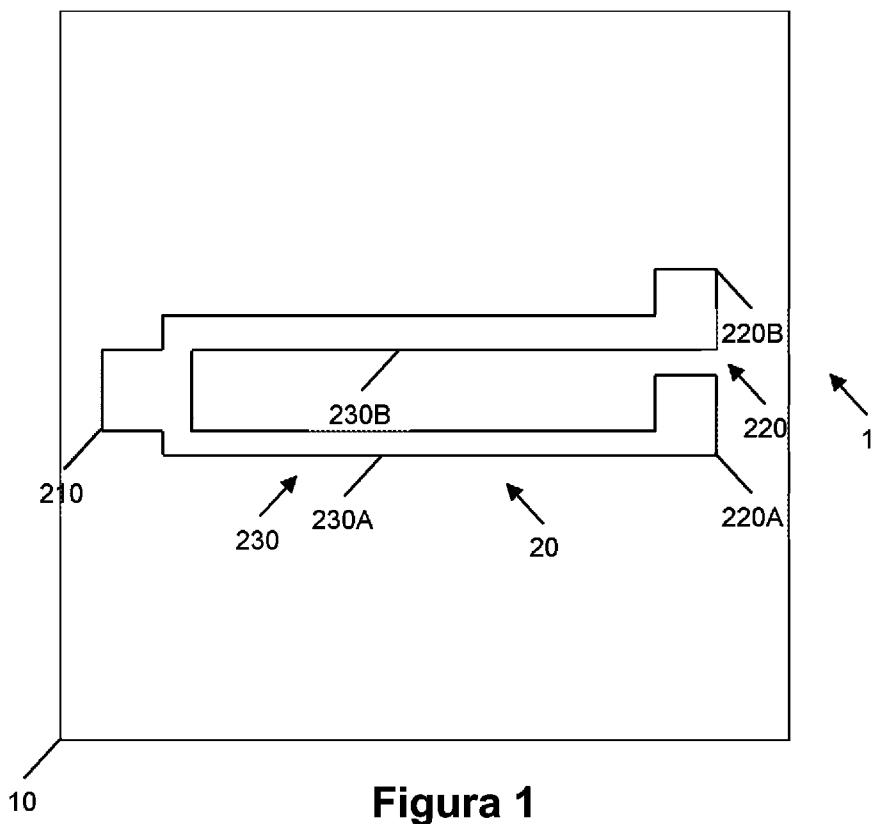


Figura 1

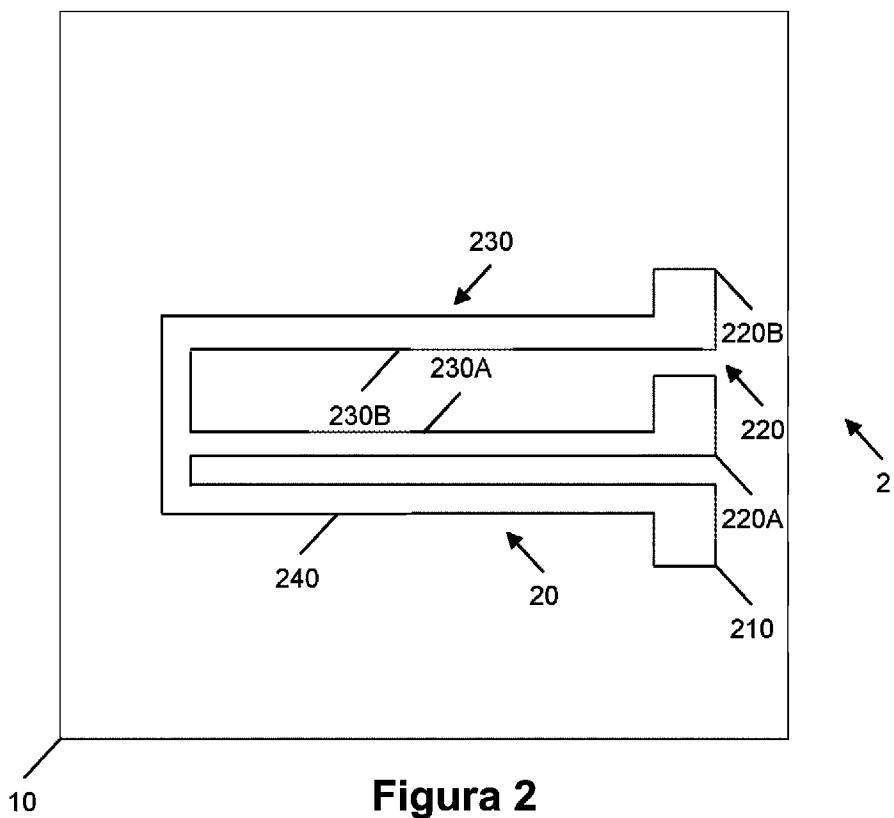
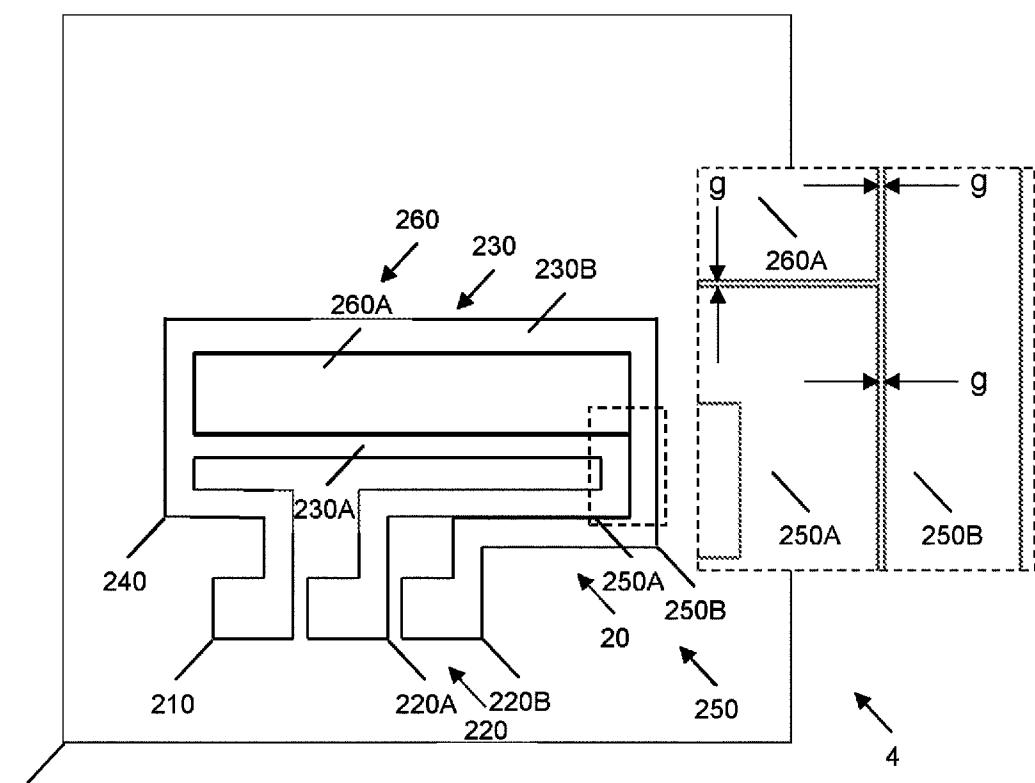
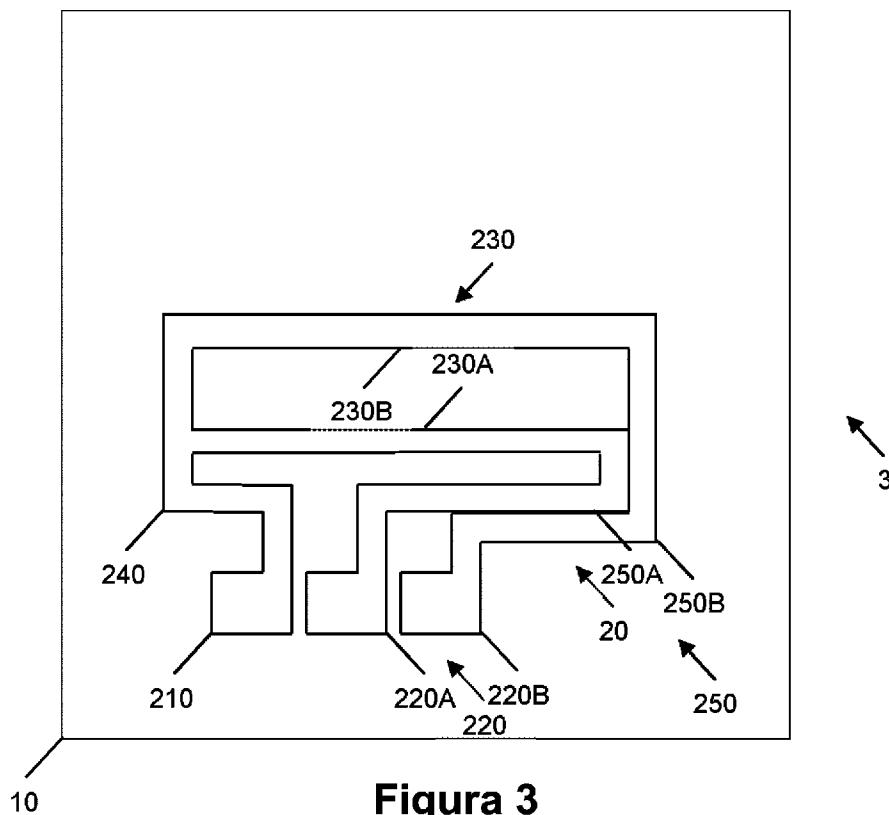


Figura 2



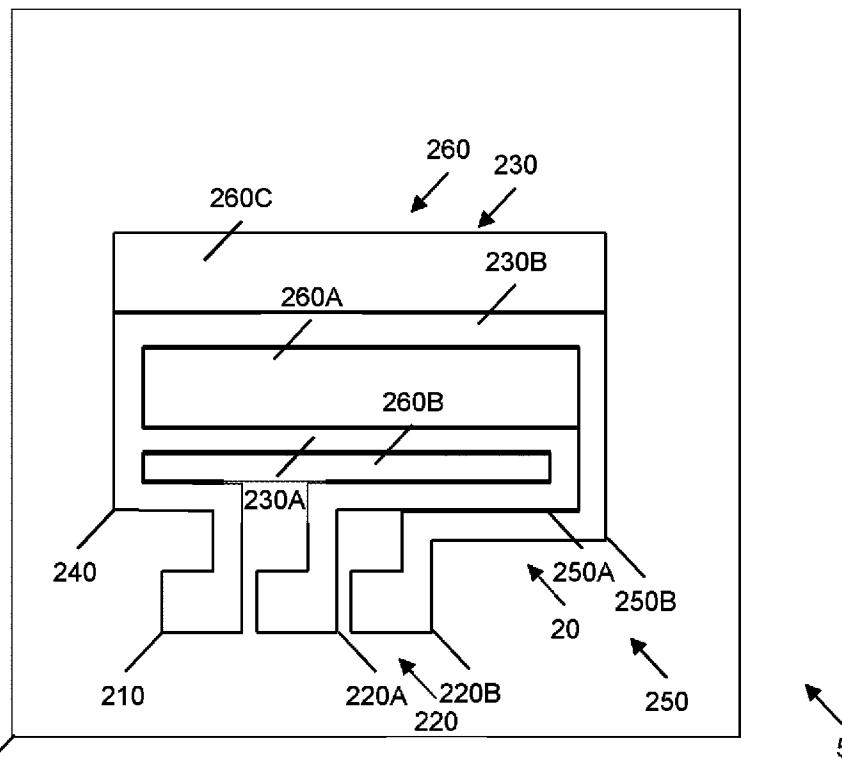


Figura 5

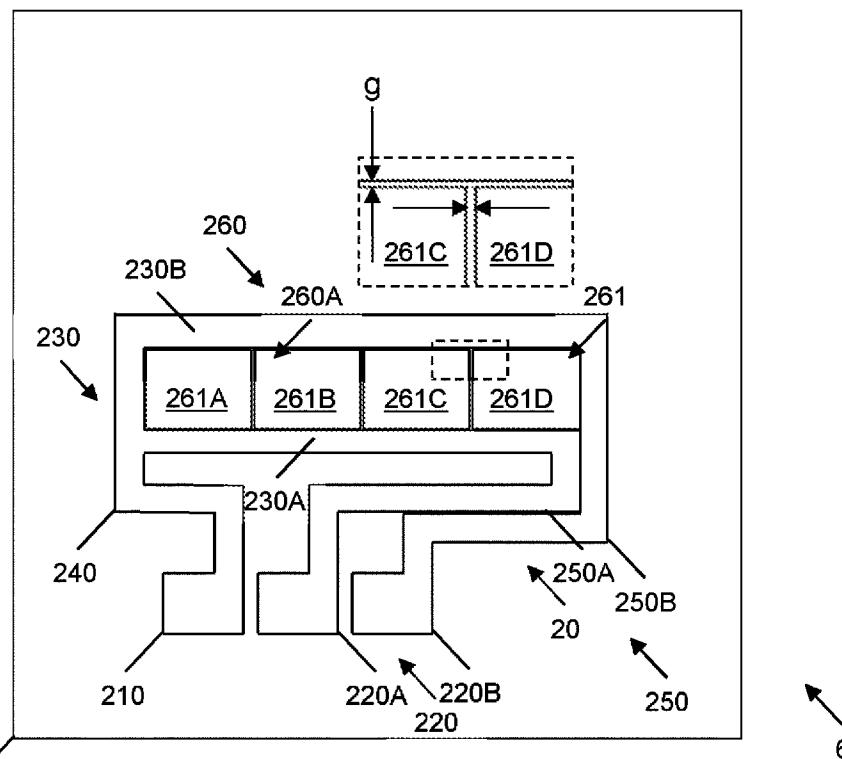


Figura 6

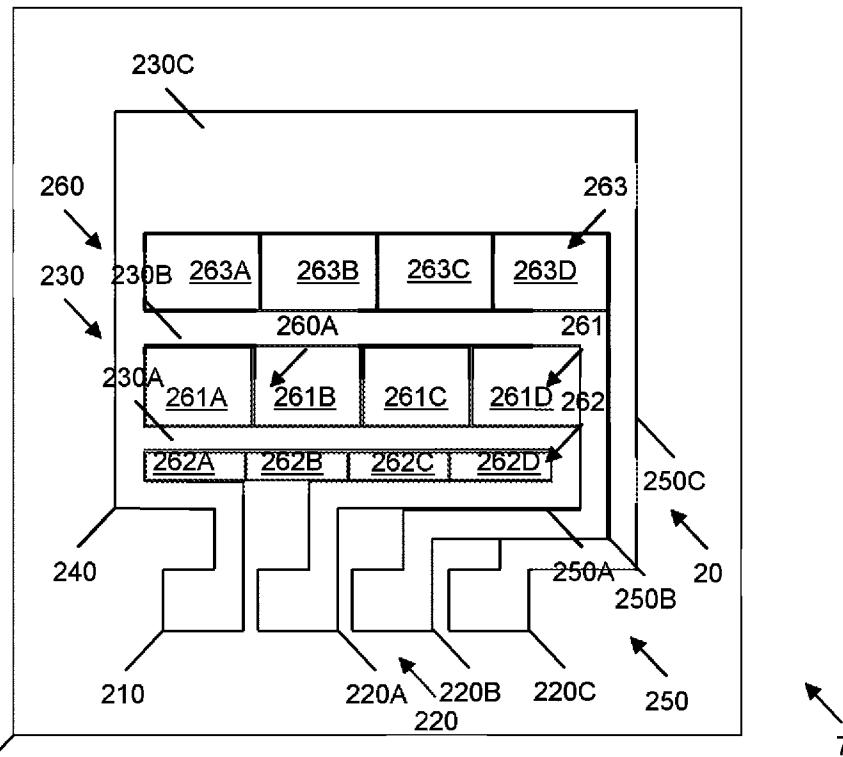


Figura 7

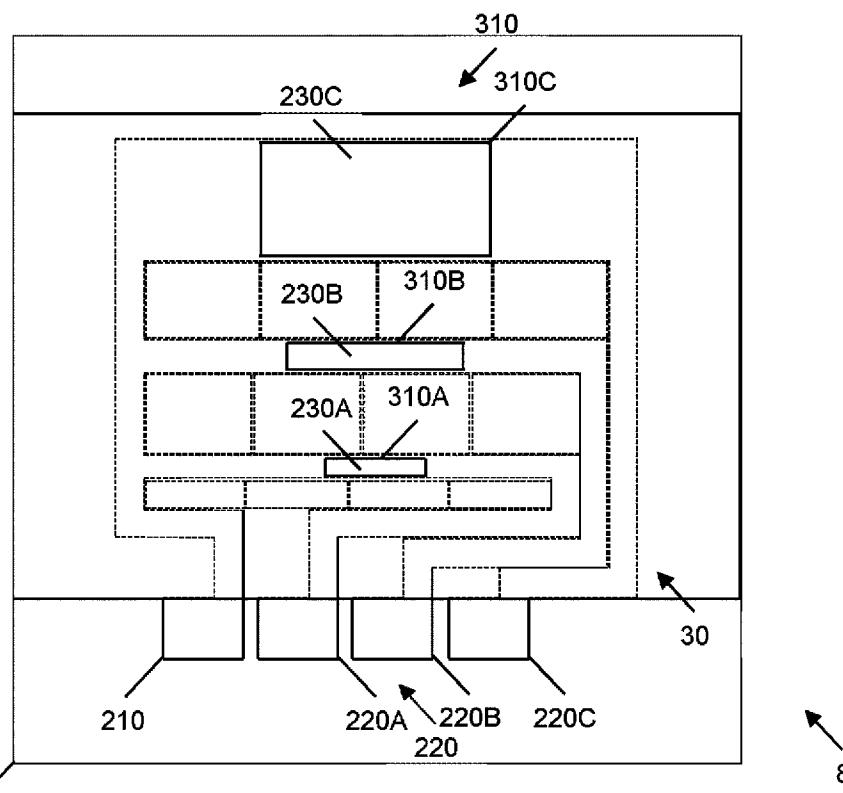


Figura 8

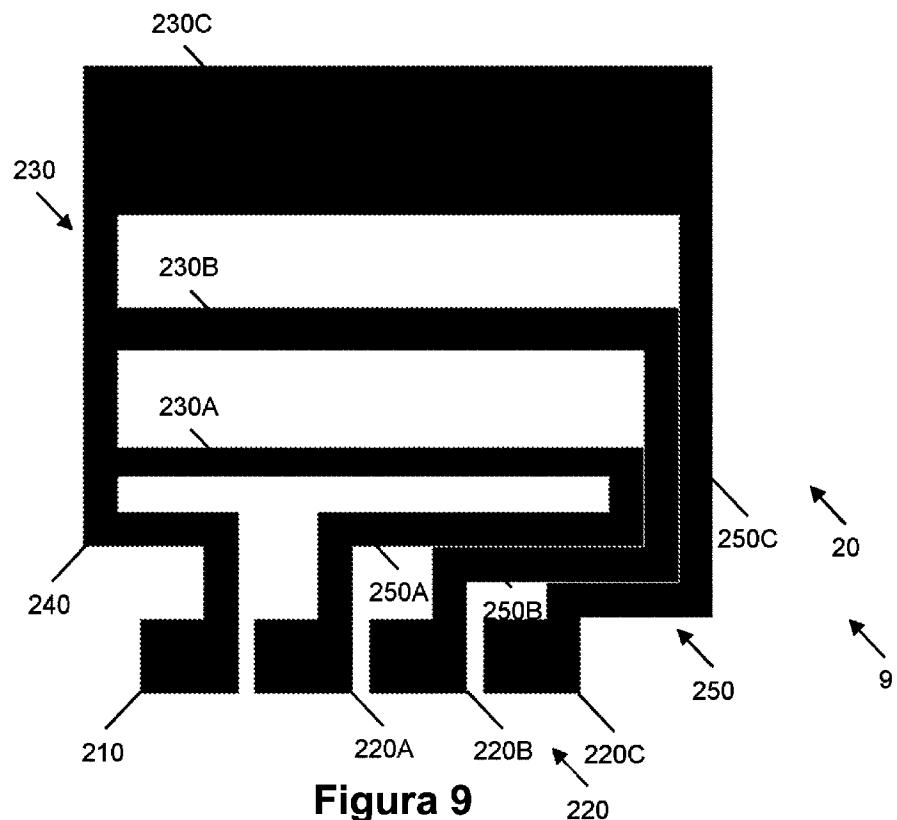


Figura 9

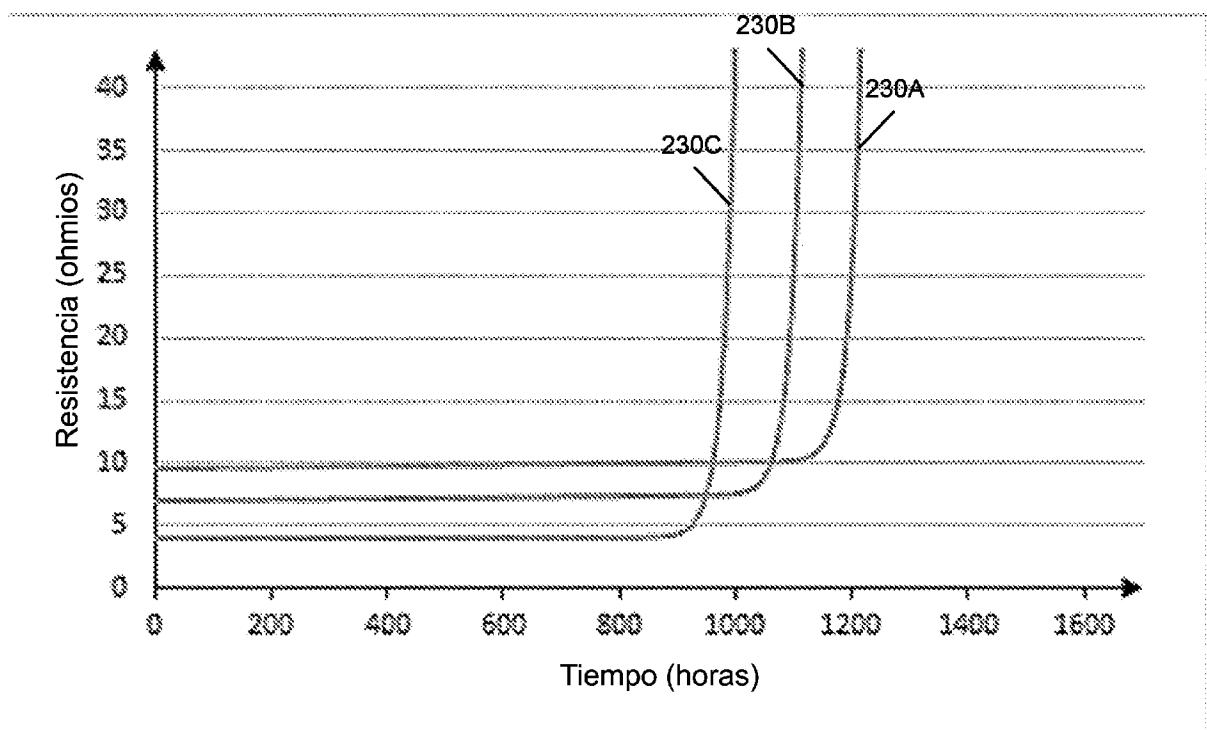


Figura 10