

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 767 289**

51 Int. Cl.:

**H01Q 13/26** (2006.01)

**H01P 3/16** (2006.01)

**G02B 6/122** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.01.2015 PCT/GB2015/050076**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.07.2015 WO15110793**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.01.2015 E 15700782 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.11.2019 EP 3097606**

54 Título: **Sistema y método para transmitir datos o energía a través de un componente estructural**

30 Prioridad:

**21.01.2014 GB 201401014**

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

**17.06.2020**

73 Titular/es:

**THE WELDING INSTITUTE (100.0%)  
Granta Park Great Abington  
Cambridge CB21 6AL, GB**

72 Inventor/es:

**BURLING, PAUL**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 767 289 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 transmitir datos o energía a través de un componente estructural

La presente invención se refiere a medios para transmitir y guiar ondas electromagnéticas que transportan datos o energía, en particular ondas de superficie, donde los medios toman la forma de un componente estructural.

5 Se pueden usar ciertas frecuencias de radiación electromagnética (EM) para la transmisión de señales de datos (por ejemplo, comunicación o control) y energía. La propagación de la radiación EM puede explicarse usando la teoría de las ondas. Las ondas EM pueden propagarse en el vacío, así como en medios físicos. Los medios físicos usados para confinar las ondas dentro de límites particulares se conocen como guías de ondas y la geometría y la composición física de las mismas controlan su función y utilidad. En lo que respecta a las ondas EM, las guías de ondas pueden  
10 construirse a partir de materiales conductores o dieléctricos. Los tipos comunes de guías de ondas incluyen conductores metálicos tales como cobre y aluminio para líneas de alimentación y comunicación, fibras ópticas para transmisión de luz; el canal auditivo y los altavoces para la transmisión del sonido y la atmósfera terrestre que facilita la transmisión de radio como ondas de superficie.

15 Las ondas de superficie son un tipo particular de onda que se propaga a lo largo de la interfaz entre los medios con diferentes propiedades: se puede decir que están unidas a la superficie, en lugar de a un material (o aire). En el caso de las ondas mecánicas, esto ocurre entre materiales de diferentes densidades, mientras que con las ondas EM, esto ocurre a lo largo de un gradiente de índice de refracción, donde el índice de refracción es un número adimensional que describe cómo se propaga la radiación a través de un medio.

20 El documento de EE. UU. n.º US-A-2013/0064311 describe un aparato para la transmisión de ondas electromagnéticas de superficie (de radio), en particular se refiere a la transmisión y recepción de ondas de Zenneck a través de un sustrato transmisor adecuado que comprende capas acopladas de un material dieléctrico y conductor. Los transductores se colocan en diferentes puntos de la guía de ondas y se usan para transmitir información, tales como señales de datos y vídeo o energía. Las implementaciones ejemplo incluyen: una prenda de vestir hecha del sustrato descrito, con monitores y dispositivos de comunicación acoplados; muebles sobre los cuales se transporta el sustrato  
25 descrito para permitir enlaces de onda de superficie entre un ordenador u otros de dichos dispositivos a una red; y un vehículo o edificio con sistemas de entretenimiento unidos a través de un canal de ondas de superficie proporcionado por una longitud del sustrato descrito transportado por un soporte adecuado tal como una pared. Todas las guías de onda descritas toman la forma de capas laminadas dieléctricas y conductoras, por ejemplo, adquiriendo la forma de láminas acopladas de grosor de material uniforme y coincidente, ya sea plano o corrugado. Ejemplos particulares incluyen neopreno (caucho sintético de policloropreno) o PTFE como el dieléctrico, y pintura de cobre, aluminio o metal como el conductor. El documento de EE. UU. n.º US2013/0064311 proporciona una descripción de la teoría, del aparato y de la operación detrás de la transmisión de ondas de superficie con cierto detalle y no se reproduce en esta presentación de la presente invención. Se puede encontrar más información relacionada con las ondas de Zenneck en varias publicaciones realizadas por el primer inventor nombrado en el documento de EE. UU. n.º 2013/0064311,  
30 Janice Turner (anteriormente Hendry), que incluye: "A Novel Technique Enabling the Realisation of 60 GHz Body Area Networks", 2012; "Isolation of the Zenneck Surface Wave", 2010; y "Surface Waves: What are they? Why are they Interesting?", 2009.

35 El documento de EE. UU. n.º US-A-7.307.589 describe una superficie adaptativa accionada en respuesta a señales de control recibidas por una antena en la superficie. La superficie está compuesta de un dieléctrico con patrones repetitivos de estructuras eléctricamente conductoras que facilitan la propagación de las señales de control como ondas de superficie. Los materiales de ejemplo incluyen el Kapton (una película de poliimida, poli-oxidifenileno-piromelitimida) con cruces de Jerusalén impresas o estructuras más complejas. El Kapton envejece mal y se degrada.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un sistema para transmitir datos y/o energía a través de un componente estructural, que comprende:

45 un componente estructural formado por una primera y una segunda capas que se adaptan entre sí, comprendiendo la primera capa un material compuesto dieléctrico que tiene una primera y una segunda superficies, y comprendiendo la segunda capa un material conductor que se pone en contacto con la primera superficie de la primera capa, por lo que la reactancia eléctrica de la primera capa está configurada para la propagación de ondas electromagnéticas de superficie a través de ella;

50 un primer transductor sobre o adyacente a la segunda superficie de la primera capa del componente estructural en una primera ubicación, estando adaptado el primer transductor para generar ondas electromagnéticas de superficie para transportar datos y/o energía a través de la primera capa; y

55 un segundo transductor sobre o adyacente a la segunda superficie de la primera capa del componente estructural en una segunda ubicación separada de la primera ubicación, estando adaptado el segundo transductor para recibir ondas electromagnéticas de superficie desde la primera capa y para recuperar datos y/o energía de las ondas electromagnéticas de superficie recibidas;

por lo cual las ondas electromagnéticas de superficie se transmiten desde el primer transductor al segundo

transductor por la primera capa del componente estructural, y en donde:

el material compuesto dieléctrico que forma la primera capa comprende elementos de refuerzo dispuestos en un material de matriz, y la primera capa tiene una región en masa en la que están presentes tanto los elementos de refuerzo como el material de matriz y una primera región de capa exterior que comprende una mayor proporción entre el material de matriz y los elementos de refuerzo que en la región en masa, formando la primera región de capa exterior la primera superficie de la primera capa.

En los sistemas de guía de ondas existentes como los descritos en los documentos de EE. UU. n.º US2013/0064311 y US-A-7.307.589, el sustrato transmisor de doble capa se aplica sobre o es transportado por una estructura rígida, tal como un mueble o un vehículo, si es necesario desplegarlo en un contexto como ese. Por el contrario, el sistema descrito en la presente memoria permite que la estructura misma forme la guía de ondas. Esto se logra formando un componente estructural de una primera capa que comprende un material compuesto dieléctrico, que proporciona las propiedades mecánicas requeridas para dar a la estructura, la rigidez y resistencia necesarias (es decir, que actúa como un material estructural), y una segunda capa que se pone en contacto y se adapta a la primera que es un conductor. En combinación, las propiedades eléctricas de las dos capas son tales que soportan la propagación de ondas electromagnéticas de superficie a través del conjunto. Los medios dieléctricos pueden soportar campos electrostáticos con una disipación de calor mínima, cuya capacidad está representada por el valor de pérdida dieléctrica (proporción de energía perdida como calor) de un material.

La metodología existente para integrar la energía y las comunicaciones en materiales de materiales compuestos) emplea cables, fibras ópticas e interconexiones convencionales. El sistema descrito en la presente memoria permite prescindir de dichos componentes, simplificando así la configuración y reduciendo la cantidad de piezas, proporcionando el material compuesto en sí mismo los datos necesarios y/o las conexiones de alimentación al tiempo que aporta un soporte estructural. Por ejemplo, tener la capacidad de transmitir ondas electromagnéticas a través de material sólido de esta manera puede usarse para pasar datos de un transmisor a un receptor. Usando formas de onda de superficie como las ondas de superficie de Zenneck y otras ondas de superficie guiadas, los datos se pueden pasar a una velocidad muy alta por una distancia dada. Guiar la onda de superficie es fundamental para poder transferir datos con éxito. Se produce una onda guiada cuando el ángulo de incidencia desde el medio dieléctrico hasta la interfaz dieléctrica de aire es mayor que el ángulo crítico, se producirá una reflexión interna total, pero decaerá exponencialmente. Una onda de superficie requiere una interfaz entre dos medios, ya que existe parcialmente en ambos. Por lo tanto, si el campo eléctrico no puede penetrar en uno de los medios, no puede propagarse una onda de superficie.

El material dieléctrico compuesto puede configurarse de modo que las ondas EM de superficie se propaguen a través de la segunda superficie de la primera capa (es decir, a lo largo de la interfaz de aire/compuesto), o a lo largo de una interfaz dentro del compuesto dieléctrico tal como se explica a continuación.

El sistema descrito en la presente memoria dispone de varias ventajas adicionales. Dado que las ondas de superficie están restringidas a la superficie definida, seguirán sus contornos y, como tales, los transductores no necesitan estar en una disposición de línea de visión. En comparación con los sistemas inalámbricos, la disposición descrita es segura ya que las ondas no pueden ser interceptadas a distancia desde la superficie: el sistema es "sin fugas" ya que las ondas de superficie no migrarán significativamente desde la guía de ondas y, por lo tanto, son más difíciles de interceptar (en comparación con otros tipos de ondas EM para los cuales el riesgo de migración fuera de la guía de ondas es mayor). Las ondas de superficie se transmiten con baja disipación de energía, por lo tanto, el sistema es eficiente. Las ondas se transmitirán alrededor de cualquier ruptura en la estructura, por ejemplo, agujeros o grietas y, como tal, no se volverán inoperables por roturas de un solo punto (ya que los cables son vulnerables), lo que efectivamente proporciona una redundancia incorporada. El sistema tiene resiliencia ambiental y se incorpora fácilmente a los diseños estructurales existentes.

El primer transductor y el segundo transductor están dispuestos para generar/recibir ondas EM en la superficie del material del compuesto dieléctrico que está lejos del material conductor. Cabe señalar que los transductores no necesitan estar en contacto con la superficie, sino que en la práctica, pueden estar separados del material dieléctrico por una distancia que depende de la energía del transductor, por ejemplo, de hasta varios milímetros de distancia. Además, solo aquellos componentes del transductor que se requieren para emitir/recibir las ondas EM deben ubicarse en el lado dieléctrico de la estructura multicapa. Si se desea, podrían ubicarse otros componentes en el lado del conductor con las conexiones eléctricas necesarias hechas a través de las múltiples capas.

Se ha descubierto que colocar la segunda capa de material conductor contra una superficie rica en resina del material compuesto (como lo proporcionará la primera región de capa exterior de la primera capa mencionada con anterioridad), produce resultados particularmente buenos en términos de la capacidad de la estructura multicapa para propagar ondas EM de superficie, en especial donde el material compuesto dieléctrico comprende elementos de refuerzo que son conductores de electricidad, tal como la fibra de carbono. La expresión "rico en resina" significa que la porción de superficie de la primera capa (es decir, la región de capa exterior) tiene una composición con una mayor proporción entre la matriz y los elementos de refuerzo en comparación con la de la región en masa de la capa. Tal región de capa exterior puede disponerse solo en la primera superficie, o también en la segunda superficie de la primera capa. Dichas regiones de capa exterior pueden formarse mediante el procesamiento apropiado del material compuesto. Por ejemplo,

cuando se cura un material compuesto del tipo descrito, a menudo una superficie del material acabado tendrá una mayor proporción entre matriz y elementos de refuerzo que la otra, es decir que se formará una región de capa exterior en un lado. Este efecto se debe a la gravedad que hace que el material de la matriz fluya en una dirección mientras el material de la matriz se calienta por encima de su temperatura de transición vítrea durante el curado. Sin embargo, se pueden usar técnicas de procesamiento alternativas en las que también se forma una región de capa exterior en la segunda superficie.

Sin pretender quedar limitado por la teoría, existe una serie de mecanismos que pueden estar detrás de los efectos beneficiosos asociados con proporcionar una región de capa exterior rica en resina como primera superficie de la capa. En primer lugar, la superficie rica en resina puede mejorar la calidad dieléctrica del material compuesto localmente a la capa conductora. Las ondas EM de superficie pueden unirse (y propagarse) a la interfaz entre la "capa exterior" rica en resina y la región en masa del compuesto. Se cree que las propiedades eléctricas tanto de la región de capa exterior como del compuesto en masa afectan la distancia que puede recorrer la onda (que es proporcional a la cantidad de energía usada por los transductores). En segundo lugar, la superficie rica en resina es típicamente relativamente lisa (es decir, siguiendo el contorno de la capa como un todo, incluso a una escala relativamente pequeña) en comparación con la superficie opuesta donde los elementos de refuerzo pueden sobresalir en cierta medida y mejorar la adherencia del material conductor al compuesto, reduciendo la probabilidad de defectos o espacios en la capa conductora. En tercer lugar, el procedimiento de aplicar el material conductor a la superficie opuesta donde los elementos de refuerzo están relativamente expuestos puede introducir defectos en los elementos de refuerzo que conducen a daños en el material y posibles roturas en la capa conductora.

En la presente memoria, los materiales del compuesto se definen como materiales de ingeniería hechos a partir de dos o más componentes que trabajan juntos para superar el rendimiento de uno. A menudo, un componente es una fibra fuerte, tal como fibra de vidrio, de cuarzo, Kevlar® o de carbono que le da al compuesto su resistencia a la tracción, mientras que otro componente (llamado matriz) es con frecuencia una resina, tal como poliéster o epoxi, que une las fibras entre sí y generalmente hace que el material sea duro y rígido. Algunos compuestos usan partículas o granulados en lugar de, o además de, fibras. El polímero reforzado con fibra de carbono (CFRP, por sus siglas en inglés) es un polímero liviano reforzado con una fibra extremadamente fuerte que contiene fibras de carbono. El polímero de unión es a menudo una resina termoestable, tal como la epoxi, pero a veces se usan otros polímeros termoestables o termoplásticos, tales como poliéster, éster de vinilo o nylon. El compuesto puede contener otras fibras, tal como la de aramida, por ejemplo fibras de Kevlar, Twaron, aluminio o vidrio, así como fibra de carbono.

Las propiedades eléctricas del material compuesto dieléctrico, tal como su permitividad relativa y, por lo tanto, la reactancia eléctrica de la primera capa, dependerán de varios factores, que incluyen: los materiales seleccionados para los elementos de refuerzo y la matriz; cualquier recubrimiento (por ejemplo, encolado) dispuesto sobre los elementos de refuerzo; y la disposición de los elementos de refuerzo en la matriz. Todo esto se puede ajustar para lograr las propiedades eléctricas deseadas de la capa de compuesto. La permitividad eléctrica del compuesto se puede medir usando una variedad de métodos conocidos, que incluyen: técnicas de perturbación de cavidad resonante, técnicas de espacio libre y, más preferiblemente, métodos de guía de onda/línea de transmisión. Los aparatos adecuados y el software asociado para realizar las mediciones son comercializados por Agilent Technologies, Inc., por ejemplo. Los métodos de guía de onda suponen el uso de una muestra homogénea y no darán información sobre las capas individuales en un material de múltiples capas; no obstante, esta información normalmente no es necesaria. A menudo, es más importante determinar las propiedades del material de la matriz en sí mismo, en relación con las propiedades de la superficie 'rica en resina' del compuesto (que se explica a continuación), y esto se puede hacer usando una muestra especialmente preparada del material de la matriz. Cabe señalar que ciertos compuestos tendrán efectos direccionales, donde las propiedades dieléctricas diferirán dependiendo de la orientación (debido a la orientación del refuerzo), y también pueden comprender regiones internas de diferentes propiedades. Esto debe tenerse en cuenta al hacer mediciones. Los materiales de relleno específicos agregados a la matriz cambiarán la permitividad, por ejemplo, de los rellenos de óxido de metal a escala nanométrica. Pequeñas adiciones reducirán la permitividad, mientras que grandes cantidades la aumentarán. Las mediciones de permitividad deben realizarse en función del intervalo de frecuencia de la onda EM de superficie usada. Según lo descrito en el documento de EE. UU. n.º US2013/0064311, la reactancia de superficie de la superficie o interfaz a lo largo de la cual deben propagarse las ondas de superficie está dispuesta preferiblemente en la región de 50 a 1000 ohmios para soportar la transmisión de ondas EM de superficie, aunque también pueden funcionar las reactancias fuera de ese intervalo. El documento de EE. UU. n.º US2013/0064311 describe fórmulas para calcular la reactancia de superficie de una estructura de doble capa de material dieléctrico y conductor en función de sus propiedades eléctricas y de su geometría.

El material compuesto dieléctrico comprende elementos de refuerzo dispuestos en una matriz, siendo los elementos de refuerzo preferiblemente fibras y/o partículas u otros materiales de relleno. En ejemplos ventajosos, los elementos de refuerzo comprenden cualquier material entre carbono, vidrio, cuarzo, una aramida tal como Kevlar™ o Twaron™, metal, algodón, cáñamo, lino u otro material natural, cada uno preferiblemente en forma de fibras. Preferiblemente, la matriz comprende un material polimérico, tal como un polímero o una resina termoestable, o un termoplástico. Por ejemplo, el material polimérico puede comprender resina epoxídica, poliéster, PEEK (por sus siglas en inglés), éster de vinilo o nylon. En una realización especialmente preferida, el material compuesto dieléctrico comprende un polímero reforzado con fibra de carbono, y preferiblemente el polímero comprende una resina termoestable, lo más preferiblemente, una resina epoxídica. Se ha descubierto que tales compuestos producen resultados particularmente

buenos.

Los elementos de refuerzo pueden estar dispuestos en el material compuesto de varias maneras dependiendo de las propiedades mecánicas requeridas de la capa, y esto también tendrá un impacto en sus propiedades eléctricas. Preferiblemente, los elementos de refuerzo son fibras y están dispuestas en al menos dos orientaciones diferentes dentro de la primera capa. Esto le otorga al compuesto resistencia a la tracción en más de una dirección. Preferiblemente, las al menos dos direcciones son sustancialmente ortogonales. Ventajosamente, las fibras están entretrejidas entre sí (preferiblemente en direcciones sustancialmente ortogonales) para formar una estructura de estera, preferiblemente en un tejido de sarga, lo más preferiblemente en un tejido de sarga de 2x2.

En otros casos, las fibras pueden ser unidireccionales. En este caso, la primera capa comprende, preferiblemente, una pluralidad de subcapas unidireccionales, orientándose las fibras dentro de cada subcapa en paralelo entre sí para definir la dirección de la fibra de la subcapa y siendo diferente la dirección de la fibra de al menos dos de la pluralidad de subcapas, lo más preferiblemente ortogonal. Se pueden laminar múltiples hojas de tales capas juntas en diferentes direcciones para formar la primera capa.

La primera capa también puede estar formada por una pluralidad de subcapas donde la composición del compuesto varía entre subcapas (es decir, al menos dos de las subcapas son diferentes, preferiblemente en términos de la composición de los elementos de refuerzo y/o de la matriz). Por ejemplo, una subcapa podría comprender elementos de refuerzo de fibra de carbono y otra podría comprender elementos de refuerzo de fibra de vidrio o de fibra Kevlar. Como alternativa, la estructura tejida podría ser diferente de una subcapa a la siguiente.

Tal como se mencionó con anterioridad, se proporciona una primera región de capa exterior rica en matriz que forma la primera superficie de la primera capa. En algunas realizaciones preferidas, esta primera superficie es rica en matriz (o "rica en resina") en comparación con la segunda superficie de la primera capa, ya sea que esté formada por la región en masa o por una segunda región de capa exterior del compuesto. Si se proporciona una segunda región de capa exterior, tendrá una mayor proporción entre elementos de matriz y refuerzo que en la región en masa, pero esto puede ser igual o no a la proporción en la primera región de capa exterior. En realizaciones particularmente preferidas, la primera y/o segunda región de capa exterior comprende casi el 100 % de matriz y los elementos de refuerzo están sustancial o completamente ausentes, es decir que puede existir una capa de "capa exterior" que comprende solo material de matriz en uno o ambos lados. Una región de capa exterior de este tipo tendrá, por definición, un grosor mayor que un simple recubrimiento de material de matriz, ya que puede cubrir los elementos de refuerzo más externos de la región en masa si esto forma la segunda superficie de la primera capa. Tal recubrimiento tenderá a ajustarse a los contornos de los elementos de refuerzo, mientras que una región de capa exterior generalmente "rellenará" dichos contornos, dando como resultado una superficie más lisa. Preferiblemente, la primera región de capa exterior tiene un grosor de entre 5 % y 10 % del grosor de la primera capa. En relación con los elementos de refuerzo, la primera región de capa exterior tiene preferiblemente un grosor mayor que el grosor medio (promedio) de los elementos de refuerzo (por ejemplo, el ancho o el diámetro del elemento tomado a través de una sección transversal del elemento perpendicular a su dirección larga, donde el elemento es alargado, por ejemplo, como en el caso de un elemento de tipo de fibra). Más preferiblemente, el grosor de la primera región de capa exterior es al menos el doble de esta dimensión media de los elementos de refuerzo, aún preferiblemente al menos 10 veces la dimensión media. Si se proporciona una segunda región de capa exterior, su grosor puede ser el mismo o diferente del de la primera región de capa exterior, pero también está preferiblemente en el intervalo anterior.

La capa conductora podría ser una capa independiente de material conductor fijado o puesto en contacto con el material compuesto dieléctrico, tal como una lámina metálica sobre la cual se coloca el compuesto. Preferiblemente, sin embargo, la segunda capa es un recubrimiento transportado por la primera superficie de la primera capa, ventajosamente aplicado por pulverización, pulverización térmica (por ejemplo, pulverización de recubrimiento de oxicomcombustible de alta velocidad (HVOF, por sus siglas en inglés) o pulverización por llama), pulverización en frío, deposición, laminado, extrusión u otro procedimiento de recubrimiento.

El material conductor se puede aplicar directamente a la superficie del compuesto tal como se formó, pero en otros ejemplos se puede aplicar un tratamiento de superficie para mejorar la retención del material. Por ejemplo, se puede aplicar una sustancia adhesiva, de unión o de imprimación entre la primera capa y la segunda capa para mejorar la retención de la segunda capa a la primera capa. Como alternativa, además, la primera superficie de la primera capa es una superficie tratada, preferiblemente una superficie texturizada tal como una superficie arenada, para mejorar la retención de la segunda capa a la primera capa.

La segunda capa podría comprender cualquier material conductor de la electricidad, pero preferiblemente comprende un metal o una aleación, ventajosamente aluminio, cobre, oro o una aleación de níquel-hierro tal como Fe-Ni36, por ejemplo INVAR™, que es una aleación con bajo coeficiente de expansión térmica y es útil para aplicaciones de compuestos. En una realización particularmente preferida donde el material compuesto dieléctrico comprende fibras de carbono tejidas en una matriz epoxídica, la segunda capa comprende aluminio.

El grosor de la primera capa dependerá de los requisitos estructurales, pero también tendrá un efecto sobre las propiedades eléctricas de la estructura. En realizaciones preferidas, la primera capa tiene un grosor en el intervalo de 0,5 mm a 100 mm, preferiblemente de 1 a 5 mm, más preferiblemente de aproximadamente de 1,5 mm. Cuando la

primera capa incluye una capa exterior rica en resina, en ejemplos preferidos esto puede tener un grosor de entre 5 % y 10 % del grosor de la primera capa. En un ejemplo, la capa exterior puede tener un grosor de alrededor de 0,1 mm.

5 La segunda capa (de material conductor) tiene ventajosamente un grosor de al menos 3 micrones, preferiblemente de al menos 50 micrones, más preferiblemente de aproximadamente 100 micrones.

10 En algunos ejemplos preferidos, la segunda capa se proporciona en toda el área de la primera capa. Sin embargo, esto no es esencial y en otros casos, puede ser ventajoso proporcionar la segunda capa de forma discontinua a través del área de la primera capa, estando presente la segunda capa a lo largo de al menos un trayecto continuo entre el primer transductor y el segundo transductor. Esto puede ser deseable, por ejemplo, para reducir la cantidad de material conductor necesario, o simplemente, para readaptar el sistema a una estructura existente (explicado más abajo), o por razones estéticas, por ejemplo, el material conductor podría aplicarse de acuerdo con el diseño de un logotipo u otro patrón.

15 Asimismo, el sistema puede comprender, además, uno o más transductores adicionales adaptados para la generación y/o recepción de ondas electromagnéticas de superficie a través de la primera capa del componente estructural, en cuyo caso puede ser ventajoso proporcionar la segunda capa a lo largo de una pluralidad de trayectos continuos cada uno de los cuales une al menos dos de los transductores, y en donde preferiblemente al menos dos de los trayectos no se ponen en contacto entre sí. De esta manera, se podrían transmitir diferentes ondas electromagnéticas entre diferentes transductores sin interferencia.

20 Más generalmente, en cualquier realización, el sistema puede comprender, además, uno o más transductores adicionales adaptados para la generación y/o recepción de ondas electromagnéticas de superficie a través de la primera capa del componente estructural. Cuando varios de los transductores se colocan en el mismo trayecto conductor continuo (por ejemplo, como en el caso donde la segunda capa cubre el área completa de la primera capa), los datos transportados por la onda EM de superficie pueden incluir una dirección (es decir, una identificación) del transductor para el que están destinados, como en los sistemas convencionales de redes por cable. Alternativa o  
25 adicionalmente, al menos algunos de los transductores pueden adaptarse para transmitir y/o recibir ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias entre sí para evitar interferencias.

30 Preferiblemente, los transductores forman partes de unidades que tienen componentes para procesar datos y convertir a/desde formas de onda EM apropiadas que transportan los datos, o para convertir energía a/desde una onda EM. Las implementaciones ejemplo incluyen las descritas en el documento de EE. UU. n.º US2013/0064311. Preferiblemente, al menos uno entre el primer transductor y el segundo transductor forma parte de un dispositivo tal como una unidad sensora, una unidad de accionamiento, un dispositivo de comunicaciones tal como un teléfono, un ordenador, un reproductor multimedia, un televisor, etc. Al menos uno entre el primer transductor y el segundo transductor también puede formar parte, preferiblemente, de un controlador adaptado para controlar el o los dispositivos.

35 Los transductores pueden presentar diversas formas, incluidas las descritas en el documento de EE. UU. n.º US2013/0064311. En una realización preferida, el primer transductor y/o el segundo transductor comprende una guía de onda definida por superficies conductoras opuestas espaciadas y un generador de señal adaptado para suministrar una señal a través de las superficies conductoras para generar de ese modo una onda electromagnética dentro de la guía de onda o un receptor de señal adaptado para detectar una señal que llega dentro de la guía de ondas. En otro ejemplo, el primer transductor y/o el segundo transductor comprende una antena, preferiblemente una antena de parche, una antena monopolo o una antena dipolo.

40 Tal como se señaló con anterioridad, los transductores no necesitan estar ubicados en la primera capa y podrían estar separados de su segunda superficie, por ejemplo, por varios milímetros, pero preferiblemente los transductores se fijan al componente estructural. En algunas implementaciones preferidas, el primer transductor y/o el segundo transductor puede integrarse en la primera capa del componente estructural. Por ejemplo, el transductor podría ser curado conjuntamente en una matriz, o podría estar conectado mecánicamente a la capa (por ejemplo, mediante pernos, remaches, etc.) o podría estar unido con adhesivo a una capa laminada. En un ejemplo particularmente preferido, el primer transductor y/o el segundo transductor podrían imprimirse sobre la segunda superficie de la primera capa, por ejemplo, usando técnicas para imprimir antenas tal como se describe en "Instant Inkjet Circuits: Lab-based Inkjet Printing to Support Rapid Prototyping of UbiComp Devices" de Yoshihiro Kawahara *et al*, UbiComp'13, 2013 Zúrich, o en "Integrated Sensor Arrays based on PiezoPaint™ for SHM Applications" de Karl Elkjaer *et al*, Conferencia Anual de la Prognostics and Health Management Society, 2013.

45 En un desarrollo ventajoso, la estructura de compuesto también puede usarse para soportar una o más celdas de combustible con el fin de generar energía que pueden usar los transductores. La incorporación de celdas de combustible en materiales de compuesto se describió en nuestra publicación de patente internacional n.º WO2007/036705. Por lo tanto, preferiblemente, la primera capa forma parte de una estructura laminada compuesta que tiene una celda de combustible incorporada, comprendiendo la estructura laminada compuesta, además, un material de núcleo dentro del cual está incrustada la celda de combustible, comprendiendo la celda de combustible una membrana electrolítica que tiene una primera cara y una segunda cara, y un primer electrodo y un segundo  
55

electrodo dispuestos adyacentes a las caras respectivas de la membrana electrolítica, en donde el primer electrodo y el segundo electrodo son conectables a un circuito eléctrico, en el que el material de núcleo proporciona soporte a la celda de combustible incrustada en el mismo y en comunicación de fluidos a través del material de núcleo, para permitir el paso de uno o más fluidos al primer electrodo y al segundo electrodo. Preferiblemente, el circuito eléctrico incluye el primer transductor y/o el segundo transductor.

Tal como ya se explicó, la primera capa de material compuesto proporciona soporte estructural al componente y, por lo tanto, preferiblemente la primera capa es auto-soportante, por ejemplo rígida, para mantener la forma del componente estructural. El sistema es particularmente adecuado para escenarios en los que la primera capa del componente estructural no es plana, ya que las ondas de superficie transmitidas seguirán el contorno del material.

El sistema descrito puede emplearse en muchas aplicaciones diferentes. En ejemplos particularmente preferidos, el componente estructural es al menos parte de una pared de un vehículo, aeronave, ala, vela, embarcación o edificio, formando la primera capa del componente estructural preferiblemente el revestimiento exterior del vehículo, aeronave, embarcación o edificio, disponiéndose la segunda capa en el interior. Por ejemplo, ciertos tipos de vehículos, tales como automóviles de Fórmula 1 y algunas aeronaves, ya se basan en una estructura formada como material compuesto que puede usarse como primera capa en el sistema descrito. El sistema se puede readaptar a una estructura compuesta existente como estas aplicando un material conductor adecuado a la superficie del material compuesto para formar la segunda capa requerida. Tal como se explicó previamente, el material conductor no necesita aplicarse a toda la estructura sino solo para formar trayectos continuos entre los transductores dispuestos en la estructura.

Por lo tanto, la presente invención también proporciona un vehículo, aeronave, ala, vela, embarcación o edificio que comprende un sistema como se describió anteriormente, en el que el componente estructural es un componente estructural del vehículo, aeronave, ala, vela, embarcación o edificio.

También se proporciona una red que comprende: un sistema tal como se describió anteriormente, un controlador del que forma parte el primer transductor y al menos un dispositivo del que forma parte el segundo transductor, en donde el controlador está adaptado para generar y emitir datos de instrucciones dirigidos a uno o más del al menos un dispositivo, generándose las ondas electromagnéticas de superficie en el primer transductor que transporta los datos de instrucciones, y estando adaptado el al menos un dispositivo para recuperar los datos de instrucciones de las ondas electromagnéticas de superficie recibidas por el segundo transductor y reaccionar de acuerdo con los datos de instrucciones. En realizaciones particularmente preferidas, la red es una red de comunicaciones segura.

En algunos casos, el flujo de datos puede ser unidireccional, es decir, desde el controlador al o a los dispositivos, pero en muchos casos puede ser deseable la transferencia de datos bidireccional, por ejemplo, para proporcionar información de retroalimentación del o de los dispositivos a los controladores. Por lo tanto, preferiblemente, el al menos un dispositivo está adaptado, además, para generar y emitir datos de información, estando adaptado el segundo transductor, además, para generar ondas electromagnéticas de superficie que transportan los datos de información, estando adaptado el primer transductor para recibir las ondas electromagnéticas de superficie y estando adaptado el controlador, además, para recuperar los datos de información.

La presente invención también proporciona un método de fabricación de un sistema para transmitir datos y/o energía a través de un componente estructural, comprendiendo el método:

proporcionar un componente estructural formado por una primera y una segunda capas que se adaptan entre sí, comprendiendo la primera capa un material compuesto dieléctrico que tiene una primera y una segunda superficies, y comprendiendo la segunda capa un material conductor que se pone en contacto con la primera superficie de la primera capa, por lo que la reactancia eléctrica de la primera capa está configurada para la propagación de ondas electromagnéticas de superficie a través de ella;

disponer un primer transductor sobre o adyacente a la segunda superficie de la primera capa del componente estructural en una primera ubicación, estando adaptado el primer transductor para generar ondas electromagnéticas de superficie para transportar datos y/o energía a través de la primera capa; y

disponer un segundo transductor sobre o adyacente a la segunda superficie de la primera capa del componente estructural en una segunda ubicación separada de la primera ubicación, estando adaptado el segundo transductor para recibir ondas electromagnéticas de superficie desde la primera capa y para recuperar datos y/o energía de las ondas electromagnéticas de superficie recibidas;

de modo que las ondas electromagnéticas de superficie del primer transductor se transmitan al segundo transductor por la primera capa del componente estructural y en donde:

el material compuesto dieléctrico que forma la primera capa comprende elementos de refuerzo dispuestos en un material de matriz, y la primera capa tiene una región en masa en la que están presentes tanto los elementos de refuerzo como el material de matriz y una primera región de capa exterior que comprende una mayor proporción entre el material de matriz y los elementos de refuerzo que en la región en masa, formando la primera región de capa exterior la primera superficie de la primera capa.

Preferiblemente, proporcionar el componente estructural comprende fabricar un material compuesto dieléctrico para formar la primera capa al disponer los elementos de refuerzo en la matriz y curar la matriz de acuerdo con la forma requerida del componente estructural.

5 Ventajosamente, proporcionar el componente estructural comprende aplicar el material conductor a una superficie del material compuesto dieléctrico para formar la segunda capa. En ejemplos preferidos, la superficie del material compuesto dieléctrico es tratada antes de la aplicación del material conductor para mejorar la adherencia del mismo, preferiblemente mediante la texturización o la aplicación de un aglutinante o recubrimiento adhesivo, lo más preferiblemente mediante arenado. El material conductor puede aplicarse, por ejemplo, mediante pulverización, pulverización térmica (por ejemplo, pulverización de recubrimiento de oxcombustible de alta velocidad (HVOF) o 10 pulverización con llama), pulverización en frío, deposición, laminado, extrusión u otro procedimiento de recubrimiento.

Tal como se explicó anteriormente, el material conductor se aplica a una superficie rica en matriz (resina) del material compuesto dieléctrico, formado por la primera región de capa exterior del compuesto, que contiene una mayor proporción entre la matriz y los elementos de refuerzo que la del compuesto en masa. Preferiblemente, la primera superficie de la primera capa, formada por la primera región de capa exterior, es rica en matriz en comparación con la segunda superficie de la segunda superficie de la primera capa, que puede estar formada por la región en masa o 15 podría tener una segunda región de capa exterior. Lo más preferiblemente, la primera región de capa exterior y/o la segunda región de capa exterior contiene resina solamente.

El método no necesita incluir la fabricación del material compuesto en sí, ya que el sistema se puede readaptar a una estructura que incluye el material compuesto dieléctrico que forma la primera capa aplicando el material conductor a una superficie del material compuesto dieléctrico en la estructura, siendo preferiblemente la estructura al menos parte 20 de un vehículo, aeronave, ala, vela, embarcación o edificio.

El método puede adaptarse para proporcionar al sistema cualquiera de las características explicadas anteriormente.

La invención se define por las reivindicaciones adjuntas. A continuación, se describirán ejemplos de sistemas y métodos de acuerdo con la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

25 La Figura 1(a) muestra un sistema de acuerdo con una primera realización, la Figura 1(b) muestra un detalle ampliado del componente estructural del sistema;  
La Figura 2 muestra un patrón de tejido ejemplo de un material compuesto dieléctrico que puede usarse en la primera realización;  
30 La Figura 3 muestra (a) un ejemplo de una porción de un material compuesto dieléctrico que puede usarse en la primera realización, y (b) el material dieléctrico recubierto con una capa conductora tal como puede usarse en la primera realización;  
La Figura 4 muestra un sistema de acuerdo con una segunda realización; y  
La Figura 5 muestra un sistema de acuerdo con una tercera realización.

35 En la Figura 1, se muestra una primera realización de un sistema 1 para transmitir datos y/o energía a través de un componente estructural 2. El componente estructural 2 comprende una primera capa 3 de un material compuesto dieléctrico y una segunda capa 6 de un material conductor. Las dos capas se adaptan entre sí de manera que ambas siguen los mismos contornos: en este ejemplo, para mayor claridad, el componente estructural 2 se representa como plano, pero este no suele ser el caso. Por ejemplo, el componente estructural puede formar parte de una pared, ala, vela, aeronave, vehículo, etc., y por lo tanto, puede ser curvo o seguir uno o más ángulos, o puede tener una forma 40 más compleja. La capa conductora 6 se aplica, preferiblemente, a la capa compuesta 3 como es el caso aquí, por ejemplo, por pulverización u otro método de recubrimiento.

En combinación, las propiedades eléctricas de la capa compuesta dieléctrica 3 y la capa conductora 6 se seleccionan de manera que el conjunto soporte la propagación de ondas EM de superficie a través de la capa conductora 3 tal como se describe en el documento de EE. UU. n.º US2013/0064311. Por lo tanto, la reactancia de superficie de la 45 interfaz que soporta la propagación de la onda EM está preferiblemente entre 50 y 1000 ohmios. La Figura 1 representa la superficie superior 3b de la capa compuesta 3 (es decir, la superficie opuesta a la que lleva el material conductor 6) como formando la interfaz a lo largo de la cual se propaga la onda EM, como puede ser el caso en algunas implementaciones. En otros casos, la onda EM puede propagarse a lo largo de una interfaz interna al compuesto 3 como se describirá más adelante.

50 Un primer transductor 7 y un segundo transductor 8 están dispuestos sobre o cerca de la superficie 3b del material compuesto. El primer transductor 7 está configurado para generar y emitir ondas EM W que transportan datos y/o energía. El segundo transductor 8 está configurado para recibir las ondas W que han sido transmitidas por el componente estructural 2 y recuperar los datos transportados y/o la energía. Los transductores 7, 8 pueden presentar cualquiera de las formas descritas en el documento de EE. UU. n.º US2013/0064311 o pueden comprender antenas 55 tales como antenas monopolo, antenas dipolo, etc. Los transductores no necesitan estar en contacto con la superficie 3b, pero deben estar dispuestos preferiblemente dentro de los 10 mm, preferiblemente dentro de los 5 mm de su superficie.

La Figura 1(b) muestra una parte ampliada del componente estructural 2 de acuerdo con un ejemplo preferido. La

capa compuesta 3 comprende elementos de refuerzo 4, aquí en forma de fibras, dispuestos en una matriz o aglutinante 5. En este ejemplo, las fibras incluyen fibras dispuestas ortogonalmente que están entretejidas para formar una estructura de estera de la cual se muestra una sección transversal. Durante la fabricación, el material se calienta para hacer que la matriz 5 (que es típicamente polimérica) fluya y encapsule las fibras 4, lo que lleva a la formación de una primera región de capa exterior 3c que comprende solo matriz, o al menos una mayor proporción entre matriz y fibras de refuerzo que el resto del compuesto, distinto del compuesto en masa en la región 3d. (Cuando los elementos de refuerzo son fibras, la región de capa exterior típicamente comprenderá solo material de matriz, mientras que si los elementos son partículas, algunos pueden estar presentes en la región de capa exterior pero en una proporción menor que en la región en masa). Por lo tanto, la superficie 3a del compuesto 3 puede describirse como una superficie rica en matriz (o rica en resina) del compuesto. Es preferible aplicar la capa conductora 6 a esta superficie en lugar de la superficie opuesta 3b. Tal como se muestra en la Figura 1(b) en el presente ejemplo, esta superficie 3b está formada por la región en masa 3d de la capa 3 y, por lo tanto, es menos lisa que la superficie rica en resina 3a y, como tal, puede dañarse en el procedimiento de recubrimiento. La aplicación del material conductor sobre la superficie rica en resina 3a también mejora la adherencia del material conductor debido a la naturaleza relativamente lisa de esta superficie.

En realizaciones que tienen una región de capa exterior de matriz 3c, las ondas EM de superficie pueden propagarse a través de la interfaz entre la región de matriz 3c y la región 3d del material compuesto en masa. Como tal, puede ajustarse el grosor  $t_1$  de la región de capa exterior 3c para obtener las propiedades eléctricas deseadas y esto puede lograrse mediante el ajuste apropiado a la composición del material compuesto y los parámetros bajo los cuales se cura. En ejemplos preferidos, el grosor  $t_1$  de la región de capa exterior puede estar en el intervalo de 5 % a 10 % del grosor de la capa compuesta 3. Por ejemplo, en el caso de una capa de 1,5 mm de fibra de carbono tejida/material epoxi, la capa exterior puede tener un grosor de alrededor de 0,1 mm. El grosor de la capa exterior 3c es preferiblemente mayor que el grosor medio (promedio) de los elementos de refuerzo 3 (por ejemplo, el ancho o diámetro del elemento tomado a través de una sección transversal del elemento perpendicular a su dirección larga, donde el elemento es alargado, por ejemplo, como en el caso de un elemento de tipo de fibra). Más preferiblemente, el grosor de la primera región de capa exterior es al menos el doble de esta dimensión media de los elementos de refuerzo, aún preferiblemente al menos 10 veces la dimensión media. Por ejemplo, en el ejemplo anterior, el grosor medio de las fibras de refuerzo 4 está preferiblemente entre 0,25 mm y 1 mm (siendo este último preferiblemente un tejido bidireccional). De manera más general, los elementos de refuerzo pueden tener típicamente dimensiones en el orden de nanómetros a milímetros. Por ejemplo, las nanofibras adecuadas pueden tener al menos una dimensión de 100 nm o menos. Un ejemplo de una nanofibra usada en materiales compuestos es la nanofibra de polisulfona con un diámetro promedio de 230 nm. Sin embargo, los elementos de refuerzo podrían tener dimensiones de hasta 5 mm en algunos ejemplos. Los elementos de refuerzo también pueden incluir nanorrelenos, tales como nanofibras de carbono y nanotubos de carbono, y típicamente se encontrarán en el mismo intervalo de dimensiones. Donde esté presente, el grosor  $t_1$  de la capa exterior será mayor que el grosor  $t_2$  de cualquier material de matriz que recubre las fibras 4 en la superficie opuesta del compuesto 3, suponiendo que esta superficie esté formada por la región en masa 3d.

En otros casos, se puede formar una región de capa exterior en ambas superficies de la primera capa. Al igual que la primera región de capa exterior 3c, la segunda región de capa exterior (no mostrada) que forma la segunda superficie 3b de la capa tendrá una mayor proporción entre la matriz y el elemento de refuerzo que la región mayor 3d de la capa, pero esta proporción puede ser la misma o diferente que la primera región de capa exterior 3c.

Existen muchas técnicas diferentes para fabricar compuestos estructurales, y cada una de estas técnicas puede modificarse para producir el componente de compuesto (primera capa 3) en las realizaciones de la presente invención, para proporcionar una o más regiones de capa exterior (tales como 3c) y, por lo tanto, superficies ricas en resina. A continuación, se proporciona una lista no exhaustiva de técnicas de fabricación adecuadas y de modificaciones aplicables:

Moldeo abierto: normalmente existe una capa superficial rica en resina sobre la superficie de compuesto formada en contacto con el molde, donde se puede colocar un recubrimiento de material de resina antes de la colocación si no se produce suficiente resina para formar una superficie rica en resina durante el procesamiento normal. Se puede formar una capa de superficie rica en resina sobre una superficie rugosa o seca sin molde agregando capas superiores adicionales de resina, ya sea mediante aplicación con brocha (u otro) o como una capa adhesiva de película de material de matriz.

Infusión al vacío: normalmente, existe una capa de superficie rica en resina en la superficie de compuesto formada en contacto con el molde. Se puede aplicar resina adicional después de que el material compuesto se haya retirado del molde, ya sea mediante una película adhesiva, fundiéndose directamente sobre cualquier superficie de compuesto, o mediante otros métodos conocidos (por ejemplo, brocha, pulverizador, etc.). Este método de fabricación es preferible debido a las construcciones de compuesto bien consolidadas y de bajo contenido de aire que se pueden producir, incluso con altos niveles de refuerzo.

Moldeo por transferencia de resina: generalmente, se formará una superficie rica en resina sobre la superficie del compuesto en contacto con el molde inferior. El control del contenido de resina y el movimiento regular del molde durante el curado pueden permitir la formación de superficies uniformes ricas en resina, si es necesario, con cierta dependencia también del acabado del molde en sí. Se pueden proporcionar capas de resina depositadas

adicionales usando películas, pulverización, brocha, etc.

5 Moldeo de preimpregnados por bolsa de vacío: el tejido *bleeder* usado para absorber la resina adicional durante el procesamiento se puede modificar para reducir la absorción y dejar resina adicional en la superficie del laminado procesado. Los adhesivos de película se pueden colocar en cualquier lado seco o áspero, donde sea necesario, y puede colocarse resina adicional en cualquier superficie del compuesto a través de los métodos mencionados anteriormente.

Moldeo a presión de preimpregnados: se puede usar la rotación o el giro del molde para modificar las superficies ricas en resina, de forma similar al moldeo por transferencia de resina.

10 Moldeo por compresión del compuesto de moldeo en láminas (SMC, por sus siglas en inglés): el SMC es similar al preimpregnado, pero está compuesto de diferentes materiales, generalmente poliéster y fibras de vidrio trituradas. El procesamiento es similar a los preimpregnados, pero los moldes para SMC están diseñados para permitir que el aire escape y el material de matriz/resina fluya fácilmente, lo que permite la formación de superficies ricas en resina en todas las superficies del compuesto.

15 Pultrusión: la cantidad de material de resina impregnada dentro de las fibras se puede ajustar para proporcionar una capa de superficie exterior saturada, dando superficies ricas en resina donde sea necesario.

20 Bobinado de filamentos: se puede agregar resina adicional en la etapa de bobinado final para formar una superficie rica en resina. En los últimos tiempos, se han usado bobinadoras portátiles de filamentos para fortalecer pilares de apoyo de los puentes. La adición de material de resina/matriz proporcionará una mayor protección contra los rayos UV, pero también mejorará el acabado de la superficie permitiendo que se incorporen medidores de deformación. Estos podrían usarse junto con ondas de superficie para que los sensores actúen como un colector sobre toda la estructura.

Moldeo por centrifugación: se puede agregar resina adicional para garantizar que las fuerzas centrífugas distribuyan suficiente resina a las superficies externas del compuesto con el fin de formar superficies ricas en resina.

25 Laminado continuo: al agregar un adhesivo en película compatible con la matriz a ambos lados de la lámina, se obtendrá una superficie lisa y brillante que se puede adherir a otros materiales.

30 En todos los casos anteriores, es altamente preferible que las resinas o las películas adicionales se correspondan con el material de la matriz de la región en masa para asegurar que se logren las propiedades estructurales requeridas, aunque en algunos casos, puede ser posible adaptar la o las superficies ricas en resina a materiales especialmente adaptados para mejorar la transmisión de ondas de superficie. Cabe señalar que se puede añadir resina adicional en varios momentos durante los procesos de fabricación, incluido el curado previo, durante algunos procesos de curado y posterior al curado, con posibles trayectos de curado adicionales del material añadido, de ser necesario, o se puede dejar relativamente sin curar si debe usarse la resina añadida en procesos de unión de capas metálicas. Generalmente, la resina adicional puede aplicarse con brocha, pulverizador, como una película o puede depositarse usando métodos conocidos en la mayoría de las construcciones de compuestos.

40 En un ejemplo particularmente preferido, los elementos de refuerzo 4 son fibra de carbono tejida, la matriz 5 es una resina epoxídica y la capa conductora 6 es un metal o aleación, preferiblemente aluminio. Por lo tanto, en un caso ejemplo, la capa 3 es un laminado impregnado con epoxi de fibra de carbono tejida curado usando una prensa multi-Daylight, con un recubrimiento de aluminio 6. El laminado puede recubrirse con aluminio hasta un grosor dado en una cara usando un proceso de pulverización térmica, tal como HVOF, pulverización con llama, pulverización en frío o cualquier otro proceso de recubrimiento. Este compuesto es una estera de fibra de carbono tejida que ha sido impregnada con epoxi.

**Ejemplo práctico**

45 El componente estructural 2 del sistema que se muestra en la Figura 1 se puede producir de la siguiente manera. Se hizo un sustrato de fibra de carbono usando un preimpregnado suministrado por Amber Composites/Tencate Advanced Composites. Se trató de un tejido de fibra de carbono HS0838 en un tejido de sarga de 2x2 con las siguientes propiedades:

50 Fibra de carbono de 205 g/m<sup>2</sup> con un tejido de sarga de 2/2 con un ancho de diámetro de núcleo de 15,24 cm (6 pulgadas) de 1000 mm; el grosor de la fibra puede estar en el intervalo de 0,25 mm a 1 mm (último tejido bidireccional)

Urdimbre TR30S T Resistencia de 4410 MPa Módulo 235GPa Fibra 3K al 1,20 % de tamaño, sin trenzar

Urdimbre TR30S T 4410 Resistencia MPa Módulo 235GPa Fibra 3K al 1,20 % de tamaño, sin trenzar

Este tejido de fibra de carbono proporciona un excelente aspecto estético, es altamente moldeable y más resistente

que el tejido liso, por lo que es muy adecuado para aplicaciones estructurales. La Figura 2 muestra el patrón de tejido de los preimpregnados de fibra de carbono usados para hacer el laminado 3 en este ejemplo. Este es un tejido de sarga de 2x2, donde se cruzan dos hilos de urdimbre cada dos hilos de trama para dar el patrón característico que se muestra. Esto proporciona un preimpregnado con excelente capacidad de caída, útil para producir una amplia variedad de formas estructurales.

Se usó un preimpregnado de epoxi E722 modificado curado a temperatura media como resina de preimpregnación junto con el tejido de fibra de carbono para producir un laminado acabado. El E722 se cura a 120 °C y está diseñado para aplicaciones estructurales en las industrias automotriz y naviera. El E722 también es adecuado para accesorios generales de aeronaves y equipamiento deportivo. Se suministra ya impregnado en la tela.

Estas son las propiedades típicas del sistema de preimpregnados.

- Excelente capacidad de caída
- Buen acabado de superficie
- Nivel de pegajosidad medio, de fácil laminado
- Bajos niveles de volátiles
- Puede esterilizarse en autoclave, envasarse al vacío y curarse en prensa

Propiedades típicas de la resina:

- Densidad de 1,21 g/cm<sup>3</sup> a 23 °C
- Temperatura de transición vítrea (T<sub>g</sub>) después de una hora: 120 °C

Propiedades típicas del laminado (después del curado):

- Resistencia a la tracción (urdimbre) 595 MPa
- Módulo de tracción (urdimbre) 56,1 GPa
- Resistencia a la tracción (trama) 580 MPa
- Módulo de tracción (trama) 52,4 GPa

Luego, se recubrió el laminado, de un grosor ejemplo de 1,5 mm, con aluminio sobre la superficie rica en resina. Esta suele ser la superficie decorativa que es brillante. Se aplicó el aluminio usando una técnica de pulverización con llama, que es bien conocida en la técnica, aunque se pueden usar otros métodos de recubrimiento. Dicha capa 6 se puede colocar directamente sobre el compuesto 3 o usando una capa adhesiva adecuada. La superficie 3a del compuesto puede tratarse alternativa o adicionalmente, por ejemplo, por arenado para mejorar la adherencia. El grosor típico del recubrimiento es de 100 micrones (0,1 mm). La Figura 3(a) muestra la capa de laminado del compuesto curado, no revestido, y la Figura 3(b) muestra una placa del mismo material 3 que ha sido parcialmente revestida con el material conductor 6.

Se probaron las muestras usando un sistema para recibir y transmitir señales de vídeo de alta definición, de acuerdo con el documento de EE. UU. n.º US 2013/0064311 y como se muestra en la Figura 1, mediante el cual las señales se transmitieron con éxito a través de las muestras.

Un sistema de acuerdo con la invención puede consistir en transductores de emisión/recepción 7, 8 en contacto con el sustrato compuesto o mantenidos a una corta distancia (hasta alrededor de 4 mm). Los transductores pueden incluso integrarse en el sustrato o incluso imprimirse en él usando técnicas conocidas.

Además de la técnica de fabricación del sustrato que se muestra, es posible usar otros métodos de construcción de compuestos, siempre que las propiedades dieléctricas del compuesto 3 y la disposición de la capa conductora 6 sean adecuadas. El sustrato puede ser un laminado sólido único, puede dividirse con espacios limitados entre los cuales aún puede ser saltado por la onda electromagnética W, y puede perforarse y mecanizarse sin degradar apreciablemente la señal.

La Figura 4 muestra una segunda realización de un sistema que usa un componente estructural 2 tal como se describe en relación con la primera realización, con una capa de compuesto dieléctrico 3 y una capa conductora 6 subyacente cuya presencia se indica esquemáticamente por el contorno identificado con el número de referencia 6. En la práctica, aunque en algunos casos será preferible, la capa conductora 6 no necesita proporcionarse sobre toda el área de la capa compuesta 3 y este es el caso del presente ejemplo. En este caso, el material conductor 6 solo se proporciona en las áreas identificadas con los números de referencia 10, 11 y 12. Debe recordarse que a pesar de que estas áreas se muestran en la superficie superior del compuesto 3, en realidad, el material conductor está en la parte inferior. En este ejemplo, se proporcionan cinco transductores 7a, 7b, 8a, 8b, 8c. Los trayectos conductores 10 y 11 unen el transductor 7a a los transductores 8a y 8b mientras que el trayecto conductor 12 separado une el transductor 7b al transductor 8c. Por lo tanto, las ondas EM transmitidas entre los transductores 7a, 8a y 8b no interferirán con las transmitidas entre los transductores 7b y 8c porque donde el material conductor 6 no está presente, el componente estructural 2 no puede soportar la propagación de las ondas EM de superficie.

Los diversos transductores suelen formar parte de unidades tales como dispositivos y/o controladores. Por ejemplo,

el transductor 7a puede formar parte de un controlador adaptado para controlar dos dispositivos que comprenden los transductores 8a y 8b, respectivamente. Cada dispositivo puede comprender una unidad sensora, una unidad de accionamiento, un procesador, un teléfono, un ordenador, etc. El controlador puede, a través del transductor 7a, emitir ondas EM que transportan señales de datos que incluyen información de control o instrucciones para el funcionamiento de los dispositivos. Cada instrucción puede incluir información de dirección para que los dispositivos puedan identificar qué dispositivo es el destinatario previsto, como es bien sabido en los sistemas en red. Los transductores 8a y 8b reciben las ondas EM que transportan los datos y desmodulan las ondas recibidas para recuperar los datos tal como se enseña en el documento de EE. UU. n.º US2013/0064311. Los transductores 8a y 8b también pueden retransmitir datos al transductor 7a de la misma manera. Debe apreciarse que el sistema de comunicaciones puede usarse para transmitir diversos tipos de señales sin impedimentos, y puede usarse para fines de accionamiento y monitoreo del estado estructural, así como simplemente una guía de ondas de datos.

La Figura 5 muestra una tercera realización de un sistema que comprende, además, una celda de combustible incorporada en la estructura que está configurada para generar energía que puede ser usada por los transductores. El documento WO2007/036705 describe técnicas para incorporar celdas de combustible dentro de estructuras laminadas compuestas, empleando materiales de núcleo tales como panal de abeja, espumas o materiales de tejido abierto en 3D para el flujo de fluido a través de la estructura.

En el ejemplo que se muestra, el componente estructural 2 ya descrito anteriormente forma una de dos capas exteriores que intercalan un núcleo 23 que se divide en el primer material de núcleo y el segundo material de núcleo 23a y 23b. Por lo tanto, la capa más externa de la estructura comprende una capa de compuesto dieléctrico 3 tal como se describió previamente y proporciona una capa conductora 6 en su superficie interior. Una capa intermedia 28 impermeable a los fluidos está situada en la interfaz entre los dos materiales del núcleo. El primer material de núcleo y el segundo material de núcleo 23a y 23b se representan en la presente memoria como hechos en panal de abeja, que se ha perforado para permitir el flujo de fluidos entre ciertas celdas. Sin embargo, debe apreciarse que podría emplearse cualquier material de núcleo adecuado que tenga la capacidad (inherente o no) de transferir fluidos a través de él y soportar la estructura del compuesto.

Un conjunto de electrodo de membrana (MEA, por sus siglas en inglés) 25 está dispuesto en la interfaz entre los dos materiales de núcleo 23a y 23b en una región a la que la capa intermedia 28 no se extiende, en este caso una abertura en la capa intermedia 28. La capa intermedia 28 se considera parte del núcleo 23 y, como tal, se dice que el MEA 25 está incorporado en el núcleo 23. En este contexto, el término "incorporado" significa que el MEA se fija en el núcleo 23, tal como lo demuestran los ejemplos descritos en la presente memoria. Por lo tanto, en general, el MEA está completamente rodeado por el núcleo (es decir, esa parte de la estructura entre las capas exteriores 21), aunque el núcleo puede comprender dos o más componentes. El MEA 25 comprende una membrana electrolítica 22, un ánodo 24 y un cátodo 26, tal como se muestra en la Figura 3a. Los colectores de corriente 27a y 27b conectan el ánodo 24 y el cátodo 26, respectivamente, a un circuito eléctrico (no mostrado) que preferiblemente incluye al menos un transductor, tal como se describió anteriormente. En la práctica, es conveniente proporcionar colectores de corriente 27a y 27b como cables o pistas conductoras en la capa intermedia 28, en lugar de pasarlos inmediatamente a través del núcleo y los materiales de capa exterior, tal como se muestra. Sin embargo, si los componentes que van a ser alimentados por la celda de combustible están dispuestos en o cerca de la parte exterior de la estructura (por ejemplo, en la capa exterior 21), puede ser preferible conducir el colector de corriente hacia afuera directamente, tal como se muestra, para reducir cantidad de cableado requerida.

Se apreciará que cualquier tipo conocido de celda de combustible, por ejemplo PEMFC, DMFC o SOFC, puede incorporarse a una estructura compuesta de esta manera.

Un primer fluido A, generalmente un combustible como el hidrógeno, está dispuesto para pasar a través del primer material de núcleo 23a para llegar al ánodo 24. Esto puede lograrse, por ejemplo, bombeando el fluido a través del material o aplicando presión a la fuente de fluido. Se pueden usar cilindros o recipientes a presión para almacenar el combustible y/o fluidos reactivos (por ejemplo, hidrógeno y oxígeno, respectivamente) a distancia desde el material del núcleo en donde la presión es controlada por un regulador y los fluidos se alimentan al material del núcleo a través de piezas insertas. Alternativamente, puede almacenarse de esta manera el fluido de combustible y puede obtenerse un oxidante, por ejemplo, aire, directamente de la atmósfera circundante. Además, el material del núcleo en sí mismo puede formar una estructura de almacenamiento, tal como un pozo para uno o más de los fluidos, que se mantienen bajo presión a través del regulador de un recipiente de almacenamiento externo de fluidos, lo que proporciona un suministro de fluidos mejor regulado al MEA (en lugar de conectar directamente el recipiente de almacenamiento externo de fluidos de combustible a los canales que suministran el MEA). Puede haber ocasiones en las que se considere el almacenamiento de fluidos localizado de manera que un MEA pueda ser provisto con un suministro discreto de combustible y/o fluido reactivo. En este caso, el o los fluidos podrían almacenarse dentro de la propia estructura de compuesto y liberarse al MEA cuando sea necesario, sin necesidad de un recipiente de almacenamiento externo. Podría emplearse cualquier combinación de estas técnicas para que se adapten a la aplicación.

De manera similar, se transporta un segundo fluido B, usualmente un oxidante u otro reactivo tal como un agente de reducción, a través del segundo material del núcleo 23b al cátodo 26. El transporte del segundo fluido B puede efectuarse usando la misma técnica que para el fluido A, o pueden preferirse medios alternativos. Este puede ser especialmente el caso donde un fluido es un gas y el otro, un líquido.

- 5 Los fluidos A y B reaccionan en sus respectivos electrodos, y se establece una corriente eléctrica en el circuito al que están conectados los colectores de corriente 27a, 27b. Los colectores de corriente 27a, 27b pueden proporcionarse en forma de malla, alambre o pistas conductoras, ya sea fijas, unidas o pulverizadas sobre la capa intermedia 28. Los patrones complejos de pistas conductoras, semiconductoras o aislantes se pueden aplicar en dos o tres dimensiones, lo que permite realizar múltiples tareas.
- Se puede proporcionar un drenaje 29 para permitir que los productos de reacción, tal como el agua, salgan de la estructura. Dependiendo del material del núcleo seleccionado, puede ser necesario proporcionar un canal de flujo en el material para dirigir el agua desde el cátodo 26 al drenaje 29.
- 10 El o los materiales de núcleo 23 pueden ser de panal de abeja, espuma, tejido de punto abierto o cualquier tela tridimensional equivalente que proporcione los requisitos de rendimiento mecánico necesarios exigidos por la aplicación de uso final de la estructura del compuesto, y proporcionar un mecanismo de transferencia de fluidos a través del cual pueden entregarse gases y/o líquidos a la celda de combustible incorporada.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema para transmitir datos y/o energía a través de un componente estructural, que comprende:

un componente estructural (2) formado por una primera y una segunda capas (3, 6) que se adaptan entre sí, comprendiendo la primera capa (3) un material compuesto dieléctrico que tiene una primera y una segunda superficies (3a, 3b), y comprendiendo la segunda capa (6) un material conductor que se pone en contacto con la primera superficie (3a) de la primera capa (3), por lo que la reactancia eléctrica de la primera capa (3) está configurada para la propagación de ondas electromagnéticas de superficie a través de ella;

un primer transductor (7, 7a, 7b) sobre o adyacente a la segunda superficie (3b) de la primera capa (3) del componente estructural (2) en una primera ubicación, estando adaptado el primer transductor (7, 7a, 7b) para generar ondas electromagnéticas de superficie para transportar datos y/o energía a través de la primera capa (3); y

un segundo transductor (8, 8a, 8b, 8c) sobre o adyacente a la segunda superficie (3b) de la primera capa (3) del componente estructural (2) en una segunda ubicación separada de la primera ubicación, estando adaptado el segundo transductor (8, 8a, 8b, 8c) para recibir ondas electromagnéticas de superficie desde la primera capa (3) y para recuperar datos y/o energía de las ondas electromagnéticas de superficie recibidas;

por lo cual las ondas electromagnéticas de superficie se transmiten desde el primer transductor (7, 7a, 7b) al segundo transductor (8, 8a, 8b, 8c) por la primera capa (3) del componente estructural (2), y en donde:

el material compuesto dieléctrico que forma la primera capa (3) comprende elementos de refuerzo (4) dispuestos en un material de matriz (5), y la primera capa (3) tiene una región gruesa (3d) en la que están presentes tanto los elementos de refuerzo (4) como el material de matriz (5) y una primera región de capa exterior (3c) que comprende una mayor proporción entre el material de matriz (5) y los elementos de refuerzo (4) que en la región gruesa (3d), formando la primera región de capa exterior (3c) la primera superficie (3a) de la primera capa (3).

2. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el material compuesto dieléctrico comprende un polímero reforzado con fibra de carbono, en donde preferiblemente el polímero comprende una resina termoestable, lo más preferiblemente, una resina epoxídica.

3. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde los elementos de refuerzo (4) son fibras y están dispuestos en al menos dos orientaciones diferentes dentro de la primera capa (3); y preferiblemente en donde:

las fibras están entrelazadas entre sí para formar una estructura de estera, preferiblemente en un tejido de sarga, lo más preferiblemente en un tejido de sarga de 2x2; o bien

la primera capa (3) comprende una pluralidad de subcapas, estando orientadas las fibras dentro de cada subcapa en paralelo entre sí para definir la dirección de las fibras de la subcapa y siendo diferente la dirección de las fibras de al menos dos de la pluralidad de subcapas, lo más preferiblemente ortogonal.

4. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la primera capa (3) comprende una pluralidad de subcapas, siendo diferente la composición de al menos dos de las subcapas, preferiblemente en términos de la composición de los elementos de refuerzo (4) y/o del material de matriz (5).

5. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde:

la segunda superficie (3b) de la primera capa (3) está formada por la región gruesa (3d) de la primera capa (3); o bien

la primera capa (3) comprende, además, una segunda región de capa exterior (3c) que comprende una mayor proporción entre el material de matriz (5) y los elementos de refuerzo (4) que en la región gruesa (3d), formando la segunda región de capa exterior (3c) la segunda superficie (3b) de la primera capa (3).

6. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la primera y/o segunda región de capa exterior (3c) comprende sustancialmente 100 % de material de matriz (5) y los elementos de refuerzo (4) están sustancial o completamente ausentes.

7. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la primera región de capa exterior (3c) tiene un grosor de entre 5 % y 10 % del grosor de la primera capa (3); y/o en donde la primera región de capa exterior (3a) tiene un grosor mayor que el grosor medio de los elementos de refuerzo (4), preferiblemente al menos dos veces el espesor medio de los elementos de refuerzo (4), más preferiblemente al menos 10 veces el grosor medio de los elementos de refuerzo (4).

8. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la segunda capa (6) está dispuesta de forma discontinua a través del área de la primera capa (3), estando presente la segunda capa (6) a lo largo de al menos un trayecto continuo entre el primer transductor (7, 7a, 7b) y el segundo transductor (8, 8a, 8b, 8c), y comprendiendo preferiblemente, además, uno o más transductores adicionales (8a, 8b, 8c) adaptados para la generación y/o recepción de ondas electromagnéticas de superficie a través de la primera capa (3) del componente estructural (2), estando la segunda capa (6) dispuesta a lo largo de una pluralidad de trayectos continuos (10, 11, 12), cada uno de los cuales une al menos dos de los transductores (7a, 7b, 8a, 8b, 8c), y en donde preferiblemente al menos dos de los trayectos no se contactan entre sí.
9. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende, además, uno o más transductores adicionales (7, 7a, 7b, 8, 8a, 8b, 8c) adaptados para generar y/o recibir ondas electromagnéticas de superficie a través de la primera capa (3) del componente estructural (2), y preferiblemente en donde al menos algunos de los transductores (7, 7a, 7b, 8, 8a, 8b, 8c) están adaptados para transmitir y/o recibir ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias entre sí.
10. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el primer y/o segundo transductor (7, 7a, 7b, 8, 8a, 8b, 8c) está integrado en la primera capa (3) del componente estructural (2), o en donde el primer y/o segundo transductor (7, 7a, 7b, 8, 8a, 8b, 8c) está impreso en la segunda superficie (3b) de la primera capa (3).
11. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la primera capa (3) forma parte de una estructura laminada compuesta que tiene una celda de combustible incorporada en la misma, comprendiendo la estructura laminada compuesta, además, un material de núcleo (23a, 23b) dentro del cual está incrustada la celda de combustible, comprendiendo la celda de combustible una membrana electrolítica (22) que tiene una primera y una segunda caras, y un primer y un segundo electrodos (24, 26) dispuestos adyacentes a las caras respectivas de la membrana electrolítica (22), pudiéndose conectar el primer y el segundo electrodos (24, 26) a un circuito eléctrico, en donde el material de núcleo (23a, 23b) proporciona soporte a la celda de combustible incrustada en el mismo y en comunicación de fluidos a través del material de núcleo, para permitir el paso de uno o más fluidos al primer y segundo electrodos (24, 26), y preferiblemente en donde el circuito eléctrico incluye el primer y/o el segundo transductor (7, 7a, 7b, 8, 8a, 8b, 8c).
12. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la primera capa (3) es auto-soportante para mantener la forma del componente estructural (2).
13. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el componente estructural (2) es al menos parte de una pared de un vehículo, aeronave, ala, vela, embarcación o edificio, formando la primera capa (3) del componente estructural preferiblemente capa exterior del vehículo, aeronave, embarcación o edificio, estando dispuesta la segunda capa (6) en el interior.
14. Un método de fabricación de un sistema para transmitir datos y/o energía a través de un componente estructural, comprendiendo el método:
- proporcionar un componente estructural (2) formado por una primera y una segunda capas (3, 6) que se adaptan entre sí, comprendiendo la primera capa (3) un material compuesto dieléctrico que tiene una primera y una segunda superficies (3a, 3b), y comprendiendo la segunda capa (6) un material conductor que se pone en contacto con la primera superficie (3a) de la primera capa (3), por lo que la reactancia eléctrica de la primera capa (3) se configura para la propagación de ondas electromagnéticas de superficie a través de ella;
- disponer un primer transductor (7, 7a, 7b) sobre o adyacente a la segunda superficie (3b) de la primera capa (3) del componente estructural (2) en una primera ubicación, estando adaptado el primer transductor (7, 7a, 7b) para generar ondas electromagnéticas de superficie para transportar datos y/o energía a través de la primera capa (3); y
- disponer un segundo transductor (8, 8a, 8b, 8c) sobre o adyacente a la segunda superficie (3b) de la primera capa (3) del componente estructural (2) en una segunda ubicación separada de la primera ubicación, estando adaptado el segundo transductor (8, 8a, 8b, 8c) para recibir ondas electromagnéticas de superficie desde la primera capa (3) y para recuperar datos y/o energía de las ondas electromagnéticas de superficie recibidas;
- de modo que las ondas electromagnéticas de superficie se transmiten desde el primer transductor (7, 7a, 7b) al segundo transductor (8, 8a, 8b, 8c) por la primera capa (3) del componente estructural (2), y en donde:
- el material compuesto dieléctrico que forma la primera capa (3) comprende elementos de refuerzo (4) dispuestos en un material de matriz (5), y la primera capa (3) tiene una región gruesa (3d) en la que están presentes tanto los elementos de refuerzo (4) como el material de matriz (5) y una primera región de capa exterior (3c) que comprende una mayor proporción entre el material de matriz (5) y los elementos de refuerzo (4) que en la región gruesa (3d), formando la primera región de capa exterior (3c) la primera superficie (3a) de la primera capa (3).

**15.** Un método de acuerdo con la reivindicación 14, en donde el sistema se readapta a una estructura que incluye el material compuesto dieléctrico que forma la primera capa (3) aplicando el material conductor a una superficie del material compuesto dieléctrico en la estructura, siendo preferiblemente la estructura al menos una parte de un vehículo, aeronave, ala, vela, embarcación o edificio.

Fig. 1(a)

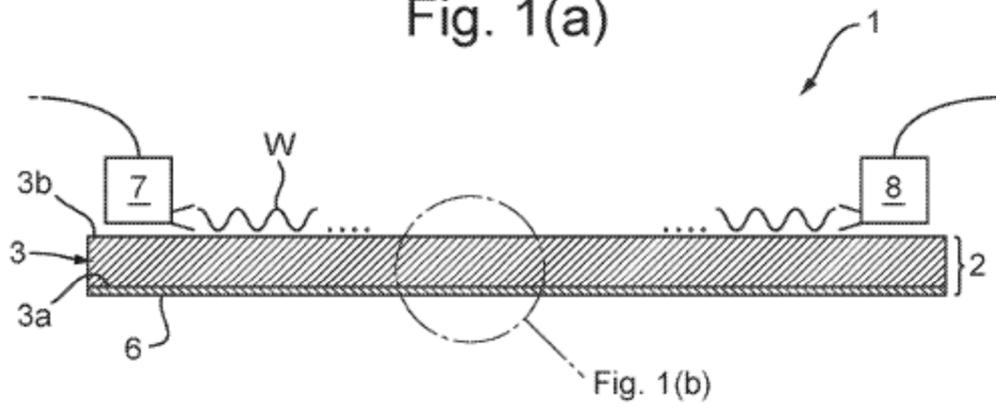


Fig. 1(b)

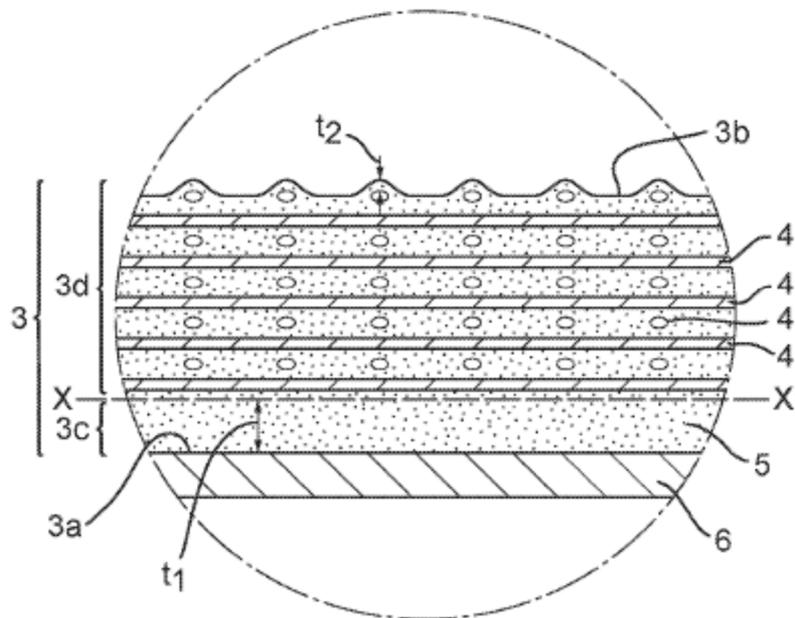


Fig. 2

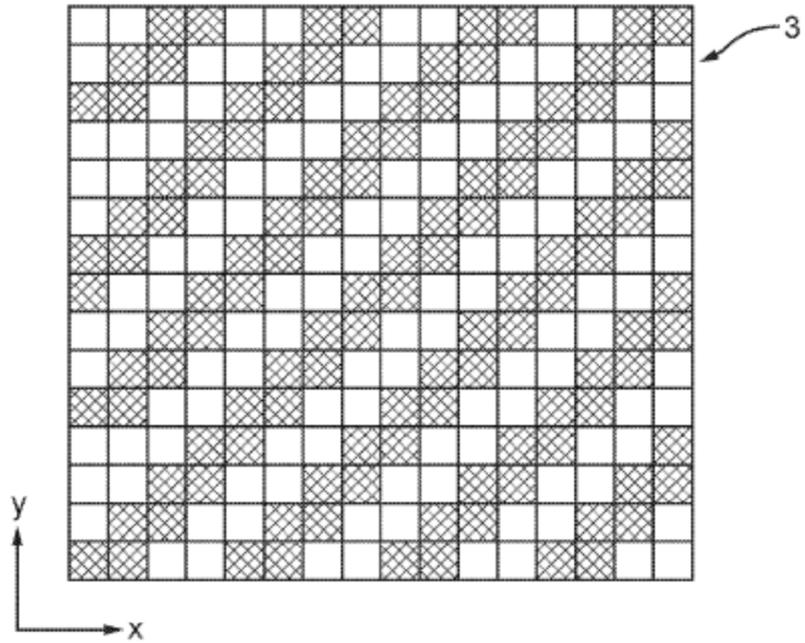


Fig. 3(a)

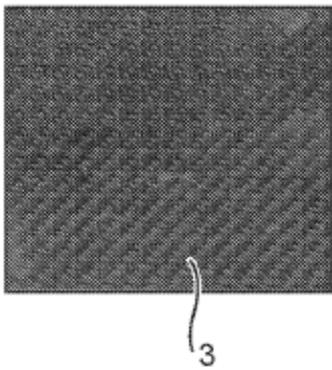


Fig. 3(b)

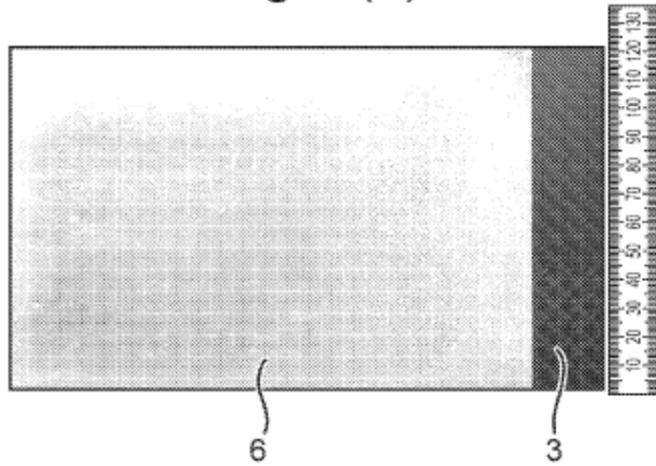


Fig. 4

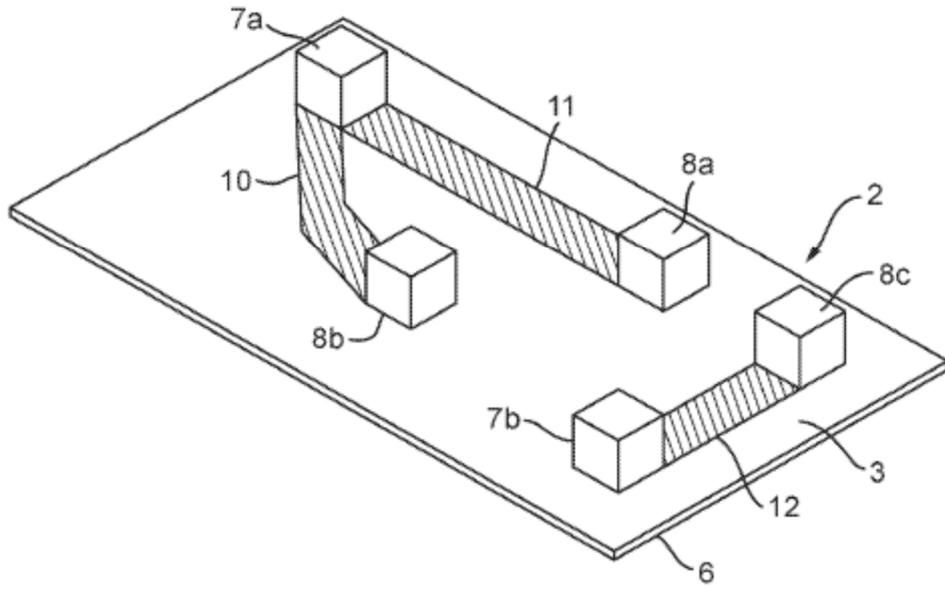


Fig. 5

