

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 646 182**

51 Int. Cl.:

G01N 17/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.06.2008** **E 08252026 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.08.2017** **EP 2003439**

54 Título: **Método y aparato para la detección de corrosión no destructiva mediante puntos cuánticos.**

30 Prioridad:

15.06.2007 US 763979

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

12.12.2017

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:

**SAFAI, MORTEZA y
GEORGESON, GARY E.**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 646 182 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

Método y aparato para la detección de corrosión no destructiva mediante puntos cuánticos

Campo:

- 5 La divulgación se refiere, en general, a los puntos cuánticos y en particular a un método y aparato para la inspección no destructiva de estructuras. Más específicamente, la divulgación se refiere a un método, aparato y código de programa utilizable por ordenador para mejorar la detección de corrosión en una superficie de una estructura detectando unos puntos cuánticos asociados con la superficie.

Antecedentes:

- 10 Durante la fabricación, el mantenimiento, y/o la reparación de muchos productos, tales como los productos aeronáuticos, puede ser extremadamente importante garantizar que las superficies exteriores y/o interiores del producto no tienen ninguna corrosión.

- 15 Por lo tanto, la detección de corrosión puede ser muy importante. Sin embargo, la corrosión en una superficie puede ocultarse o enmascarse debajo de capas de pintura u otros recubrimientos superficiales. Los medios destructivos para la detección de corrosión requieren la separación o eliminación de la pintura y/o el desmontaje de partes y conjuntos para identificar la corrosión. Estos procesos son destructivos, lentos, ineficientes y pueden ser prohibitivos en cuanto al coste.

- 20 En la actualidad la inspección de corrosión no destructiva (NDI) disponible se realiza, en general, visualmente usando la inspección electromagnética, métodos de inspección de corriente de Foucault o ultrasónica, que pueden medir el adelgazamiento del metal debido a corrosión. Sin embargo, estos enfoques requieren más inspecciones y desmontajes de los que de otra manera serían necesarios para una detección muy temprana y capacidad de monitorización. Además, las inspecciones visuales requieren que un técnico u otro personal de mantenimiento inspeccionen visualmente todas las superficies para detectar signos y evidencias de corrosión, tales como una oxidación visible. Esto puede ser un proceso que consume tiempo, costoso y no fiable.

- 25 Además, la corrosión es a menudo muy difícil de detectar bajo la pintura u otros recubrimientos, en zonas remotas, y/o en zonas de difícil acceso. Para zonas remotas o de acceso limitado, la inspección visual puede hacerse posible a través de los endoscopios. La interpretación puede ser frecuentemente difícil y la sensibilidad a la corrosión puede limitarse con este enfoque debido a que la corrosión puede parecer similar a la suciedad, virutas de pintura u otro material extraño.

- 30 Por otra parte, el personal de mantenimiento y los inspectores de corrosión deben esperar hasta que la corrosión en una superficie sea lo suficientemente sustancial como para detectarse visualmente. En el momento en que la corrosión se detecta por estos medios, la corrosión puede haber dado lugar a un mayor daño en el producto, y un coste correspondientemente mayor de reparación, que si la corrosión se hubiera detectado en un momento anterior.

- 35 El documento US 2007/0048867 desvela un sistema para alertar de sustancias corrosivas, químicas o radiológicas. El sistema comprende pintar una superficie con una pintura o recubrimiento que incluye un material indicador y monitorizar la superficie para detectar indicaciones de las sustancias corrosivas, químicas o radiológicas. El sistema de pintura puede incluir (1) aditivos químicamente sensibles al recubrimiento, que incluyen indicadores sensibles al PH; (2) recubrimientos sensibles a la tensión; y (3) trazadores radiológicos capaces de indicar pérdidas/movimientos críticos del metal.

- 40 El documento US 2006/0216759 desvela métodos para fabricar y usar composiciones de nanocristales fluorescentes funcionalizados. Las composiciones que son fluorescentes son nanocristales recubiertos con al menos un material. El material de recubrimiento tiene compuestos químicos o ligandos con grupos funcionales o mitades con electrones conjugados y mitades para conferir solubilidad a los nanocristales fluorescentes recubiertos en soluciones acuosas. El material de recubrimiento proporciona composiciones nanocristalinas fluorescentes funcionalizadas que son hidrosolubles, químicamente estables y emiten luz con un alto rendimiento cuántico y/o eficacia de luminiscencia
45 cuando se excitan con luz.

El documento US 2002/0021003 desvela un dispositivo y un procedimiento para aplicaciones de seguridad, en el que se usan unos puntos cuánticos de tamaños, composiciones y estructuras específicos para producir patrones aleatorios de fluorescencia espectralmente variable.

- 50 Por lo tanto, sería ventajoso tener un método, aparato, y código de programa utilizable por ordenador mejorados para la detección de corrosión no destructiva.

Sumario

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un método para la detección no destructiva de corrosión usando puntos cuánticos y un sistema para la detección no destructiva de corrosión usando puntos cuánticos de acuerdo con las reivindicaciones adjuntas 1 y 6, respectivamente.

5 Una realización de la divulgación proporciona un método, aparato, y código de programa utilizable por ordenador para la detección no destructiva de corrosión usando puntos cuánticos. Una superficie de un producto asociado con un conjunto de puntos cuánticos se prueba para formar una zona de prueba. Un patrón de longitudes de onda emitidas por el conjunto de puntos cuánticos asociados con la zona de ensayo se detecta para formar un patrón de puntos cuánticos. El patrón de puntos cuánticos se analiza para determinar si se ha producido corrosión en la zona de prueba del producto.

10 Otra realización ventajosa proporciona un sistema para la detección no destructiva de corrosión usando puntos cuánticos. El sistema incluye un producto; un conjunto de puntos cuánticos asociados con una zona del producto para formar una zona de prueba; y un detector de puntos cuánticos, en el que el detector de puntos cuánticos detecta un patrón de longitudes de onda emitidas por el conjunto de puntos cuánticos asociados con la zona de prueba del producto para formar un patrón de puntos cuánticos; y analiza el patrón de puntos cuánticos para determinar si se ha producido corrosión en la zona de prueba del producto.

15 En otra disposición, se proporciona un producto de programa de ordenador que tiene un medio utilizable por ordenador que incluye un código de programa utilizable por ordenador para la detección no destructiva de corrosión usando unos puntos cuánticos. El producto de programa informático comprende un código de programa utilizable por ordenador para detectar un patrón de longitudes de onda emitidas por el conjunto de puntos cuánticos asociados con la superficie del producto para formar un patrón de puntos cuánticos en respuesta a una prueba de una superficie de una zona en un producto asociado con un conjunto de puntos cuánticos para formar una zona de prueba; y un código de programa utilizable por ordenador para analizar el patrón de puntos cuánticos para determinar si se ha producido corrosión en la zona de prueba del producto.

20 Las características, funciones y ventajas pueden conseguirse independientemente en diversas realizaciones de la divulgación o pueden combinarse en otras realizaciones más en las que pueden verse detalles adicionales haciendo referencia a la siguiente descripción y a los dibujos.

Breve descripción

25 Las nuevas funciones consideradas características de la invención se exponen en las reivindicaciones adjuntas. Sin embargo, la propia invención, así como un modo de uso preferido, otros objetivos y ventajas de la misma, se entenderán mejor haciendo referencia a la siguiente descripción detallada de una realización ventajosa de la divulgación cuando se lee junto con los dibujos adjuntos, en los que:

la **figura 1** es un diagrama de flujo de un método de producción y servicio de aeronaves de acuerdo con una realización ventajosa;

30 la **figura 2** es un diagrama de bloques de una aeronave de acuerdo con una realización ventajosa;

la **figura 3** es una ilustración de unos puntos cuánticos incorporados en una película o recubrimiento delgado de polímero de acuerdo con una realización ventajosa;

la **figura 4** es una ilustración de una aeronave que tiene unos puntos cuánticos asociados con una superficie de la aeronave para su uso en la detección de corrosión en la superficie de acuerdo con una realización ventajosa;

40 la **figura 5** es una ilustración de un sistema de detección de corrosión de acuerdo con una realización ventajosa;

la **figura 6** es una ilustración de un sistema de procesamiento de datos de acuerdo con una realización ventajosa;

la **figura 7** es un diagrama de flujo de un proceso para la detección de corrosión no destructiva usando unos puntos cuánticos asociados con una superficie de un producto de acuerdo con una realización ventajosa;

45 la **figura 8** es un diagrama de flujo de un proceso para asociar puntos cuánticos con una superficie de un producto de acuerdo con una realización ventajosa; y

la **figura 9** es un diagrama de flujo de un proceso para procesar señales de puntos cuánticos para identificar corrosión de acuerdo con una realización ventajosa.

Descripción

Haciendo referencia más específicamente a los dibujos, pueden describirse unas realizaciones de la divulgación en el contexto de un método de fabricación y servicio de aeronaves **100**, como se muestra en la **figura 1** y la aeronave **202**, como se muestra en la **figura 2**. Durante la preproducción, el método a modo de ejemplo **100** puede incluir la especificación y el diseño **104** de la aeronave **202** de la **figura 2** y la adquisición de material **106**. Durante la producción, tiene lugar la fabricación de componentes y subconjuntos **108** y la integración de sistemas **110** de la aeronave **202** de la **figura 2**. A continuación, la aeronave **202** de la **figura 2** puede pasar por la certificación y la entrega **112** con el fin de ponerse en servicio **114**. Mientras que está en servicio en un cliente, la aeronave **202** de la **figura 2** está programada para un mantenimiento y un servicio rutinarios **116** (que pueden incluir modificación, reconfiguración, renovación, y así sucesivamente).

Cada uno de los procesos del método **100** puede realizarse o llevarse a cabo por un integrador de sistemas, un tercero, y/o un operador (por ejemplo, un cliente), como se indica por la "X" en la cuadrícula a la derecha del diagrama de flujo de la **figura 1**. Para los fines de esta descripción, un integrador de sistemas puede incluir, sin limitación, cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistemas principales; un tercero puede incluir, sin limitación, cualquier número de vendedores, subcontratistas y proveedores; y un operador puede ser una compañía aérea, una compañía de alquiler, una entidad militar, una organización de servicios, etc.

Como se muestra en la **figura 2**, la aeronave **202** producida por el método a modo de ejemplo **100** puede incluir un fuselaje **218** con pluralidad de sistemas **220** y un interior **222**. Ejemplos de sistemas de alto nivel **220** incluyen uno o más sistemas de propulsión **224**, un sistema eléctrico **226**, un sistema hidráulico **228**, y un sistema ambiental **230**.

Un aparato y métodos incorporados en el presente documento pueden emplearse durante una cualquiera o más de las fases del método de producción y servicio **100** de la **figura 1**. Por ejemplo, los componentes o subconjuntos correspondientes al proceso de producción **108** pueden fabricarse de manera similar a los componentes o subconjuntos producidos mientras la aeronave **202** está en servicio. Además, pueden usarse una o más realizaciones del aparato, realizaciones del método o una combinación de las mismas durante las fases de producción **108** y **110** de la **figura 1**, por ejemplo, acelerando sustancialmente el montaje o reduciendo el coste de la aeronave **202**. De manera similar, una o más de las realizaciones del aparato, las realizaciones del método, o una combinación de las mismas pueden usarse mientras que la aeronave **202** está en servicio, por ejemplo y sin limitación, para el mantenimiento y el servicio **116** de la **figura 1**.

Muchos productos, tales como aeronaves, pueden ser susceptibles a la corrosión. Estos productos deberían inspeccionarse y mantenerse para evitar o reducir corrosión en el producto tanto como sea posible con el fin de que el producto funcione correctamente y/o eficientemente. Un producto es cualquier artículo que puede fabricarse o crear para su uso por una persona, compañía u otra organización. Un producto puede incluir, pero no está limitado a, cualquier equipo, vehículo, máquina, dispositivo u otro artículo manufacturado. Un producto puede ser, por ejemplo y sin limitación, una aeronave, un automóvil, un barco, un helicóptero, un motor, una estructura, una herramienta o cualquier otro dispositivo o artículo fabricado que tenga una o más partes y/o superficies susceptibles a la corrosión.

Como se usa en el presente documento, corrosión se refiere a un desgaste o adelgazamiento de un espesor de la superficie, una grieta, fractura, o rotura en el material de la superficie, erosión de la superficie debido a la exposición a la intemperie, calor, presión, impacto, productos químicos corrosivos, óxido, energía, luz, un proceso de oxidación o exposición a cualquier otra sustancia corrosiva o proceso corrosivo que dé como resultado la destrucción de un material superficial o recubrimiento superficial.

Por lo tanto, durante la fabricación, el mantenimiento, y/o la reparación de muchos productos, tales como las aeronaves, es extremadamente importante garantizar que las superficies exteriores y/o interiores de las partes y conjuntos asociados con el producto no tienen ninguna corrosión. Sin embargo, la corrosión en una superficie puede estar a menudo oculta o enmascarada debajo de capas de pintura u otros recubrimientos superficiales. Los medios destructivos para la detección de corrosión requieren la separación o eliminación de la pintura y/o el desmontaje de partes y conjuntos para identificar la corrosión. Estos procesos son destructivos, lentos, ineficaces y pueden ser prohibitivos en cuanto al coste.

Los métodos de detección de corrosión no destructivos convencionales implican inspecciones visuales de las superficies para detectar signos y evidencias de corrosión, tales como óxido visible, abolladuras, grietas o rasguños en la superficie sin separar la pintura o el desmontaje de las partes. Sin embargo, el personal de mantenimiento y los inspectores de corrosión deben esperar hasta que la corrosión en una superficie sea lo suficientemente sustancial como para detectarse a pesar de la pintura y otros recubrimientos por encima de la superficie.

Las realizaciones ventajosas reconocen que con el uso creciente de estructuras aeroespaciales unificadas y complejas, hay una necesidad crítica de enfoques y tecnologías que permitan la inspección no destructiva (NDI) en

localizaciones de una estructura que no puedan accederse fácilmente.

Por lo tanto, las realizaciones ventajosas proporcionan un método, un aparato, y un código de programa utilizable por ordenador para la detección no destructiva de corrosión usando puntos cuánticos. En una realización, se prueba una superficie de una zona en un producto asociado con un conjunto de puntos cuánticos. Se detecta un patrón de longitudes de onda emitidas por el conjunto de puntos cuánticos asociados con la superficie del producto para formar un patrón de puntos cuánticos. El patrón de puntos cuánticos se analiza para determinar si se ha producido corrosión en la zona sobre la superficie del producto.

La **figura 3** es una ilustración de puntos cuánticos incorporados en una película o recubrimiento delgado de polímero de acuerdo con una realización ventajosa. El recubrimiento de puntos cuánticos **300** es un recubrimiento o sustrato que tiene puntos cuánticos, tales como los puntos cuánticos **302-306** incorporados dentro del recubrimiento o sustrato.

Los puntos cuánticos **302-306** son semiconductores del tamaño de partículas que son normalmente de menos de 100 nanómetros de diámetro. De hecho, algunos puntos cuánticos son menores que un único nanómetro, o una milmillonésima de metro, en tamaño. Los puntos cuánticos **302-306** son cristales minúsculos, conocidos como nanocristales semiconductores que pueden consistir de unos pocos cientos a unos pocos miles de átomos. Los puntos cuánticos **302-306** pueden sintetizarse a partir de una diversidad de sustancias, tales como, sin limitación, silicio, germanio, galio, arseniuro, fosforo de indio, selenuro de cadmio y sulfuro de zinc. En este ejemplo, los puntos cuánticos **302-306** son de forma esférica y están fabricados de silicio u otras sustancias.

Los puntos cuánticos **302-306** combinan el amplio espectro de absorción de un cristal semiconductor con el pico de absorción distinto de un colorante orgánico, además de tener una vida útil fluorescente más larga. Finalmente, los puntos cuánticos **302-306** pueden afinarse para emitir picos gaussianos agudos en cualquier frecuencia visible, infrarroja y ultravioleta.

En este ejemplo, los puntos cuánticos **302-306** están incorporados en el recubrimiento o sustrato. En este ejemplo, el recubrimiento o sustrato es, sin limitación, un recubrimiento de polímero **308**. Los puntos cuánticos **302-306** pueden implementarse como cualquier tipo de puntos cuánticos. Los puntos cuánticos **302-306** pueden fabricarse usando cualquier método o procedimiento conocido o disponible para fabricar, producir o generar puntos cuánticos.

En este ejemplo, los puntos cuánticos **302-306** están incrustados o incorporados en un recubrimiento o sustrato, tal como el recubrimiento **308** para formar el recubrimiento de puntos cuánticos **310**. Los puntos cuánticos **302-306** se incrustan o se incorporan en el recubrimiento **308** usando cualquier método conocido o disponible para incorporar puntos cuánticos en un recubrimiento o sustrato. En otras palabras, cualquier técnica conocida por un experto en la materia para generar un recubrimiento de puntos cuánticos **310** puede usarse de acuerdo con las realizaciones ilustrativas.

En este ejemplo específico, el recubrimiento **308** es un recubrimiento de polímero. Sin embargo, las realizaciones ilustrativas pueden implementarse usando puntos cuánticos **302-306** incorporados en cualquier tipo de sustrato o recubrimiento. En otras palabras, las realizaciones no se limitan a la incorporación de los puntos cuánticos **302-306** en un recubrimiento polimérico.

En este ejemplo, el recubrimiento de puntos cuánticos **310** incluye aproximadamente dieciocho puntos cuánticos. Sin embargo, esta cifra solo se muestra con fines ilustrativos y no limitativos. El recubrimiento de puntos cuánticos **310** puede incluir cualquier número de puntos cuánticos incorporados en un recubrimiento para formar el recubrimiento de puntos cuánticos **310**.

Por otra parte, las realizaciones ilustrativas no se limitan al uso del recubrimiento de puntos cuánticos **310**. En otra realización, los puntos cuánticos, tales como los puntos cuánticos **302-306** pueden incorporarse directamente en el material usado para fabricar un producto. En otras palabras, si el producto es un panel de aluminio, los puntos cuánticos **302-306** pueden incrustarse directamente dentro del aluminio del panel de aluminio. Los puntos cuánticos pueden mezclarse también en un recubrimiento subsuperficial, de tal manera que cuando el recubrimiento superficial se rompe, los puntos cuánticos en el recubrimiento subsuperficial pueden identificarse rápidamente.

Los puntos cuánticos coloidalmente preparados son libres de flotar y pueden unirse a una variedad de moléculas a través del metal que coordina los grupos funcionales. Estos grupos incluyen, pero no se limitan a, tiol, amina, nitrilo, fosfina, óxido de fosfina, ácido fosfónico, ácido carboxílico u otros ligandos. Esta capacidad para unirse a otras moléculas aumenta enormemente la flexibilidad de los puntos cuánticos con respecto a los tipos de ambientes en los que pueden aplicarse. Al unir las moléculas apropiadas a la superficie de un producto, los puntos cuánticos pueden dispersarse o disolverse en casi cualquier disolvente o incorporarse en una variedad de películas inorgánicas y orgánicas. Además, puede usarse la química superficial para alterar eficazmente las propiedades de los puntos cuánticos, incluyendo el brillo y la vida útil electrónica de los puntos cuánticos.

Haciendo referencia ahora a la **figura 4**, se muestra de acuerdo con una realización ventajosa una ilustración de una aeronave que tiene unos puntos cuánticos asociados con una superficie de la aeronave para su uso en la detección de corrosión en la superficie. El avión **400** es un ejemplo de una aeronave en la que se han asociado unos puntos cuánticos con una o más superficies del avión **400** para mejorar la detección de corrosión. En este ejemplo ilustrativo, el avión **400** tiene unas alas **402** y **404** unidas al cuerpo **406**. El avión **400** incluye un motor montado en un ala **408**, un motor montado en un ala **410** y una cola **412**.

El avión **400** puede ser cualquier tipo de aeronave conocida o disponible o vehículo aeroespacial, tal como, sin limitación, la aeronave **202** de la **figura 2**. El avión **400** incluye unos puntos cuánticos asociados con un conjunto de una o más superficies en el avión **400**. Una superficie puede ser una superficie exterior o una superficie interior de un producto.

El avión **400** es un ejemplo de un producto. Sin embargo, las realizaciones ilustrativas no se limitan a la implementación en asociación con una aeronave. Las realizaciones ilustrativas también pueden implementarse con cualquier tipo de producto, incluyendo, pero sin limitarse a, automóviles, camiones, furgonetas, helicópteros, barcos, buques, buques de navegación oceánica, estructuras no móviles y/o cualquier otro tipo de producto.

Además, las realizaciones ilustrativas pueden usarse para detectar la corrosión en partes o conjuntos para un producto. Por ejemplo, las realizaciones ilustrativas pueden usarse para detectar la corrosión en un conjunto de ala diseñado para su uso en un avión **400** incluso si el conjunto de ala no está unido al avión **400**. En otras palabras, el proceso descrito a continuación en las **figuras 4 a 9** puede usarse en combinación con un producto completamente ensamblado, tal como una aeronave o junto con cualquier parte o conjunto de un producto, tal como un conjunto de ala, un fuselaje, una puerta, una pala de hélice o cualquier otra pieza o parte de un producto. Otros ejemplos, partes, conjuntos o subconjuntos pueden ser para otros tipos de vehículos o estructuras distintas de una aeronave, tal como el avión **400**. Por ejemplo, los puntos cuánticos pueden estar asociados con una superficie de una pala en un generador de turbina de vapor o con una superficie de una tubería para una central eléctrica.

Haciendo referencia ahora a la **figura 5**, se muestra de acuerdo con una realización ventajosa una ilustración de un sistema de detección de corrosión. Un sistema de detección de corrosión es un sistema para la detección de corrosión no destructiva usando unos puntos cuánticos asociados con una superficie y/o una zona de un producto.

En este ejemplo, el sistema de detección de corrosión usa un conjunto de puntos cuánticos **508** asociados con la superficie **504** del producto **505** para detectar la corrosión. El producto **505** puede ser cualquier tipo de producto. En este ejemplo y sin limitación, el producto **505** puede ser una pieza o parte de un ala de aluminio de una aeronave, tal como el avión **400** de la **figura 4**.

En una realización, los puntos cuánticos se asocian con la superficie **504** del producto **505** colocando los puntos cuánticos dentro del material que comprende el producto. En este ejemplo, los puntos cuánticos se mezclan en la estructura metálica del producto **505** durante la fabricación.

En otra realización, los puntos cuánticos se asocian con la superficie **504** incrustando o integrando los puntos cuánticos en un recubrimiento que se aplica a la superficie **504** para cubrir el producto **505**. En otras palabras, los puntos cuánticos se colocan dentro del material del producto **505** o se aplican en un recubrimiento o sustrato a la superficie **504** del producto **505** para actuar como un marcador para la detección de corrosión. Los puntos cuánticos se liberan cuando se corroe el material que compone el producto **505**.

Los puntos cuánticos pueden identificarse fácil y rápidamente usando un detector de puntos cuánticos (puntos-Q) **502**. El detector de puntos-Q **502** es un dispositivo para detectar una presencia de puntos cuánticos en una estructura, tal como el producto **505**, o en un recubrimiento sobre una superficie **504** del producto **505**. El detector de puntos-Q **502** puede ser un dispositivo que se ajusta o calibra para ser sensible al intervalo de excitación fluorescente emitida por los puntos cuánticos asociados con la superficie **504**.

Por ejemplo, el detector de puntos-Q **502** puede ser, pero no se limita a, un dispositivo óptico para detectar longitudes de onda de la luz visible, infrarroja, y ultravioleta, un endoscopio que está diseñado para la sensibilidad a las longitudes de onda de luz en el intervalo apropiado, un dispositivo de espectroscopia, un dispositivo de fotoespectroscopia, una combinación de un endoscopio y un dispositivo óptico, o cualquier otro dispositivo conocido o disponible en la técnica para detectar longitudes de onda de luz o señales emitidas por los puntos cuánticos.

Una combinación de un endoscopio y un dispositivo óptico proporcionaría un detector de puntos-Q híbrido que es capaz de detectar los patrones de puntos-Q en zonas inaccesibles o zonas remotas. Por lo tanto, esta realización incrementaría la velocidad y la eficacia de la prueba de corrosión.

El detector de puntos-Q **502** puede incluir opcionalmente un dispositivo informático, tal como, sin limitación, un procesador y una memoria, para procesar los datos relativos a las emisiones de los puntos cuánticos recogidos por

el detector de puntos-Q **502**, tal como se muestra a continuación en la **figura 6**. El detector de puntos-Q **502** también puede incluir opcionalmente un dispositivo de red para transmitir datos, tal como los datos relativos a las longitudes de onda de energía emitidas por los puntos cuánticos, a través de una red a un dispositivo informático remoto para su procesamiento.

- 5 Los datos con respecto a las longitudes de onda de la luz emitida por los puntos cuánticos y la intensidad de las longitudes de onda de la luz pueden procesarse por el detector de puntos-Q **502** y/o por cualquier otro tipo de dispositivo informático, para determinar el tipo y la cantidad de corrosión en una superficie **504**. En otras palabras, los datos pueden procesarse para determinar la localización exacta de corrosión, la gravedad de corrosión, qué tan lejos o profundamente ha progresado la corrosión y la naturaleza de la corrosión. Por ejemplo, un análisis de las
- 10 señales de puntos cuánticos puede desvelar que la corrosión es superficial o no ha alcanzado por debajo de una capa específica de superficie **504**, las zonas exactas de la superficie **504** que experimentan la corrosión y/o que la corrosión es probablemente debida a la oxidación.

- Los puntos cuánticos son cristales minúsculos con tamaños del orden de nanómetros. Los electrones dentro de un punto cuántico pueden absorber energía **506**, tal como, sin limitación, electricidad, luz solar, calor, microondas o radiación electromagnética, y emitir en respuesta energía como luz o una corriente. En este ejemplo, una zona sobre la superficie **504** asociada con el conjunto de puntos cuánticos se somete a una prueba de corrosión cuando el detector de puntos-Q **502** aplica o emite energía **506** a la zona sobre la superficie **504** del producto **505** para excitar el conjunto de puntos cuánticos **508** asociados con la superficie **504**. Cuando el conjunto de puntos cuánticos **508** están excitados, emiten energía en forma de longitudes de onda de luz. Sin embargo, de acuerdo con las
- 15 realizaciones ilustrativas, puede aplicarse cualquier tipo de energía a la zona sobre la superficie **504** para excitar el conjunto de puntos cuánticos. En otras palabras, las realizaciones no se limitan a la aplicación de energía **506** para excitar el conjunto de puntos cuánticos.

- En este ejemplo, la energía **506** es una longitud de onda específica de una radiación electromagnética para excitar unos puntos cuánticos asociados con el producto **505**. Sin embargo, la energía **506** también puede implementarse usando, sin limitación, calor, microondas, o electricidad para excitar los puntos cuánticos.
- 25

La excitación de los puntos cuánticos hace que los puntos cuánticos emitan fluorescencia o emitan luz visible, luz ultravioleta, y/o luz infrarroja. La luz emitida por los puntos cuánticos puede variar en longitud de onda y color. Por ejemplo, un punto cuántico puede emitir luz azul visible cuando está excitado y otro punto cuántico puede emitir luz roja visible cuando se excita.

- 30 En otras palabras, la longitud de onda de la luz emitida desde un punto cuántico está relacionada con su tamaño. Por lo tanto, los puntos cuánticos pueden ajustarse, de tal manera que las señales o las longitudes de onda emitidas por un punto cuántico pueden seleccionarse o ajustarse cambiando el tamaño del punto cuántico y/o cambiando la composición química del punto cuántico. En otras palabras, la longitud de onda de emisión, y por consiguiente el color de la luz emitida por el punto cuántico, puede alterarse simplemente cambiando el tamaño del punto cuántico.
- 35 Los puntos cuánticos más pequeños producen longitudes de onda más pequeñas o más cortas que tienden a caer más dentro del intervalo de color azul de la luz. Los puntos cuánticos más grandes emiten longitudes de onda de luz más largas lo que produce una emisión de luz de color rojo. Los puntos cuánticos de diferentes tamaños pueden fijarse o enlazarse entre sí para formar moléculas, unidas a un esqueleto de polímero, enlazado o fijado para formar cadenas, y/o enlazado para formar retículas. Cada punto cuántico en estas cadenas y retículas que son de diferente
- 40 tamaño emitirá diferentes longitudes de onda de luz. De esta manera, pueden enlazarse unos puntos cuánticos de diferente tamaño para formar unas retículas de puntos cuánticos que emitirán luces de colores diferentes en diferentes patrones.

- Si se mezclan entre sí y a continuación se enlazan unos puntos cuánticos de tamaño múltiple, se forma un patrón de código identificable específico en el sustrato o superficie **504**, que puede ser multicolor y puede identificarse por su patrón de puntos cuánticos único, similar a un código de barras. Por lo tanto, un código de barras de punto cuántico con características fluoroscópicas específicas puede incrustarse selectiva o uniformemente en el material usado para fabricar un producto o en un recubrimiento o sustrato usado para recubrir o cubrir el producto después de la fabricación del producto, como se ha analizado anteriormente en la **figura 3**.
- 45

- El patrón de diferentes longitudes de onda emitidas cuando se excitan los puntos cuánticos forma un patrón de puntos cuánticos (puntos-Q) **508**. El patrón de puntos-Q **508** es el patrón de longitudes de onda de la luz visible, infrarroja y ultravioleta emitida por los puntos cuánticos en una zona de la superficie **504** en el producto **505** que se excitan mediante energía **506**. El detector de puntos-Q **502** detecta las longitudes de onda emitidas por los puntos cuánticos y procesa los datos asociados con las longitudes de onda para formar el patrón de puntos-Q **508**. El patrón de puntos-Q **508** puede usarse como un indicador de si se produce un daño posterior a la parte o zona del
- 50 producto **505**. Por ejemplo, una vez que la aleación en una zona comienza a corroerse, los puntos cuánticos asociados con esa zona se liberarán de los cristales de aleación y de la superficie durante la oxidación. El detector de puntos-Q **502** puede a continuación detectar y resaltar la firma específica emitida por los puntos cuánticos para formar el patrón de puntos-Q **508**.
- 55

El detector de puntos-Q **502** emite a continuación a un usuario el patrón de puntos-Q **508** y los datos adicionales con respecto a la corrosión asociada con la zona en la superficie **504** que se prueba por la corrosión. Por ejemplo, los datos adicionales pueden incluir datos tales como la gravedad o la extensión de la corrosión, la localización de la corrosión y/o las instrucciones para una prueba adicional de la zona para confirmar la corrosión. El detector de puntos-Q **502** puede ser necesario para detectar longitudes de onda de la luz emitida por los puntos cuánticos que no son visibles para el ojo humano. Además, el detector de puntos-Q **502** es capaz de medir la intensidad de las señales de longitud de onda emitidas por los puntos cuánticos con mayor precisión que un usuario humano.

En esta realización ilustrativa, si el producto **505** es un ala de aeronave fabricada de aleación de aluminio, los puntos cuánticos pueden incrustarse selectivamente en la aleación de aluminio de la propia ala de aeronave durante la fabricación del ala. Una vez que la aleación o la superficie del producto empiezan a corroerse, los puntos cuánticos se liberarán de los cristales y de las superficies de la aleación durante la oxidación. El detector de puntos-Q **502** detecta y resalta la firma específica de los puntos cuánticos para generar el patrón de puntos-Q **508**. El patrón de puntos-Q **508** puede variar en función del tamaño, número y enlaces entre los puntos cuánticos asociados con la superficie **504**.

En esta realización, los puntos cuánticos se asocian con la superficie **504** en un patrón para el nano-código de barras del aluminio que constituye la superficie **504** del producto **505**, como parte del sistema de detección de corrosión general **500**.

En otra realización, los puntos cuánticos pueden integrarse directamente en una resina en un material compuesto durante el curado. Si una zona del producto **505** que incluye el material compuesto desarrolla micro-agrietamiento, las partículas comenzarán a liberarse al aire ambiente. En otras palabras, el micro-agrietamiento permite que las partículas en el material compuesto se liberen del material compuesto restante en la zona del micro-agrietamiento. El detector de puntos-Q **502** puede a continuación detectar el patrón de puntos-Q **508** emitido por los puntos cuánticos. En este ejemplo, el detector de puntos-Q **502** puede ser un conjunto de una o más sondas fluorescentes.

En otra realización, uno o más detectores de puntos-Q, tal como el detector de puntos-Q **502** pueden ser una parte de un sistema de gestión de salud estructural en red. En esta realización, los detectores de puntos-Q colocados en diversas localizaciones en una estructura, tal como un producto **505**, se interrogan periódica y/o automáticamente por un sistema informático para determinar si se ha producido daño o corrosión y/o si se ha recibido una indicación de corrosión o daño que ha ocurrido.

Por ejemplo, un conjunto de dos o más detectores de puntos-Q pueden colocarse a intervalos iguales o irregulares sobre una superficie del producto **505** o colocarse a lo largo del producto **505**. Un sistema informático, tal como el sistema de procesamiento de datos representado a continuación en la **figura 6**, interroga a los detectores de puntos-Q para determinar si ha ocurrido la corrosión. Cuando la señal de interrogación se recibe por el conjunto de detectores de puntos-Q, los detectores de puntos-Q liberan energía para excitar los puntos-Q localizados dentro de un intervalo de cada detector de puntos-Q en el conjunto de detectores de puntos-Q. A continuación, puede realizarse una determinación en cuanto a si se ha producido la corrosión basándose en el patrón y la intensidad de las longitudes de onda emitidas por los puntos-Q localizados dentro del intervalo de los detectores de puntos-Q.

Volviendo ahora a la **figura 6**, se representa un diagrama de un sistema de procesamiento de datos de acuerdo con una realización ilustrativa de la divulgación. En este ejemplo ilustrativo, el sistema de procesamiento de datos **600** es un sistema de procesamiento de datos incorporado dentro de un detector de puntos cuánticos, tal como el detector de puntos-Q **502** de la **figura 5**.

Un sistema de procesamiento de datos **600** incluye un bus **602**, que proporciona las comunicaciones entre la unidad de procesador **604**, la memoria **606**, el almacenamiento persistente **608**, la unidad de comunicaciones **610**, la unidad de entrada/salida (E/S) **612**, y la pantalla **614**.

La unidad de procesador **604** sirve para ejecutar las instrucciones del software que puede cargarse en la memoria **606**. La unidad de procesador **604** puede ser un conjunto de uno o más procesadores o puede ser un núcleo multiprocesador, en función de la implementación específica. Además, la unidad de procesador **604** puede implementarse usando uno o más sistemas de procesador heterogéneos en los que un procesador principal está presente con procesadores secundarios en un solo chip. La memoria **606**, en estos ejemplos, puede ser, por ejemplo, una memoria de acceso aleatorio. El almacenamiento persistente **608** puede adoptar diversas formas en función de la aplicación específica. Por ejemplo y sin limitación, el almacenamiento persistente **608** puede ser una unidad de disco duro, una memoria flash, un disco óptico regrabable, una cinta magnética regrabable, o alguna combinación de los anteriores.

La unidad de comunicaciones **610**, en estos ejemplos, proporciona las comunicaciones con otros sistemas o dispositivos de procesamiento de datos. En estos ejemplos, la unidad de comunicaciones **610** es una tarjeta de interfaz de red. La unidad de E/S **612** permite la entrada y salida de datos con otros dispositivos que pueden estar

conectados al sistema de procesamiento de datos **600**. Por ejemplo, la unidad de E/S **612** puede proporcionar una conexión para una entrada de usuario a través de un teclado y un ratón. Además, la unidad de E/S **612** puede enviar la salida a una impresora. La pantalla **614** proporciona un mecanismo para mostrar información a un usuario.

5 Las instrucciones para el sistema operativo y las aplicaciones o programas están localizadas en el almacenamiento persistente **608**. Estas instrucciones pueden cargarse en la memoria **606** para su ejecución por la unidad de procesador **604**. Los procesos de las diferentes realizaciones pueden realizarse por la unidad de procesador **604** usando las instrucciones implementadas por ordenador, que pueden localizarse en una memoria, tal como la memoria **606**.

10 Volviendo ahora a la **figura 7**, se muestra de acuerdo con una realización ventajosa un diagrama de flujo de un proceso para la detección de corrosión no destructiva usando puntos cuánticos asociados con una superficie de un producto. El proceso puede implementarse por el personal de mantenimiento o uno o más humanos.

15 El proceso se inicia mediante la integración de los puntos cuánticos en un material de un producto, tal como el avión **400** de la **figura 4** o el producto **505** de la **figura 5** o la aplicación de un recubrimiento o sustrato que incluye los puntos cuánticos a una superficie del producto (operación **702**). Los puntos cuánticos se excitan dentro de una zona en la superficie del producto usando una longitud de onda seleccionada de la radiación electromagnética (operación **704**). Se realiza una determinación en cuanto a si los puntos cuánticos emiten fluorescencia de una forma o patrón que indica corrosión (paso **706**). Si los puntos cuánticos no emiten fluorescencia de una forma o patrón que indica corrosión, esto indica que no hay corrosión en la zona (operación **708**).

20 Volviendo a la operación **706**, si los puntos cuánticos emiten fluorescencia en un patrón o de una manera que indica corrosión, la pintura que cubre la zona se retira (operación **710**) y se realiza (operación **712**) una prueba de corrosión.

25 Después de probar la zona por corrosión en la operación **712**, o si no hay corrosión indicada en la zona en la operación **708**, se realiza una determinación en cuanto a si una zona siguiente necesita que se pruebe para corrosión (operación **714**). Si una zona siguiente necesita probarse, el proceso se mueve a la siguiente zona a probar (etapa **716**). El proceso vuelve a continuación a la etapa **704** y continúa implementando las operaciones **704-714** hasta que todas las zonas que se necesitan probar se han probado en cuanto a la corrosión. Cuando se realiza una determinación en cuanto a que una zona siguiente no tiene que probarse en la operación **714**, el proceso termina después de la misma.

30 La **figura 8** es un diagrama de flujo de un proceso para asociar los puntos cuánticos con una superficie de un producto de acuerdo con una realización ventajosa. El proceso puede implementarse por los fabricantes, personal de mantenimiento, o uno o más humanos. El proceso de la **figura 8** es una implementación más detallada de la etapa **502** de la **figura 5**.

35 El proceso comienza realizando una determinación en cuanto a si colocar puntos cuánticos dentro de la estructura o material que componen una parte o zona del producto (operación **802**). Si los puntos cuánticos son para colocarse en el interior o en el material o la estructura del producto, los puntos cuánticos se mezclan directamente en el material de la estructura del producto (operación **804**) terminando el proceso a continuación. En esta operación, los puntos cuánticos pueden integrarse directamente en una resina en un material compuesto durante el curado.

40 Volviendo a la operación **802**, si los puntos cuánticos no se colocan dentro de la estructura o el material que comprende el producto, se realiza una determinación en cuanto a si los puntos cuánticos deberían aplicarse en un sustrato directamente a la superficie del producto (operación **806**). Si los puntos cuánticos son para aplicarse directamente a la superficie, los puntos cuánticos se añaden a un sustrato y se aplican directamente a la superficie del producto (operación **808**). Esta operación puede realizarse durante la fabricación o después de la fabricación, tal como durante el mantenimiento del producto.

45 Volviendo a la operación **806**, si los puntos cuánticos no son para aplicarse a la superficie en un sustrato, los puntos cuánticos se integran en un recubrimiento para formar un recubrimiento de puntos cuánticos (operación **810**). El recubrimiento de puntos cuánticos se aplica a la superficie del producto (operación **812**) terminando el proceso a continuación.

50 La **figura 9** es un diagrama de flujo de un proceso para el procesamiento de señales de puntos cuánticos para identificar la corrosión de acuerdo con una realización ventajosa. El proceso en la **figura 9** puede implementarse en cualquier tipo de dispositivo informático, tal como por el detector de puntos-Q **502** de la **figura 5** o el sistema de procesamiento de datos **600** de la **figura 6**. El proceso de la **figura 9** puede ser una parte de un sistema de gestión de salud estructural en red, donde los detectores se interrogan periódica y/o automáticamente por un sistema informático.

El proceso se inicia mediante la recepción de los datos relativos a las señales emitidas por los puntos cuánticos asociados con una superficie de un producto (operación **902**). En este ejemplo, el término "señales" se refiere a la energía o longitudes de onda de luz visible, luz ultravioleta, y/o luz infrarroja emitida por uno o más puntos cuánticos.

5 El detector de puntos-Q procesa los datos para determinar la localización, la fuerza, la intensidad, las longitudes de onda, y/o cualquier otro dato adicional con respecto a las señales (operación **904**).

10 El detector de puntos-Q realiza una determinación en cuanto a si el patrón de código ha llegado a desligarse de la superficie debido a la corrosión (operación **906**). En otras palabras, los puntos cuánticos asociados con la superficie del producto deberían emitir un patrón de puntos-Q específico en ausencia de corrosión. Un cambio en el patrón esperado puede indicar corrosión de la superficie que ha hecho que los puntos cuánticos lleguen a desligarse durante un proceso de oxidación u otro proceso de corrosión.

Si el patrón de puntos-Q indica corrosión, el detector de puntos-Q emite la zona o localización de la corrosión, la cantidad o la gravedad de la corrosión, el tipo de corrosión, y/o cualquier otro dato o conclusiones con respecto a la corrosión (operación **908**) terminando el proceso a continuación.

15 Volviendo a la operación **906**, si el patrón de puntos-Q no indica corrosión, el detector de puntos-Q indica que no hay corrosión (operación **910**) terminando el proceso a continuación. Una indicación de no corrosión puede realizarse de una diversidad de maneras, que incluyen, pero no se limitan a, una señal, un icono, un mensaje de texto, un mensaje verbal, o por cualquier otro medio de indicar una falta de corrosión.

En este ejemplo, los datos se procesan en la etapa **904** por el detector de puntos-Q.

20 Además, en este ejemplo, un único detector de puntos-Q se usa para excitar a los puntos cuánticos asociados con un producto. Sin embargo, en otro ejemplo, puede usarse un conjunto de dos o más detectores de puntos-Q para excitar los puntos cuánticos asociados con el producto.

25 Por lo tanto, las realizaciones ventajosas proporcionan un método, aparato, y código de programa utilizable por ordenador para la detección no destructiva de corrosión usando puntos cuánticos. En una realización, se prueba una superficie de una zona en un producto asociado con un conjunto de puntos cuánticos. Un patrón de longitudes de onda emitidas por el conjunto de puntos cuánticos asociados con la superficie del producto se detecta para formar un patrón de puntos cuánticos. El patrón de puntos cuánticos se analiza para determinar si se ha producido corrosión en la zona en la superficie del producto.

30 Por lo tanto, las realizaciones ilustrativas proporcionan un sistema basado en puntos cuánticos para la detección temprana no destructiva de corrosión. Los "códigos de barras" de puntos cuánticos se colocan ya sea dentro de una estructura o sobre un sustrato de estructura para actuar como un marcador para la corrosión que puede identificarse y cuantificarse fácil y rápidamente por los dispositivos de medición, tal como un detector de puntos cuánticos. Los puntos cuánticos pueden mezclarse directamente en la estructura durante la fabricación, aplicarse a la superficie de la estructura, y/o integrarse en un recubrimiento que cubre la estructura.

35 La utilización de puntos cuánticos para mejorar las inspecciones visuales para detectar la corrosión de acuerdo con las realizaciones ilustrativas reduce los costes del ciclo de inspección y mantenimiento de una aeronave sujeta a corrosión. Por ejemplo, la corrosión puede detectarse de una manera no destructiva sin separar o quitar la pintura de las superficies. Las realizaciones ilustrativas también proporcionan una sensibilidad mejorada a la corrosión y detectan la corrosión que de otro modo no podría detectarse usando los métodos convencionales, permiten la detección remota de la corrosión, y mejoran la velocidad y la eficiencia de detección de la corrosión.

40 La utilización de puntos cuánticos en las realizaciones ilustrativas también permite una inspección de corrosión más rápida con resultados más precisos, unos intervalos de mantenimiento más prolongados entre las inspecciones de corrosión, y menos desmontaje durante las inspecciones. Estos beneficios y ventajas de las realizaciones ilustrativas pueden reducir significativamente el coste de mantenimiento de las aeronaves y de otros productos.

45 Los puntos cuánticos y la nanotecnología también pueden integrarse en el nivel atómico en muchos productos en la industria aeroespacial, y otros procesos de fabricación, inspección, mantenimiento y reparación de acuerdo con las realizaciones ilustrativas para mejorar los costes del ciclo de inspección y mantenimiento. Por ejemplo, las realizaciones pueden usarse para detectar la corrosión en automóviles, barcos, en tuberías, y en cualquier otra zona en la que la detección de corrosión pueda ser beneficiosa.

50 Los diagramas de flujo y de bloques en las figuras ilustran la arquitectura, funcionalidad y operación de posibles implementaciones de sistemas, métodos y productos de programa informáticos de acuerdo con varias realizaciones. En este sentido, cada bloque en los diagramas de flujo o de bloques puede representar un módulo, segmento o parte de código, que comprende una o más instrucciones ejecutables para implementar la función(s) lógica

especificada. También debería tenerse en cuenta que, en algunas implementaciones alternativas, las funciones observadas en el bloque pueden producirse fuera del orden observado en las figuras. Por ejemplo, dos bloques mostrados en sucesión pueden, de hecho, ejecutarse sustancialmente de manera simultánea, o los bloques pueden a veces ejecutarse en orden inverso, en función de la funcionalidad en cuestión.

- 5 La descripción de las realizaciones se ha presentado con fines de ilustración y descripción, y no pretende ser exhaustiva o limitada a la invención en la forma desvelada. Muchas modificaciones y variaciones serán evidentes para los expertos en la materia. Además, diferentes realizaciones ventajosas pueden proporcionar diferentes ventajas en comparación con otras realizaciones ventajosas. La realización o realizaciones seleccionadas se han elegido y descrito con el fin de explicar mejor los principios de la invención, la aplicación práctica, y para permitir a
- 10 otros expertos en la materia comprender la invención para diversas realizaciones con diversas modificaciones que sean adecuadas al uso específico contemplado.

REIVINDICACIONES

1. Un método para la detección no destructiva de corrosión usando puntos cuánticos, comprendiendo el método implementado por ordenador:

5 proporcionar unos puntos cuánticos asociados con un producto, comprendiendo dichos puntos cuánticos unos puntos cuánticos de tamaño múltiple mezclados entre sí y a continuación enlazados, y disponiéndose de este modo para producir un patrón de código identificable específico cuando los puntos cuánticos se excitan en ausencia de corrosión;

probar una superficie en dicho producto asociada con un conjunto de dichos puntos cuánticos para formar una zona de prueba excitando el conjunto de puntos cuánticos en la zona de prueba usando energía, en el que la excitación del conjunto de puntos cuánticos hace que los puntos cuánticos emitan el patrón de las longitudes de onda;
10 detectar un patrón de longitudes de onda emitidas por el conjunto de puntos cuánticos asociados con la zona de prueba del producto para formar un patrón de puntos cuánticos; y

analizar el patrón de puntos cuánticos para determinar si el patrón de puntos cuánticos difiere del patrón de código identificable específico para determinar si se ha producido corrosión en la zona de prueba.
15
2. El método de la reivindicación 1, que comprende además:

incorporar el conjunto de puntos cuánticos dentro de un material usado para sintetizar la zona de prueba del producto durante la fabricación del producto.

3. El método de la reivindicación 1, que comprende además:

20 incorporar el conjunto de puntos cuánticos dentro de un recubrimiento usado para cubrir la superficie de la zona de prueba del producto.

4. El método de la reivindicación 1, que comprende además:

aplicar el conjunto de puntos cuánticos directamente a la zona de prueba del producto.

5. El método de la reivindicación 1, en el que la detección del patrón de longitudes de onda emitidas por el conjunto de puntos cuánticos asociados con la superficie del producto para formar el patrón de puntos cuánticos comprende además:
25 determinar la localización y la fuerza de una longitud de onda emitida por cada punto cuántico en el conjunto de puntos cuánticos para formar el patrón de puntos cuánticos.

6. Un sistema para la detección no destructiva de corrosión usando puntos cuánticos, comprendiendo el sistema:

30 un producto que comprende puntos cuánticos, comprendiendo dichos puntos cuánticos unos puntos cuánticos de tamaño múltiple mezclados entre sí y a continuación enlazados, y dispuestos de este modo para producir un patrón de código identificable específico cuando los puntos cuánticos se excitan en ausencia de corrosión;

un conjunto de dichos puntos cuánticos asociados con una zona del producto para formar una zona de prueba; y

un detector de puntos cuánticos, en el que el detector de puntos cuánticos detecta un patrón de longitudes de onda emitidas por el conjunto de puntos cuánticos asociados con la zona de prueba del producto para formar un patrón de puntos cuánticos y analiza el patrón de puntos cuánticos para determinar de este modo si el patrón de puntos cuánticos difiere del patrón de código identificable específico y determinar de este modo si se ha producido corrosión en la zona de prueba del producto.
35
7. El sistema de la reivindicación 6, en el que el conjunto de puntos cuánticos se incorpora en un material usado para sintetizar la zona de prueba del producto durante la fabricación del producto.

40
8. El sistema de la reivindicación 6, que comprende además:

un recubrimiento sobre la superficie de la zona de prueba del producto, en el que el conjunto de puntos cuánticos se incorporan dentro del recubrimiento.

9. El sistema de la reivindicación 6, que comprende además:

un procesador, en el que el procesador identifica una intensidad de las longitudes de onda en el patrón de longitudes de onda emitidas por el conjunto de puntos cuánticos; e identifica una cantidad del producto basándose en el patrón de puntos cuánticos y en la intensidad de las longitudes de onda.

5 10. El sistema de la reivindicación 6, que comprende además:

un conjunto de detectores de puntos cuánticos asociados con el producto, en el que el conjunto de detectores de puntos cuánticos detectan el patrón de longitudes de onda emitidas por el conjunto de puntos cuánticos dentro de un intervalo del conjunto de detectores de puntos cuánticos para formar un conjunto de patrones de puntos cuánticos y analizar el conjunto de patrones de puntos cuánticos para determinar si se ha producido corrosión dentro del

10 intervalo del conjunto de detectores de puntos cuánticos.

		INTEGRADOR DE SISTEMAS	TERCERO	OPERADOR
104	ESPECIFICACIÓN Y DISEÑO	X	X	X
106	ADQUISICIÓN DE MATERIAL	X	X	
108	FABRICACIÓN DE COMPONENTES Y SUBCONJUNTOS	X	X	
110	INTEGRACIÓN DE SISTEMAS	X		
112	CERTIFICACIÓN Y ENTREGA	X		
114	EN SERVICIO			X
116	MANTENIMIENTO Y SERVICIOS	X	X	X

FIG. 1

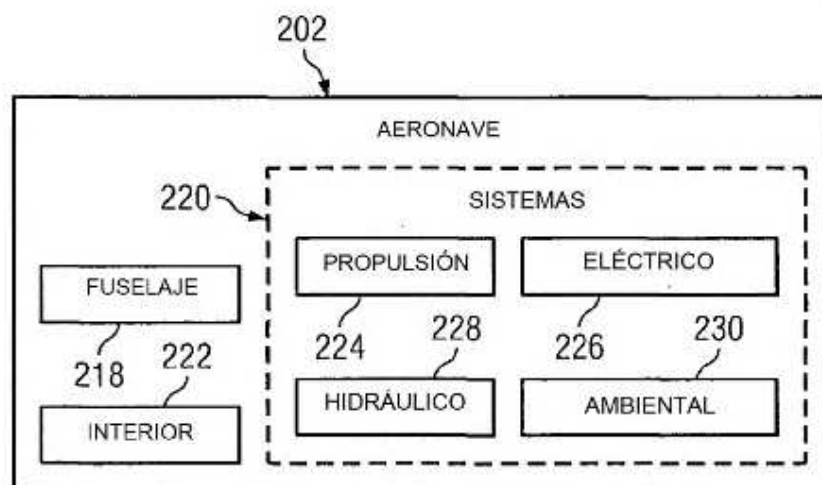


FIG. 2

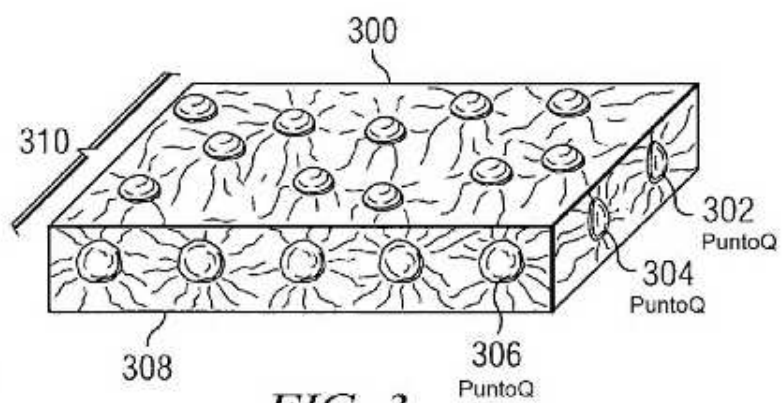


FIG. 3

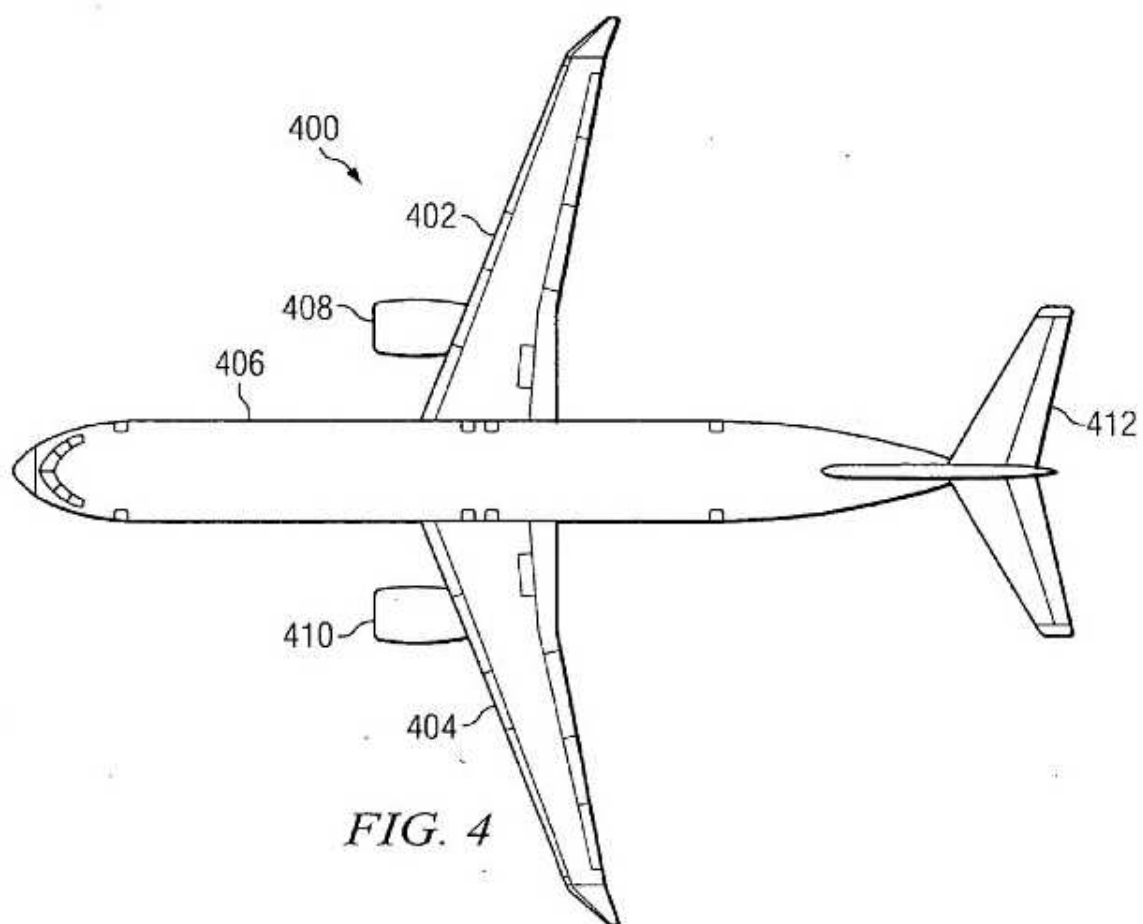


FIG. 4

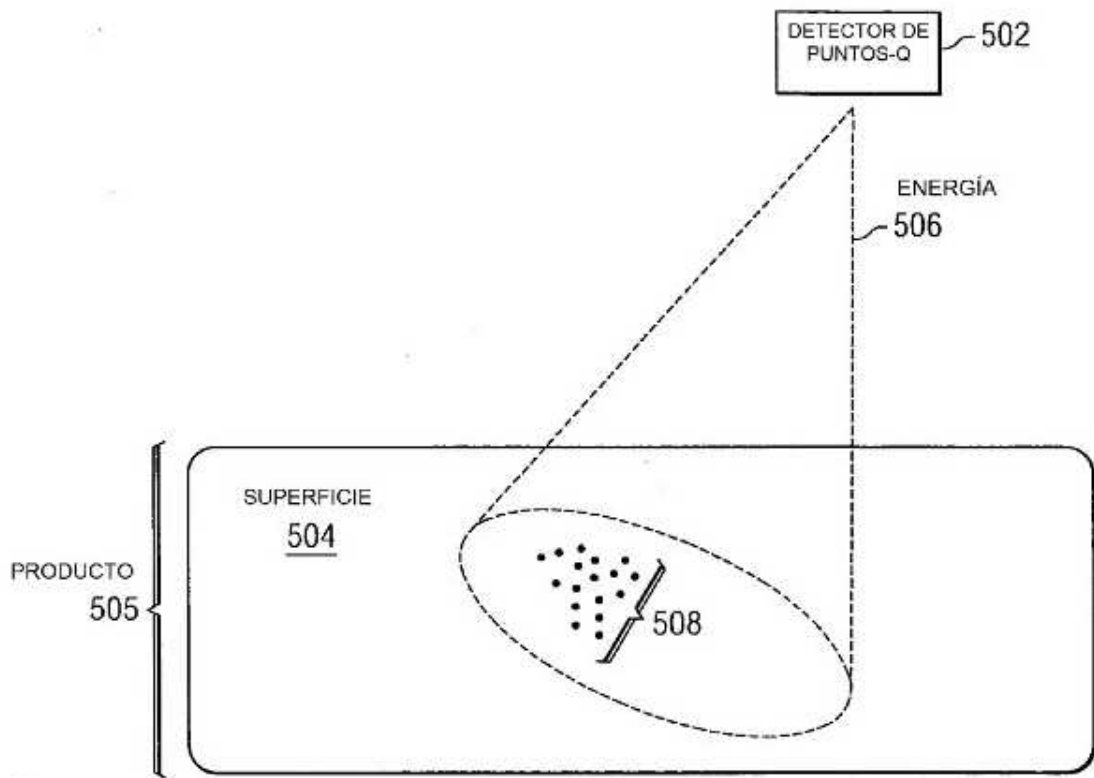


FIG. 5

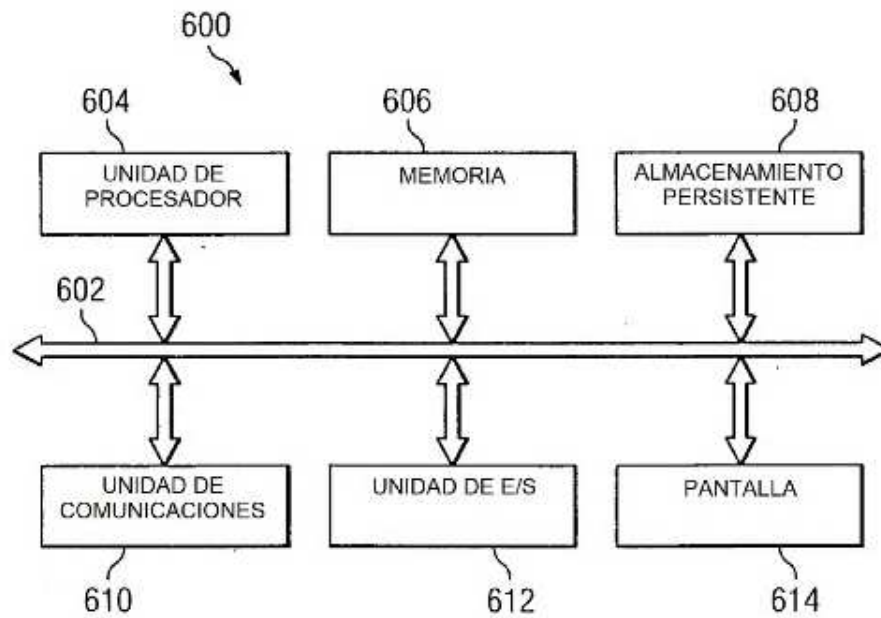


FIG. 6

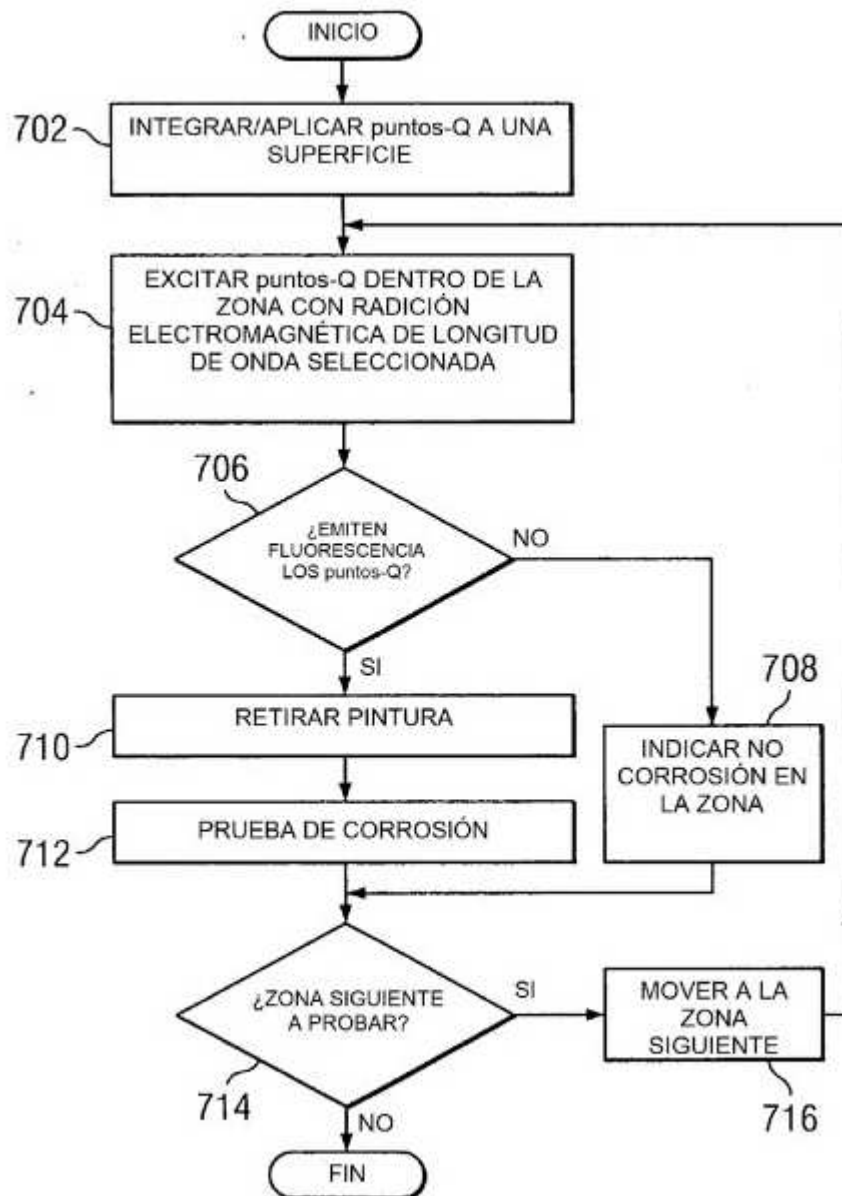


FIG. 7

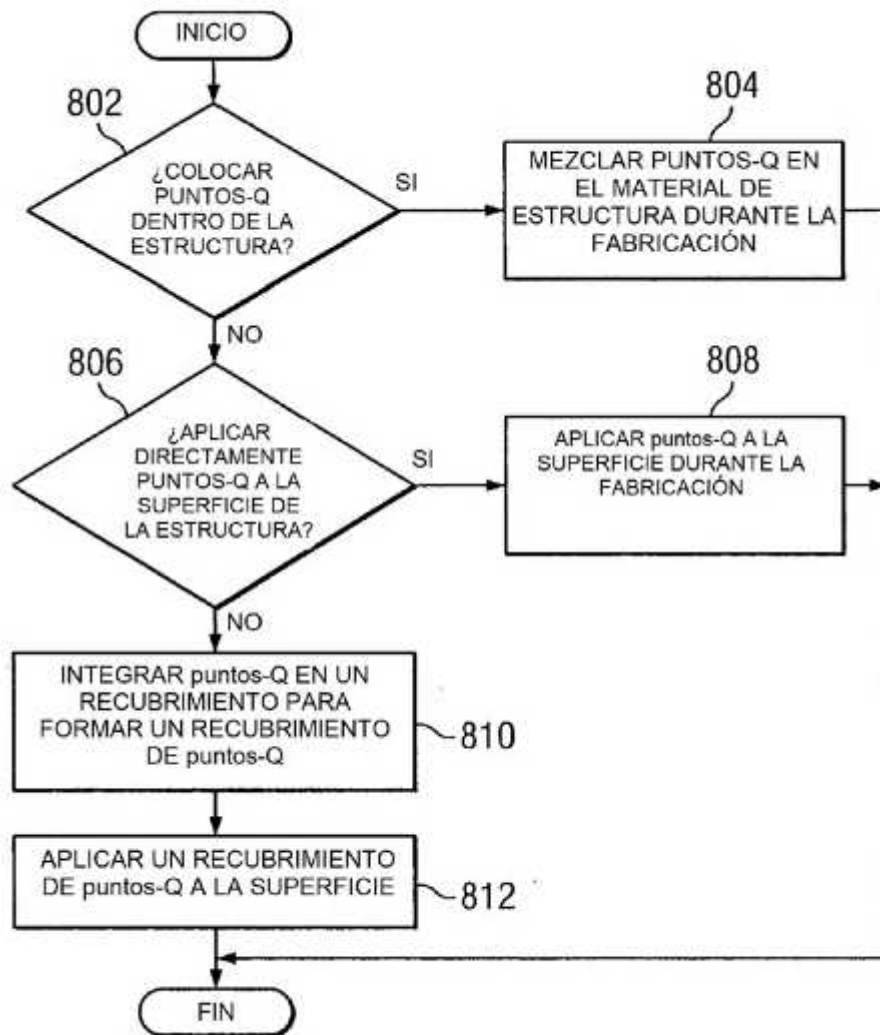


FIG. 8

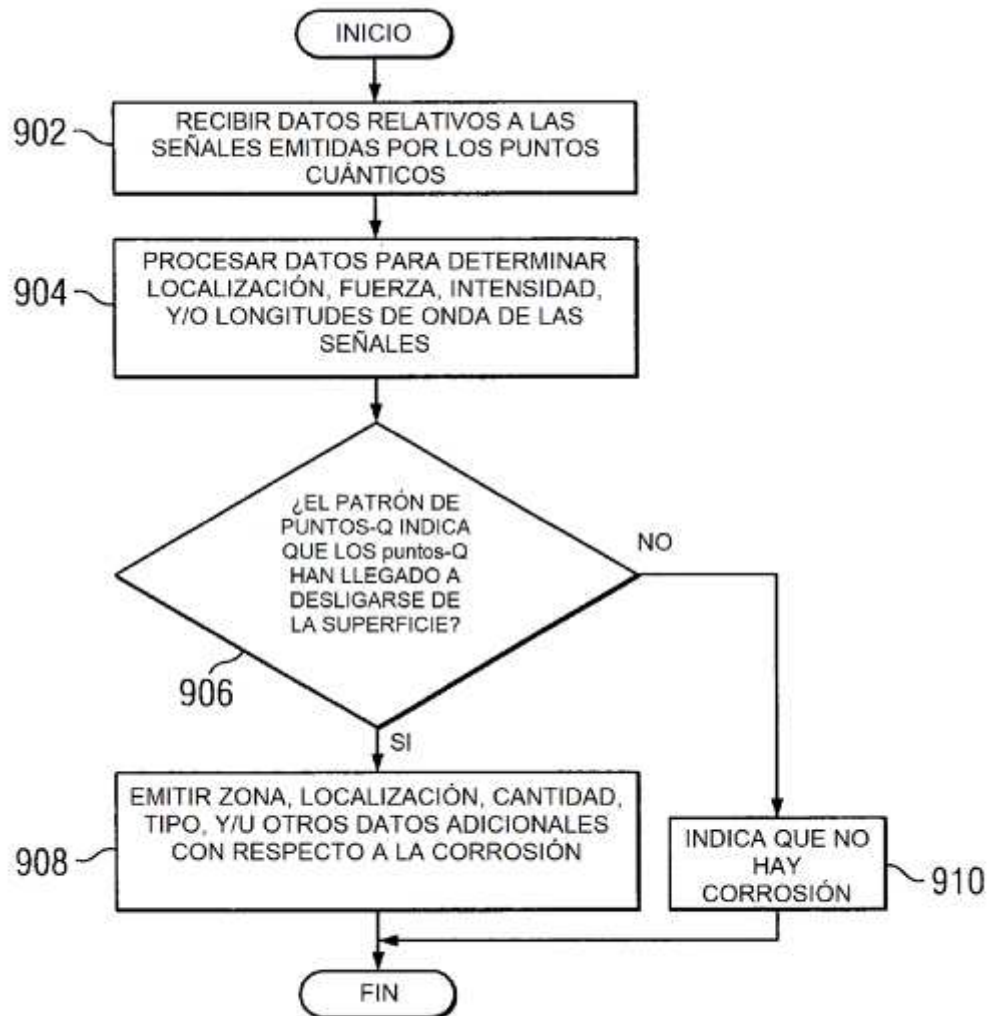


FIG. 9