

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 719 173**

51 Int. Cl.:

G01M 5/00 (2006.01)

G08B 5/00 (2006.01)

G08B 21/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.11.2016 E 16197572 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.01.2019 EP 3165890**

54 Título: **Sistema y método para monitorizar la salud estructural de componentes pegados**

30 Prioridad:

09.11.2015 US 201514935887

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

08.07.2019

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (50.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-2016, US y
KEEYOUNG, CHOI (50.0%)**

72 Inventor/es:

**KEEYOUNG, CHOI y
IHN, JEONG-BEOM**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 719 173 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

Sistema y método para monitorizar la salud estructural de componentes pegados

Campo de la invención

5 La presente divulgación se refiere en general a la monitorización de la salud estructural de una unión pegada, y se relaciona más particularmente con un sistema y un método para la monitorización in situ de uniones pegadas utilizando energía recuperada, detección de cortocircuito e identificación visual dedicada.

Antecedentes

10 Unir componentes entre sí es una etapa de muchos procesos de fabricación y reparación de ensamblajes y estructuras mayores. Además, existen muchos dispositivos y métodos para unir componentes entre sí. El término "unión" se refiere al punto, línea o espacio entre al menos dos componentes acoplados entre sí, y a las partes localizadas de los dos componentes adyacentes al punto, línea o espacio. Se puede formar una unión entre componentes utilizando cualquiera de diversas técnicas de sujeción, técnicas de enclavamiento, técnicas de soldadura y/o técnicas de pegado. Una unión formada utilizando técnicas de pegado se denomina unión pegada.

15 Convencionalmente, la resistencia o la salud estructural de una unión se determina mediante pruebas u observación visual de la unión. Generalmente, se realizan pruebas de resistencia ex situ que suelen involucrar la aplicación de fuerzas de cizallamiento, compresión y/o tracción en la unión. Por ejemplo, los métodos de prueba convencionales de uniones pegadas pueden requerir la extracción de la unión de su posición operativa en una estructura, lo que requiere un gasto y tiempo considerables. Las técnicas habituales de observación visual de daños en las uniones pueden ser difíciles. Tales técnicas de observación visual a menudo requieren una inspección minuciosa, que
20 generalmente se realiza mediante observación manual.

Independientemente de que los componentes se unan entre sí en una etapa de la fabricación original de una estructura o se unan entre sí para reparar una parte dañada de una estructura, a lo largo del tiempo y en ciertas condiciones operativas la unión entre los componentes pegados puede romperse. Por ejemplo, el material de pegado que forma la unión pegada entre componentes pegados puede despegarse de uno o más de los
25 componentes pegados. Tal condición se conoce como delaminación o despegado y da como resultado que el material de pegado se desprenda de uno o más de los componentes pegados. La delaminación se produce a lo largo de la interfaz entre los componentes pegados o a lo largo de un borde entre los componentes pegados, y da como resultado que el material de pegado se separe de uno o más de los componentes pegados, o que uno de los componentes pegados se separe de al menos uno de los otros componentes pegados. La delaminación de una
30 unión pegada puede tener consecuencias negativas sobre el comportamiento y la integridad de la unión pegada, los componentes pegados y la estructura general de la que formen parte los componentes pegados.

El documento WO2012/048237A2 describe un sensor que detecta daños en una superficie o estructura. El sensor está construido con un material que crea una traza continua en bucle abierto que se rompe cuando se daña la superficie. El estado del sensor se verifica mediante un circuito electrónico y el estado se puede presentar a través
35 de una pantalla que está directamente conectada al sensor o situada remotamente. Un ejemplo de aplicación de esta tecnología es monitorizar la integridad estructural de un casco protector para informar sobre daños que sean difíciles de ver directamente o que puedan producirse como consecuencia de cualquiera de numerosos impactos.

El documento US2007/289356A1 describe un sensor de fluido que se puede usar para detectar medios fluidos, en particular hidrógeno. El sensor de fluido incluye un chip sensor con una superficie de chip, que tiene una superficie
40 de medición y una superficie de cuerpo. La superficie de medición está provista de unos conductores impresos de un circuito sensor central que tiene al menos un elemento de calentamiento y al menos un sensor de temperatura. Además, el sensor de fluido tiene un elemento adicional de detección de fracturas y un circuito de detección de fracturas situado en el chip del sensor. El circuito de detección de fracturas está diseñado para detectar fracturas y/o grietas en y/o sobre el chip del sensor, en particular en el área del límite entre la superficie de medición y la
45 superficie de cuerpo. El circuito de detección de fracturas comprende una traza continua con múltiples pasadas de ida y vuelta a través del límite.

Sumario

50 El objeto de la presente divulgación se ha desarrollado en respuesta al estado actual de la técnica y, en particular, en respuesta a las limitaciones de los sistemas convencionales de pruebas de uniones. Específicamente, los métodos y sistemas convencionales de pruebas de uniones no permiten que las uniones se prueben y monitoreen in situ o mientras una estructura está en uso. Por consiguiente, el objeto de la presente divulgación se ha desarrollado para proporcionar un sistema y un método para monitorizar in situ la salud estructural de componentes pegados que superen al menos algunas de las deficiencias de la técnica anterior discutidas anteriormente.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un sistema para controlar la salud estructural de componentes pegados según se establece en la reivindicación independiente 1 adjunta, y se proporciona un método para controlar la salud estructural de componentes pegados según se establece en la reivindicación independiente 11 adjunta.

5 En algunas implementaciones del sistema, el dispositivo de recuperación de energía, el módulo de detección de daños y el dispositivo de indicación visual están adheridos al menos a uno de los componentes pegados. El dispositivo de recuperación de energía, el módulo de detección de daños y el dispositivo de indicación visual se pueden integrar al menos en uno de los componentes pegados. El dispositivo de recuperación de energía, el módulo de detección de daños y el dispositivo de indicación visual pueden ser acoplados permanentemente al menos a uno de los componentes pegados.

10 De acuerdo con ciertas implementaciones del sistema, la energía no eléctrica incluye energía cinética. El dispositivo de recuperación de energía puede incluir un generador piezoeléctrico.

En ciertas implementaciones del sistema, el dispositivo de indicación visual genera una indicación visual permanente de daños en los componentes pegados. El dispositivo de indicación visual puede incluir un marcador termocrómico.

15 De acuerdo con algunas implementaciones del sistema, el módulo de detección de daños incluye un componente conmutador configurado para transmitir energía eléctrica desde el dispositivo de recuperación de energía únicamente a la tinta eléctricamente conductiva cuando no se detecta una rotura en la tinta eléctricamente conductiva y para transmitir energía eléctrica desde el dispositivo de recuperación de energía únicamente al dispositivo de indicación visual cuando se detecta una rotura en la tinta eléctricamente conductiva. El componente conmutador puede incluir un componente conmutador pasivo. Alternativa o adicionalmente, el componente conmutador puede incluir un transistor.

20 En algunas implementaciones del sistema, la tinta eléctricamente conductiva zigzaguea a través de la interfaz sobre una periferia de la interfaz. La tinta eléctricamente conductiva puede seguir un patrón que comprende múltiples pasadas a través de la interfaz sobre una periferia de la interfaz.

25 De acuerdo con ciertas implementaciones del sistema, una indicación visual de daños en los componentes pegados provista por el dispositivo de indicación visual es visible únicamente en condiciones de iluminación no ambiental.

En ciertas implementaciones del sistema, la interfaz incluye un material de pegado.

30 De acuerdo con otra realización, una estructura incluye un sustrato que comprende una porción dañada y un parche aplicado sobre la porción dañada del sustrato. Entre el sustrato y el parche se define una interfaz. La estructura también incluye un dispositivo de recuperación de energía fijado al sustrato y configurado para convertir energía no eléctrica en energía eléctrica. Además, la estructura incluye un módulo de detección de daños fijado al sustrato y alimentado por energía eléctrica desde el dispositivo de recuperación de energía. La estructura incluye adicionalmente una tinta eléctricamente conductiva aplicada al sustrato, al parche y a través de la interfaz. La tinta eléctricamente conductiva forma un circuito eléctrico con el módulo de detección de daños. Además, la estructura incluye un dispositivo de indicación visual acoplado eléctricamente con el módulo de detección de daños y separado de la tinta eléctricamente conductiva. El dispositivo de indicación visual está configurado para indicar visualmente un daño a la interfaz en respuesta a la recepción de energía eléctrica. El módulo de detección de daños está configurado para detectar una rotura en la tinta eléctricamente conductiva y para transmitir energía eléctrica desde el dispositivo de recuperación de energía hasta el dispositivo de indicación visual en respuesta a la detección de la rotura en la tinta eléctricamente conductiva.

40 En algunas implementaciones de la estructura, el dispositivo de indicación visual está fijado al sustrato. La estructura incluye o puede ser una aeronave. El sustrato puede formar una porción de la aeronave.

45 En algunas implementaciones del método, la aplicación de la tinta eléctricamente conductiva sobre los componentes pegados y a través de la interfaz entre los componentes pegados para formar el circuito eléctrico incluye la aplicación de múltiples pasadas de tinta eléctricamente conductiva a través de la interfaz sobre una periferia de la interfaz. La aplicación de múltiples pasadas de tinta eléctricamente conductiva puede incluir la aplicación de múltiples pasadas que tengan al menos una de entre una forma cuadrada, triangular o sinusoidal. Además, la conversión de energía no eléctrica en energía eléctrica puede incluir la conversión de energía cinética en energía eléctrica usando al menos un generador piezoeléctrico.

50 Las formas, estructuras, ventajas y/o características descritas para el objeto de la presente divulgación pueden combinarse de cualquier manera adecuada en una o más realizaciones y/o implementaciones. En la siguiente descripción se proporcionan numerosos detalles específicos para facilitar una comprensión completa de las realizaciones del objeto de la presente divulgación. Un experto en la técnica relevante reconocerá que el objeto de la presente divulgación puede ponerse en práctica sin uno o más de los rasgos, detalles, componentes, materiales y/o

métodos específicos de una realización o implementación particular. En otros casos, se pueden reconocer en ciertas realizaciones y/o implementaciones características y ventajas adicionales que pueden no estar presentes en todas las realizaciones o implementaciones. Además, en algunos casos, las estructuras, materiales u operaciones bien conocidas no se muestran ni describen en detalle para evitar oscurecer aspectos del objeto de la presente divulgación. Las características y ventajas del objeto de la presente divulgación se harán más evidentes a partir de la siguiente descripción y las reivindicaciones adjuntas, o pueden aprenderse mediante la práctica del objeto que se expone a continuación.

Breve descripción de los dibujos

Con el fin de que las ventajas del objeto puedan entenderse más fácilmente, se presentará una descripción más particular del objeto brevemente descrito anteriormente por referencia a realizaciones específicas que se ilustran en los dibujos adjuntos. En el entendimiento de que estos dibujos representan solo realizaciones típicas del objeto y, por lo tanto, no deben considerarse limitativos de su alcance, se describirá y explicará el objeto con mayor especificidad y detalle mediante el uso de los dibujos, en los cuales:

La Figura 1 representa una vista superior en planta de una estructura con un sistema para monitorizar la salud estructural de componentes pegados, mostrado en un primer estado, de acuerdo con una realización;

La Figura 2 representa un diagrama de bloques esquemático de un módulo de detección de daños del sistema de la Figura 1, de acuerdo con una realización;

La Figura 3 representa una vista lateral en sección transversal de un sistema para monitorizar la salud estructural de componentes pegados, mostrado en un primer estado, de acuerdo con una realización;

La Figura 4 representa una vista superior en planta de un sistema para monitorizar la salud estructural de componentes pegados, mostrado en un segundo estado, de acuerdo con una realización;

La Figura 5 representa una vista lateral en sección transversal de un sistema para monitorizar la salud estructural de componentes pegados, mostrado en un segundo estado, de acuerdo con una realización; y

La Figura 6 es un diagrama esquemático de flujo de una realización de un método para monitorizar la salud estructural de componentes pegados.

Descripción detallada

Tal como se describió anteriormente, existen diferentes métodos para acoplar dos o más elementos entre sí. La presente divulgación se refiere a pegar componentes permanentemente entre sí con una composición adhesiva ("unión pegada") y adicionalmente se refiere a monitorizar la salud estructural de componentes pegados, tal como las uniones pegadas o interfaces entre al menos dos componentes. Existen muchas estructuras mecánicas que pueden usar uniones pegadas para unir componentes permanentemente durante la fabricación original o la reparación de dichas estructuras. Por ejemplo, en la industria aeroespacial, las uniones pegadas pueden implementarse en todo el bastidor, la subestructura y el revestimiento exterior de una aeronave para mantener juntos diversos elementos. En aplicaciones aeroespaciales, las uniones pegadas deben soportar a menudo temperaturas, presiones, rangos de humedad, condiciones climáticas adversas. y/u otras situaciones ambientales. Además, las uniones pegadas deben soportar la cargas sustanciales y repetidas debidas a un uso frecuente, tal como el vuelo diario en el caso de una aeronave comercial.

La Figura 1 representa una realización de una aeronave 100 que tiene un sistema 110 para monitorizar la salud estructural de componentes pegados de la aeronave 100. La aeronave 100 incluye un componente 112 que define la estructura de la aeronave. El componente 112 puede ser uno cualquiera de una pluralidad de componentes, tales como paneles interiores/exteriores, revestimientos, sustratos, bastidores y/o subestructuras de un cuerpo (por ejemplo, un fuselaje), alas, estabilizador vertical, estabilizadores horizontales, carcasas de motores y/o similares, de la aeronave 100. En la realización ilustrada, el componente 112 al que se hace referencia es un panel exterior del cuerpo de la aeronave 100. Sin embargo, en otras realizaciones, el componente 112 puede ser cualquier otro componente estructural de la aeronave 100. Aunque la estructura mostrada en la Figura 1 es una aeronave 100, los principios de la presente divulgación se pueden aplicar a cualquier estructura, tal como naves espaciales, automóviles, embarcaciones, edificios, puentes y similares, sin apartarse de la esencia de la presente divulgación. Tal como se describirá con más detalle a continuación, el sistema 110 está acoplado a la estructura mientras la estructura está completamente operativa. En otras palabras, el sistema 110 permanece in situ en la estructura, ya que el sistema controla la salud estructural de los componentes pegados de la estructura mientras la estructura está en funcionamiento.

El componente 112 puede pegarse permanentemente a otro componente de la aeronave 100 a través de una unión

pegada para formar componentes pegados. La unión pegada está formada por un adhesivo, epoxi, soldadura u otro material de pegado interpuesto entre al menos dos componentes para fijar permanentemente los componentes entre sí. Entre los dos componentes pegados queda definida una interfaz. La interfaz entre dos componentes pegados puede considerarse como el contacto directo o el contacto indirecto (por ejemplo, a través de un espacio o material de pegado) entre los componentes pegados. Por ejemplo, en algunas realizaciones, las primeras porciones de los componentes pegados pueden unirse entre sí con un material de pegado, mientras que las segundas porciones de los componentes pegados están directamente en contacto entre sí, sin un material de pegado entre ellas. En tal ejemplo, hay dos tipos de interfaz entre los dos componentes pegados, que son el material de pegado entre las primeras porciones de los componentes pegados y el contacto directo entre las segundas porciones de los componentes pegados. En otras palabras, no es preciso que haya un material de pegado interpuesto entre porciones adyacentes de componentes pegados para que se defina una interfaz entre las porciones adyacentes de los componentes pegados.

En la realización ilustrada, particularmente con referencia a las Figuras 1 y 3, el componente 112 se fija permanentemente a un componente 114 a través de una unión pegada formada por un material 117 de pegado interpuesto entre los componentes 112, 114. Entre el componente 112 y el componente 114 se define una interfaz 116. Tal como se ilustra, la interfaz 116 entre los dos componentes pegados 112, 114 está definida por el material 117 de pegado interpuesto entre los dos componentes pegados. Sin embargo, tal como se describió anteriormente, en otras realizaciones la interfaz entre los dos componentes pegados 112, 114 puede no estar definida por el material 117 de pegado, sino que puede estar definida por un espacio o un contacto directo entre los componentes pegados. El tipo de unión pegada representada en las Figuras 1 y 3 es una unión a tope que acopla entre sí los componentes pegados 112, 114 por las puntas o extremos de los componentes. Sin embargo, en otros ejemplos se pueden utilizar diferentes tipos de uniones pegadas para fijar de forma permanente los componentes pegados.

El componente 114 puede ser cualquiera de diversos componentes tal como se ha descrito anteriormente. Sin embargo, en una realización, el componente 114 es un parche que repara efectivamente una porción dañada 113, o por lo demás una porción inadecuada, del componente 112. Por consiguiente, el componente 114 está configurado para reemplazar una porción más pequeña del componente 112. En general, en una realización, la parte dañada 113 se forma retirando del componente 112 una sección dañada (no mostrada) del componente 112. En otras palabras, la parte dañada 113 es el vacío que queda en el componente 112 después de haber sido retirada la sección dañada. El componente 114, o parche, se coloca luego dentro del vacío de la parte dañada 113 para reemplazar de manera efectiva la sección dañada que se retiró del componente 112. Para fijar permanentemente el componente 114 dentro de la parte dañada 113 del componente 112, se pega el componente 114 al componente 112 aplicando el material 117 de pegado entre los componentes 112, 114. Aunque no es necesario, en ciertas implementaciones se sitúa el componente 114 dentro de la porción dañada 113 y se pega al componente 112 de tal modo que el componente 114 quede enrasado con el componente 112. Adicionalmente, pueden aplicarse al componente 114 uno o mas revestimientos y/o acabados superficiales para igualar con el revestimiento y/o acabados superficiales aplicados al componente 112. Por ejemplo, pueden aplicarse una o mas capas de pintura a la superficie del componente 114.

Los componentes 112, 114 pueden fabricarse con cualquiera de diversos materiales conocidos en la técnica, tales como metales, materiales compuestos, cerámicas, plásticos y similares. Similarmente, el material 117 de pegado puede ser cualquiera de los diversos materiales de pegado conocidos en la técnica, tales como adhesivos de epoxi, adhesivos de poliamida, adhesivos de bismaleimida, adhesivos termoplásticos, adhesivos termoestables y similares. En general, el material 117 de pegado se selecciona de acuerdo con su capacidad para pegarse al material de los componentes 112, 114. Además, el material 117 de pegado puede seleccionarse por su capacidad para soportar diversas condiciones ambientales. Según un ejemplo, los componentes 112, 114 se fabrican con un material compuesto reforzado con fibra y el material 117 de pegado es un adhesivo de epoxi o de uretano. En otro ejemplo, los componentes 112, 114 se fabrican con materiales metálicos y el material 117 de pegado es un adhesivo de metacrilato. En otras palabras, los componentes 112, 114 pueden ser fabricados con materiales metálicos, compuestos o cerámicos.

Independientemente de que los componentes se unan entre sí como una etapa de la fabricación original de una estructura o se unan entre sí para reparar una parte dañada de una estructura, con el tiempo, en ciertas condiciones operativas, la unión entre los componentes pegados puede romperse. Por ejemplo, el material de pegado que forma la unión pegada entre los componentes pegados puede desprenderse de uno o más de los componentes pegados. Tal condición se conoce como delaminación y da como resultado que el material de pegado se desprenda de uno o más de los componentes pegados. La delaminación se produce a lo largo de la interfaz entre los componentes pegados o a lo largo de un borde entre los componentes pegados, y da como resultado o bien que el material de pegado se separe de uno o más de los componentes pegados, o que uno de los componentes pegados se separe de al menos uno de los otros componentes pegados. Por ejemplo, con referencia a las Figuras 3 y 4, el material 117 de pegado se ha delaminado o separado del componente 114, creando así una zona de separación o un hueco 142 entre el material de pegado y el componente 114. La delaminación o despegado de una unión pegada, tal como se muestra en las Figuras 4 y 5, puede tener consecuencias negativas en el comportamiento y la integridad de los

componentes pegados y, por lo tanto, en la estructura general de la que forman parte.

Tal como se mencionó anteriormente, la detección de una unión delaminada o despegada puede ser difícil. Por lo general, la detección de una unión delaminada o despegada requiere una inspección minuciosa, que generalmente se realiza mediante observación manual.

5 Volviendo a las Figuras 1 y 3, el sistema 110 para monitorizar la salud estructural de los componentes pegados 112, 114 de la aeronave 100 está configurado para detectar automáticamente la delaminación o despegado de una unión pegada entre los componentes pegados, y proporciona una indicación visual fácilmente identificable que responde a la detección de una unión delaminada o despegada. En algunas implementaciones, la indicación visual es una indicación permanente, mientras que en otras implementaciones la indicación visual es una indicación
10 no permanente.

De acuerdo con la realización ilustrada, el sistema 110 incluye una fuente 125 de alimentación, que puede ser una fuente de alimentación eléctrica. En una realización, la fuente 125 de alimentación es alimentada por la aeronave. En una realización ejemplar, la fuente 125 de alimentación es un dispositivo 122 de recuperación de energía. El sistema 110 también incluye un módulo 120 de detección de daños, un dispositivo 124 de indicación visual y una
15 tinta 126 eléctricamente conductiva. La tinta 126 eléctricamente conductiva es aplicada sobre los componentes pegados 112, 114 y a través de la interfaz 116 entre los componentes pegados para formar un hilo impreso. La aplicación de la tinta 126 eléctricamente conductiva se puede realizar con cualquiera de diversos métodos, tales como impresión, pulverización, aplicación a brocha, estarcido, estampado y similares. Según una realización, se utiliza una impresora láser o de chorro de tinta para imprimir la tinta 126 eléctricamente conductiva directamente
20 sobre los componentes pegados 112, 114 y a través de la interfaz 116 según un patrón deseable. El patrón deseable se selecciona de acuerdo con, al menos en parte, una anchura de la tinta 126 eléctricamente conductiva y un área superficial deseada de la interfaz 116 que debe ser cubierta por la tinta eléctricamente conductiva.

Por lo general, el patrón deseado incluye al menos una pasada de la tinta 126 eléctricamente conductiva a través de la interfaz 116. Sin embargo, para aumentar el área superficial de la interfaz 116 cubierta por la tinta 126
25 eléctricamente conductiva, el patrón deseado puede incluir múltiples pasadas de la tinta eléctricamente conductiva a través de la interfaz 116 sobre una periferia de la interfaz, tal como se muestra en la Figura 1. En otras palabras, la tinta 126 eléctricamente conductiva mostrada en la Figura 1 pasa y retrocede, o zigzaguea, a través de la interfaz 116 varias veces mientras atraviesa la periferia de la interfaz. En consecuencia, después de una primera pasada a través de una primera ubicación de la interfaz 116 en una primera dirección, la tinta 126 eléctricamente
30 conductiva cambia de dirección y pasa a través de la interfaz 116 en una segunda ubicación, separada de la primera ubicación, y en una segunda dirección, opuesta a la primera dirección. Estos retrocesos del patrón deseado de la tinta 126 eléctricamente conductiva pueden tener cualquiera de diversas formas y frecuencias. En la realización ilustrada de la Figura 1, y solo como ejemplo ilustrativo, los retrocesos tienen una forma no redondeada o cuadrada y se producen con una frecuencia de aproximadamente 8 retrocesos por lado de la interfaz 116. En otras realizaciones, los retrocesos pueden tener una forma redondeada u otra forma no redondeada (por ejemplo, triangular) y se producen con unas frecuencias mayores o menores que las mostradas. Por lo tanto, la tinta 126 eléctricamente conductiva puede tener una forma de onda cuadrada, de onda sinusoidal, de onda triangular o cualquier otro patrón adecuado que pueda superponerse sobre la interfaz 116. Además, la amplitud y la frecuencia de la tinta conductiva 126 pueden ser predeterminadas basándose en el tamaño de la delaminación que se quiera
35 detectar. Por ejemplo, el aumento de la cantidad de retrocesos permite al sistema identificar delaminaciones más pequeñas, etc.

Aunque la tinta 126 eléctricamente conductiva puede seguir cualquiera de diversos patrones circulares o no circulares sobre los componentes pegados 112, 114 y a través de la interfaz 116, la tinta 126 eléctricamente conductiva aplicada sobre los componentes pegados 112, 114 forma un hilo de tinta continuo y sin interrupción. La
45 tinta 126 eléctricamente conductiva está acoplada eléctricamente con el módulo 120 de detección de daños. Más específicamente, la tinta 126 eléctricamente conductiva forma un circuito eléctrico 127 con el módulo 120 de detección de daños. Por ejemplo, un primer extremo de la tinta 126 eléctricamente conductiva está acoplado eléctricamente con un lado positivo del módulo 120 de detección de daños, tal como se indica, y un segundo extremo de la tinta 126 eléctricamente conductiva está acoplado eléctricamente con un lado negativo del módulo de
50 detección de daños. El módulo 120 de detección de daños está configurado para comunicar energía eléctrica, en la dirección mostrada, a través del circuito eléctrico 127 formado por la tinta 126 eléctricamente conductiva mediante el acoplamiento eléctrico con la tinta eléctricamente conductiva en los lados positivo y negativo del módulo de detección de daños.

La energía eléctrica comunicada al circuito eléctrico 127 por el módulo 120 de detección de daños se recibe del dispositivo 122 de recuperación de energía a través de un hilo eléctrico 128. El dispositivo 122 de recuperación de energía está configurado para recuperar energía no eléctrica o renovable y convertir la energía no eléctrica en energía eléctrica. La energía no eléctrica puede ser energía cinética en forma de vibraciones. En tales implementaciones, el dispositivo 122 de recuperación de energía puede ser uno o más generadores piezoeléctricos configurados para convertir energía cinética vibracional en energía eléctrica. Alternativa o adicionalmente, en

5 algunas realizaciones la energía no eléctrica es energía eólica y el dispositivo de recuperación 122 de energía es una o más turbinas configuradas para convertir energía eólica en energía eléctrica. Alternativa o adicionalmente, en algunas realizaciones la energía no eléctrica es energía solar y el dispositivo 122 de recuperación de energía es uno o más paneles solares configurados para convertir energía solar en energía eléctrica. El hilo eléctrico 128 puede ser cualquiera de diversos hilos eléctricamente conductivos, tales como tinta eléctricamente conductiva, aplicados al componente 112 utilizando cualquiera de diversos métodos, tales como impresión. En algunas realizaciones, el hilo eléctrico 128 se forma de la misma manera general que la tinta 126 eléctricamente conductiva del circuito eléctrico 127.

10 Con referencia a la Figura 2, el módulo 120 de detección de daños incluye un componente conmutador 121 que está configurado para comunicar (por ejemplo, por transmisión) la fuente 125 de alimentación ya sea con el circuito eléctrico 127 o con el dispositivo 124 de indicación visual en respuesta a que haya sido detectada una rotura en el circuito eléctrico 127 por un componente 123 de detección de daños. Más específicamente, el componente conmutador 121 del módulo 120 de detección de daños comunica energía eléctrica al circuito eléctrico 127, pero no comunica energía eléctrica al dispositivo 124 de indicación visual, cuando no ha sido detectada una rotura en el circuito eléctrico 127 por el componente 123 de detección de daños, tal como se indica en la Figura 1. Por el contrario, el componente conmutador 121 del módulo 120 de detección de daños comunica energía eléctrica al dispositivo 124 de indicación visual a través de un hilo o línea eléctrica 130, pero no comunica energía eléctrica al circuito eléctrico 127, cuando es detectada una rotura en el circuito eléctrico 127 por el componente 123 de detección de daños. La fuente 125 de alimentación puede proporcionarse desde un dispositivo de recuperación de energía, tal como el dispositivo 122 de recuperación de energía, o desde otra fuente de alimentación a bordo de la aeronave 100, tal como una batería, un generador de energía eléctrica, o la fuente de alimentación principal de la aeronave. Además, la fuente 125 de alimentación comunica la energía al componente conmutador 121 a través del hilo eléctrico 128.

25 Con referencia a las Figuras 4 y 5, la delaminación de una unión pegada provoca una rotura 140, que es una rotura física, en el circuito eléctrico 127. Por consiguiente, la delaminación o daño en una unión pegada se detecta al detectar una rotura en el circuito eléctrico 127. En el ejemplo ilustrado, cuando el material 117 de pegado se separa, se despegar o se delamina del componente 114, se forma una zona de separación o un hueco 142 entre el material de pegado y el componente. Con la tinta 126 eléctricamente conductiva aplicada sobre el componente 112, el componente 114 y el material 117 de pegado, la separación entre el material de pegado y el componente 114 hace que la tinta 126 eléctricamente conductiva se separe de sí misma y forme un espacio abierto o rotura 140 en la tinta 126 eléctricamente conductiva. La rotura 140 en la tinta 126 eléctricamente conductiva impide el paso de la energía eléctrica a través del circuito eléctrico 127, dejando así abierto el circuito.

35 En general, el componente 123 de detección de daños detecta una rotura en el circuito eléctrico 127 al detectar un circuito abierto o un cortocircuito en el circuito eléctrico 127. Por consiguiente, el componente 123 de detección de daños puede ser cualquiera de diversos sensores activos o pasivos configurados para detectar activa o pasivamente un circuito abierto o un cortocircuito en un circuito abierto. En algunas implementaciones, el componente 123 de detección de daños es un sensor de resistencia que monitoriza la resistencia eléctrica en un circuito eléctrico alimentado por energía eléctrica y detecta un circuito abierto o un corto en el circuito eléctrico cuando la resistencia que se está monitorizando se aproxime asintóticamente al infinito. De acuerdo con ciertas implementaciones, el componente 123 de detección de daños puede incluir una lógica para determinar un estado de cortocircuito del circuito eléctrico 127. Puesto que un circuito abierto o un cortocircuito indica una rotura en el circuito eléctrico, que se produce cuando existe delaminación de una unión pegada, la detección de un circuito abierto o de un cortocircuito es indicativa de la delaminación de una unión pegada.

45 Con referencia de nuevo a las Figuras 4 y 5, después de que el componente 123 de detección de daños haya detectado un cortocircuito en el circuito eléctrico 127, el componente 123 de detección de daños comunica el estado de cortocircuito del circuito eléctrico al componente conmutador 121 que, en respuesta, conmuta la comunicación de la energía eléctrica desde el circuito eléctrico 127 al dispositivo 124 de indicación visual, tal como se indica en la Figura 4. La energía eléctrica se comunica al dispositivo 124 de indicación visual a través de un hilo eléctrico 130. El hilo eléctrico 130 puede ser cualquiera de diversos hilos eléctricamente conductivos, tales como tinta eléctricamente conductiva, que se aplica al componente 112 usando cualquiera de diversos métodos, tales como impresión. En algunas realizaciones, el hilo eléctrico 130 se forma de la misma manera general que la tinta 126 eléctricamente conductiva del circuito eléctrico 127. El estado de cortocircuito del circuito eléctrico 127 puede ser comunicado al componente conmutador 121 eléctricamente, tal como a través de comunicación eléctrica o señales de potencia, o mecánicamente, tal como a través de un dispositivo de accionamiento.

55 El componente conmutador 121 puede ser cualquiera de diversos dispositivos eléctricos configurados para conmutar la comunicación de energía eléctrica de un circuito a otro circuito en respuesta a una entrada de estado de cortocircuito del componente 123 de detección de daños. Según una realización, el componente conmutador 121 es un conmutador pasivo o mecánico accionable por una comunicación mecánica del estado de cortocircuito del circuito eléctrico 127 procedente del componente 123 de detección de daños. En otra realización más, el componente conmutador 121 es un conmutador eléctrico operable por una comunicación eléctrica del estado de cortocircuito del

circuito eléctrico 127 procedente del componente 123 de detección de daños. El componente conmutador 121 puede comprender al menos un transistor eléctrico u otro dispositivo lógico. Se reconoce que, aunque el componente conmutador 121 y el componente 123 de detección de daños están representados en la Figura 2 como componentes independientes, en algunas realizaciones el componente conmutador 121 y el componente 123 de detección de daños pueden integrarse en, o formar, el mismo componente.

Con referencia nuevamente a las Figuras 4 y 5, en respuesta a la recepción de energía eléctrica desde el módulo 120 de detección de daños, proporcionada por el dispositivo 122 de recuperación de energía, el dispositivo 124 de indicación visual indica visualmente un daño (por ejemplo, delaminación) en la unión pegada entre los componentes pegados 112, 114. Tal como se mencionó anteriormente, el dispositivo 124 de indicación visual puede proporcionar una indicación visual permanente o no reversible a un usuario o, en una alternativa no incluida en la invención, una indicación visual no permanente o reversible a un usuario. Ya sea permanente o no permanente, la indicación visual proporcionada por el dispositivo 124 de indicación visual es fácilmente perceptible por un usuario sin una inspección minuciosa de la unión pegada. En algunas implementaciones, el dispositivo 124 de indicación visual es remoto, independiente, o separado del circuito eléctrico 127 y proporciona un método independiente para observar la salud estructural de componentes pegados más fácilmente discernible que una inspección visual de los componentes pegados o una inspección visual del circuito eléctrico 127. De hecho, en ciertas implementaciones, el circuito eléctrico 127 está cubierto por al menos una capa exterior 150, y el dispositivo 124 de inspección visual no está cubierto por la al menos una capa exterior 150, sino que el dispositivo 124 de inspección visual es visible para el usuario.

De acuerdo con algunas realizaciones, el dispositivo 124 de indicación visual es un marcador termocrómico, o un dispositivo similar, que proporciona un indicador visual permanente al recibir energía eléctrica. Más específicamente, la energía eléctrica recibida por el marcador termocrómico aumenta la temperatura del material termocrómico, lo que hace que el marcador cambie de color de forma permanente. De esta manera, el usuario es informado de un daño en una unión pegada al observar visualmente el cambio de color del marcador termocrómico. Una vez cambiado, el color del marcador termocrómico permanece cambiado incluso cuando no esté recibiendo energía eléctrica del dispositivo 122 de recuperación de energía, tal como cuando la aeronave 100 está estacionaria. De acuerdo con una implementación alternativa, el cambio de color del marcador termocrómico, u otro indicador visual permanente, puede ser visible solo en condiciones de luz no ambiental. Por ejemplo, al recibir energía eléctrica, el marcador termocrómico puede cambiar a un color fluorescente que, debido a la fluorescencia, solo sea visible en condiciones de iluminación con luz negra o cuando se proyecte una luz negra sobre el marcador.

En un ejemplo no de acuerdo con la invención, el dispositivo 124 de indicación visual es una luz (por ejemplo, un LED) u otro dispositivo similar, que proporciona un indicador visual no permanente (por ejemplo, una luz) al recibir energía eléctrica. De esta manera, el usuario conoce la existencia de daños en una unión pegada al observar visualmente la luz encendida. Al contrario que un indicador visual permanente, tal como el marcador termocrómico, cuando la luz deja de recibir energía eléctrica del dispositivo 122 de recuperación de energía, la luz deja de estar encendida. Sin embargo, en algunas implementaciones, el sistema 110 puede incluir un componente de almacenamiento de energía eléctrica (por ejemplo, una batería) que almacena al menos algo de la energía recuperada por el dispositivo 122 de recuperación de energía. Los indicadores visuales no permanentes, tales como las luces, pueden continuar encendidos para indicar el daño de una unión pegada utilizando energía eléctrica almacenada en el componente de almacenamiento de energía eléctrica incluso después de que el dispositivo 122 de recuperación de energía haya dejado de generar energía eléctrica.

De acuerdo con otro ejemplo no de acuerdo con la invención, el dispositivo 124 de indicación visual puede ser un transmisor que envíe señales de comunicación electrónica inalámbrica o alámbrica a una ubicación remota, tal como un centro de monitorización o una cabina de una aeronave. Al recibir tales señales de comunicación electrónica, la ubicación remota puede tener indicadores visuales, tales como luces, pantallas, medidores y similares, que proporcionen una indicación visual de los daños a una unión pegada.

El módulo 120 de detección de daños, el dispositivo 122 de recuperación de energía y el dispositivo 124 de indicación visual, en algunas realizaciones, están fijados al menos a uno de los componentes pegados 112, 114. El módulo 120 de detección de daños, el dispositivo 122 de recuperación de energía y el dispositivo 124 de indicación visual se pueden fijar al menos a uno de los componentes pegados 112, 114 utilizando cualquiera de los diversos métodos de fijación, tales como adherencia, sujeción, soldadura y similares. Basándose en el método de fijación, el módulo 120 de detección de daños, el dispositivo 122 de recuperación de energía y el dispositivo 124 de indicación visual se pueden acoplar o fijar permanentemente a los componentes pegados 112, 114. Alternativamente, el módulo 120 de detección de daños, el dispositivo 122 de recuperación de energía y el dispositivo 124 de indicación visual se pueden acoplar o fijar de manera no permanente o removible a los componentes pegados 112, 114.

Después de haber sido fijados a los componentes pegados 112, 114, al menos el módulo 120 de detección de daños y el dispositivo 122 de recuperación de energía pueden ser recubiertos por al menos una capa exterior 150, que puede ser una capa de pintura, una capa sellante, y similares. La al menos una capa exterior 150 puede cubrir por completo el módulo 120 de detección de daños y el dispositivo 122 de recuperación de energía para que el

- 5 módulo 120 de detección de daños y el dispositivo 122 de recuperación de energía no sean visibles. Junto con el módulo 120 de detección de daños y el dispositivo 122 de recuperación de energía, la al menos una capa exterior 150 también puede cubrir los componentes 112, 114, la interfaz 116, el circuito eléctrico 127, el hilo eléctrico 128 y el hilo eléctrico 130. Tal como se mencionó anteriormente, la al menos una capa exterior 150 puede cubrir al menos parcialmente el dispositivo 124 de indicación visual cuando el dispositivo 124 de indicación visual proporcione una indicación visual in-situ sobre la aeronave 100, o cubrir completamente el dispositivo 124 de indicación visual cuando el dispositivo 124 de indicación visual sea usado para comunicar la información del daño a una localización remota que proporcione una indicación visual.
- 10 El módulo 120 de detección de daños, el dispositivo 122 de recuperación de energía y el dispositivo 124 de indicación visual se pueden colocar o montar en un componente completo o completamente ensamblado. Alternativamente, el módulo 120 de detección de daños, el dispositivo 122 de recuperación de energía y el dispositivo 124 de indicación visual se pueden integrar (por ejemplo, incrustar) en un componente durante la fabricación o el ensamblaje del componente.
- 15 El módulo 120 de detección de daños, el dispositivo 122 de recuperación de energía y el dispositivo 124 de indicación visual pueden ser componentes de tamaño micrométrico o tamaño nanométrico. Además, la energía eléctrica requerida para alimentar y operar el módulo 120 de detección de daños y el dispositivo 124 de indicación visual es mínima. Por consiguiente, el dispositivo 122 de recuperación de energía solo tiene que estar configurado para recuperar cantidades mínimas de energía eléctrica para operar el módulo 120 de detección de daños y el dispositivo 124 de indicación visual.
- 20 Con referencia a la Figura 6, se muestra un método 200 de monitorización de la salud estructural de componentes pegados que resume el método de monitorización de la salud estructural de componentes pegados descrito anteriormente con mayor detalle. En la etapa 210, el método 200 incluye aplicar tinta eléctricamente conductiva sobre unos componentes pegados y a través de una interfaz entre los componentes pegados. Adicionalmente, en la etapa 220, el método 200 incluye convertir energía no eléctrica en energía eléctrica. La energía no eléctrica se puede recuperar usando un dispositivo de recuperación de energía. Además, en la etapa 230, el método 200 incluye transmitir la energía eléctrica a través de la tinta eléctricamente conductiva. El método 200 controla la conductividad eléctrica para detectar una rotura en la tinta eléctricamente conductiva. Existe una rotura en la tinta eléctricamente conductiva cuando se detecta un cortocircuito, o un circuito abierto, en un circuito eléctrico formado por la tinta eléctricamente conductiva. Si en la etapa 240 se detecta una rotura en la tinta eléctricamente conductiva, el método 200 deja de transmitir la energía eléctrica a la tinta eléctricamente conductiva y la transmite a un dispositivo de indicación visual para indicar visualmente un daño (por ejemplo, una delaminación) en los componentes pegados. La indicación visual es permanente en algunas implementaciones. Si en la etapa 240 no se detecta una rotura en la tinta eléctricamente conductiva, entonces en la etapa 230 el método 200 continúa transmitiendo la energía eléctrica a través de la tinta eléctricamente conductiva.

35

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (110) para monitorizar la salud estructural de componentes pegados, que tiene al menos dos componentes (112,114), comprendiendo el sistema (110):

5 un módulo (120) de detección de daños alimentado por energía eléctrica desde un dispositivo (122) de recuperación de energía;
 una tinta (126) eléctricamente conductiva aplicada sobre los componentes pegados (112/114) y a través de una interfaz (116) entre los al menos dos componentes (112,114) de los componentes pegados, formando la tinta (126) eléctricamente conductiva un circuito eléctrico (127) con el módulo (120) de detección de daños; y
 10 un dispositivo (124) de indicación visual acoplado eléctricamente al módulo (120) de detección de daños, estando el dispositivo (124) de indicación visual configurado para indicar visualmente daños en los componentes pegados (112/114) en respuesta a la recepción de energía eléctrica;

15 en donde el módulo (120) de detección de daños está configurado para detectar una rotura en la tinta (126) eléctricamente conductiva y para transmitir energía eléctrica desde el dispositivo (122) de recuperación de energía hasta el dispositivo (124) de indicación visual en respuesta a la detección de una rotura en la tinta (126) eléctricamente conductiva; y
 en donde el dispositivo (124) de indicación visual está configurado para generar una indicación visual permanente de daños en los componentes pegados (112/114).

20 2. El sistema (110) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el dispositivo (122) de recuperación de energía, el módulo (120) de detección de daños y el dispositivo (124) de indicación visual están fijados al menos a uno de los componentes pegados (112/114).

3. El sistema (110) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en donde el dispositivo (122) de recuperación de energía, el módulo (120) de detección de daños y el dispositivo (124) de indicación visual están integrados en al menos uno de los componentes pegados (112/114).

25 4. El sistema (110) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el dispositivo (122) de recuperación de energía está configurado para recuperar energía no eléctrica o renovable y convertir la energía no eléctrica en energía eléctrica.

5. El sistema (110) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde el dispositivo (124) de indicación visual comprende un marcador termocrómico.

30 6. El sistema (110) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde el módulo (120) de detección de daños comprende un componente conmutador (121) configurado para transmitir energía eléctrica desde el dispositivo (122) de recuperación de energía solo a la tinta (126) eléctricamente conductiva cuando no se detecta una rotura en la tinta (126) eléctricamente conductiva y para transmitir energía eléctrica desde el dispositivo (122) de recuperación de energía solo al dispositivo (124) de indicación visual cuando se detecta una rotura (140) en la tinta (126) eléctricamente conductiva.

35 7. El sistema (110) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la tinta (126) eléctricamente conductiva zigzaguea a través de la interfaz (116) sobre una periferia de la interfaz (116).

8. El sistema (110) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde una indicación visual de daños en los componentes pegados (112/114) proporcionada por el dispositivo (124) de indicación visual es visible solo en condiciones de iluminación con luz negra.

40 9. El sistema (110) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde la interfaz (116) comprende un material de pegado (117).

10. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde la tinta (126) eléctricamente conductiva sigue un patrón que comprende múltiples pasadas a través de la interfaz (116) sobre una periferia de la interfaz (116).

45 11. Un método para monitorizar la salud estructural de componentes pegados (112/114), comprendiendo el método:

50 aplicar una tinta (126) eléctricamente conductiva sobre los componentes pegados (112/114) y a través de una interfaz (116) entre los componentes pegados (112/114) para formar un circuito eléctrico (127);
 convertir energía no eléctrica en energía eléctrica;
 transmitir la energía eléctrica a través del circuito eléctrico (127);
 detectar una rotura (140) en la tinta (126) eléctricamente conductiva; e

indicar visualmente una rotura en la tinta (126) eléctricamente conductiva sobre un dispositivo (124) de indicación visual, alimentado por la energía eléctrica, en respuesta a la rotura (140) detectada en la tinta (126) eléctricamente conductiva, en el cual el dispositivo (124) de indicación visual está configurado para generar una indicación visual permanente de daños en los componentes pegados (112/114).

- 5 12. El método de acuerdo con la reivindicación 11, en donde aplicar la tinta (126) eléctricamente conductiva sobre los componentes pegados (112/114) y a través de la interfaz (116) entre los componentes pegados (112/114) para formar el circuito eléctrico (127) comprende aplicar múltiples pasadas de tinta (126) eléctricamente conductiva a través de la interfaz (116) sobre una periferia de la interfaz (116).
- 10 13. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11 a 12, en donde aplicar múltiples pasadas de tinta (126) eléctricamente conductiva comprende aplicar múltiples pasadas que tengan cada una al menos una forma cuadrada, triangular o sinusoidal.
14. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, en donde convertir energía no eléctrica en energía eléctrica comprende convertir energía cinética en energía eléctrica usando al menos un generador piezoeléctrico (122).

15

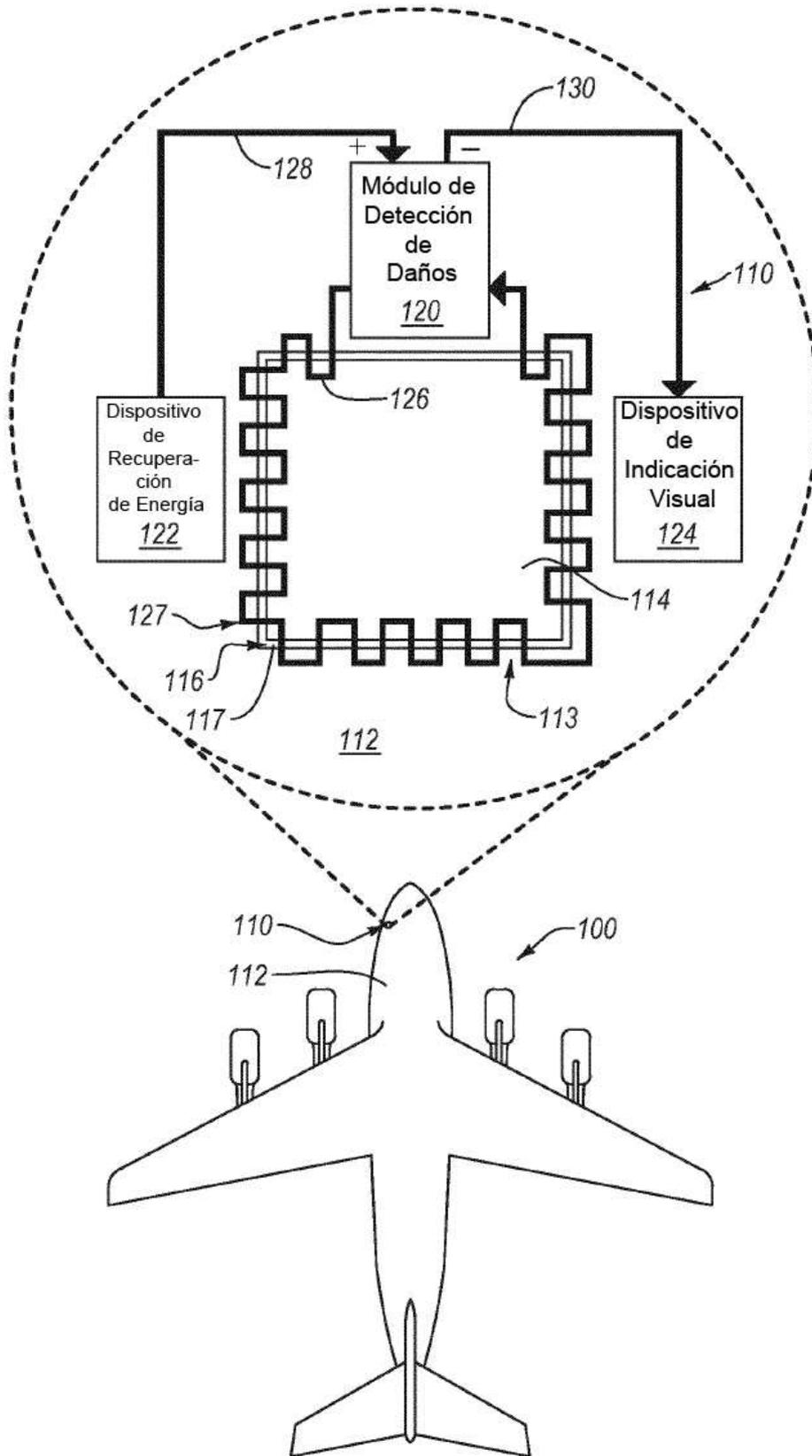


FIG. 1

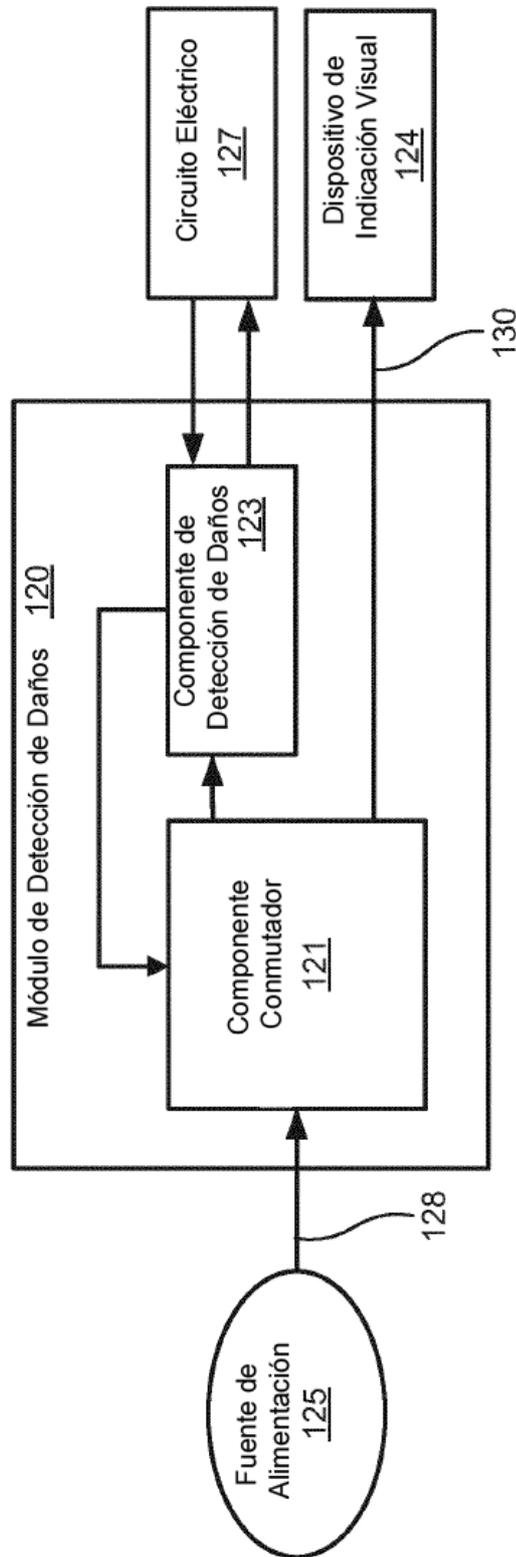


FIG. 2

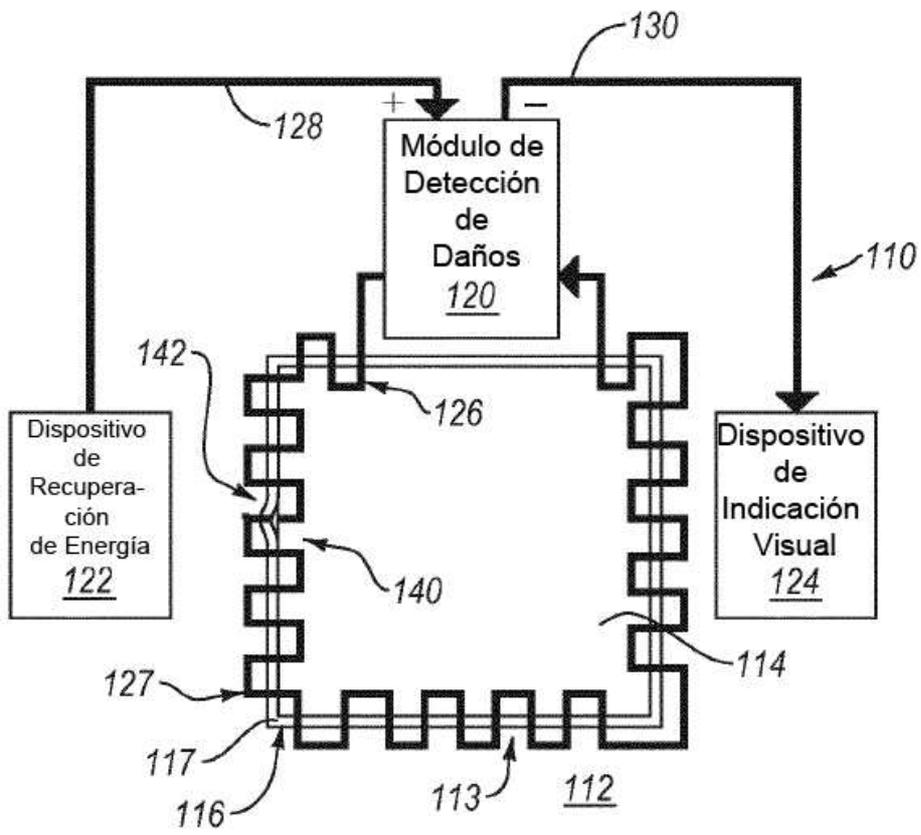


FIG. 4

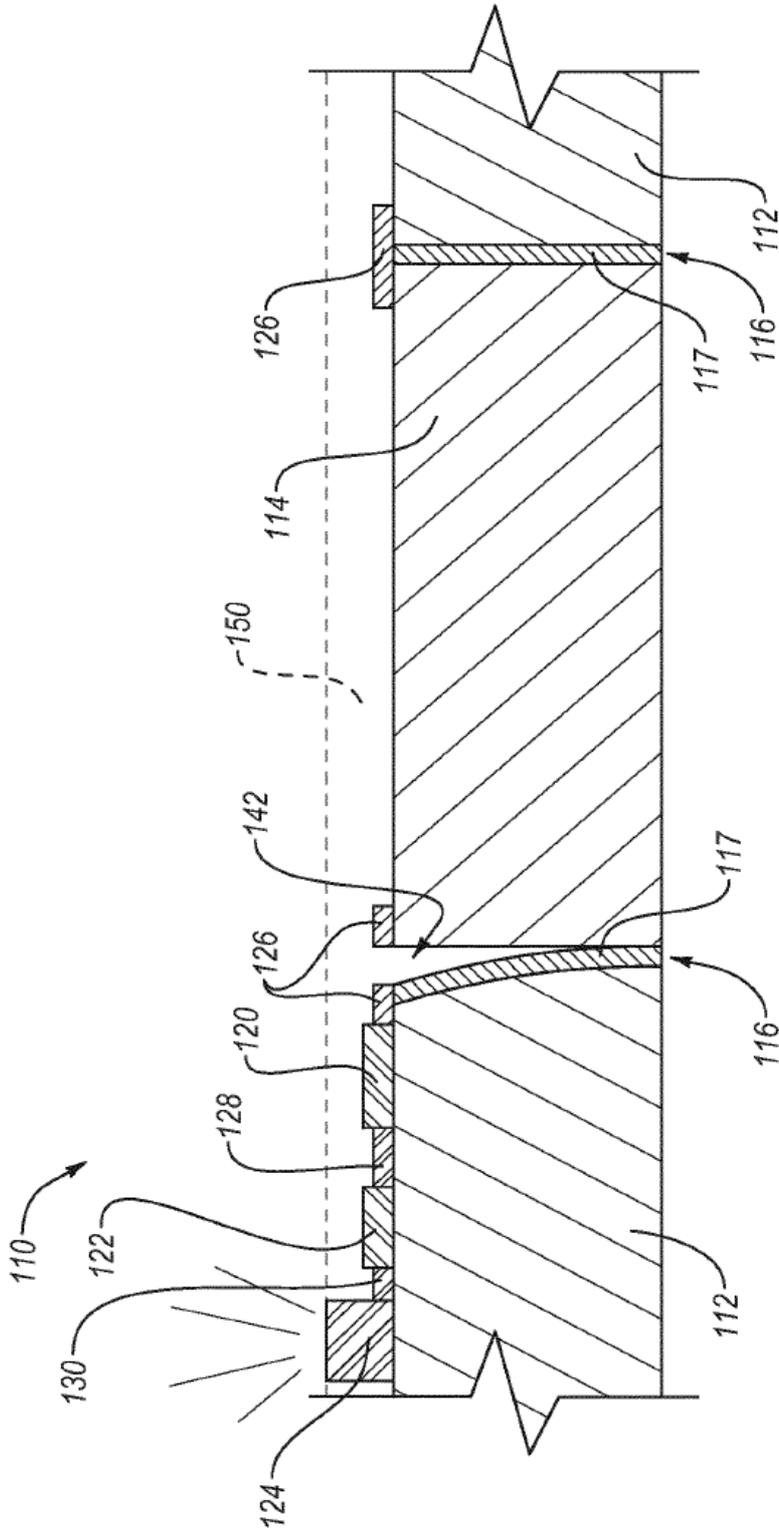


FIG. 5

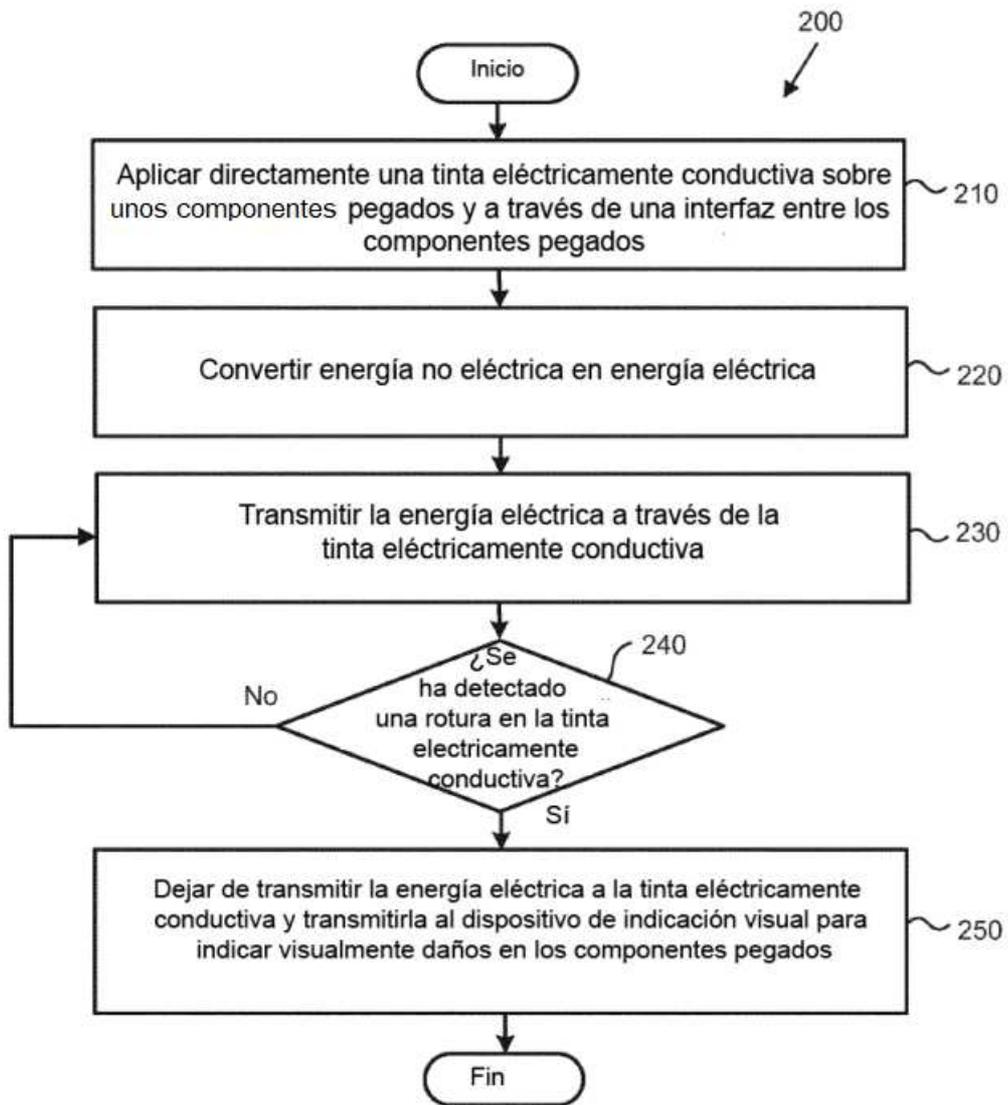


FIG. 6