

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 969 452**

51 Int. Cl.:

G01N 22/00 (2006.01)

A61B 5/0507 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.04.2019** **PCT/IB2019/053074**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.10.2019** **WO19202464**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.04.2019** **E 19724928 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.11.2023** **EP 3781932**

54 Título: **Dispositivo para la medición de microondas de una discontinuidad dieléctrica de un material**

30 Prioridad:

17.04.2018 IT 201800004591

10.07.2018 IT 201800007063

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.05.2024

73 Titular/es:

UBT S.R.L. (100.0%)

Via Santa Maria della Spina 25, Frazione

Rivotorto

06081 Assisi (PG), IT

72 Inventor/es:

RASPA, GIOVANNI y

TIBERI, GIANLUIGI

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 969 452 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

Dispositivo para la medición de microondas de una discontinuidad dieléctrica de un material

Campo técnico de la invención

La presente invención se refiere al campo técnico de los aparatos de detección electromagnética.

- 5 En particular, la presente invención se refiere a un dispositivo para medición de microondas, especialmente adecuado para controlar la homogeneidad dieléctrica de objetos o partes del cuerpo humano.

El dispositivo permite además obtener imágenes representativas de un mapa de dicha homogeneidad dieléctrica.

Técnica anterior

- 10 El control de la homogeneidad dieléctrica de los objetos representa, en el ámbito de las actividades productivas, un aspecto ligado al control de calidad de las piezas semiacabadas y de los productos acabados.

En el ámbito médico, el control de la homogeneidad dieléctrica está relacionado, por ejemplo, con el diagnóstico de cánceres, la clasificación de accidentes cerebrovasculares y el análisis óseo.

Es conocida la utilización de técnicas ópticas con el objetivo de realizar un procesamiento de imágenes de un material cuyas propiedades se quieren estudiar.

- 15 En el ámbito industrial, estos dispositivos están dirigidos al control no destructivo de los procesos productivos, con el objetivo de garantizar una alta calidad de los productos terminados y, en última instancia, asegurar que uno o más parámetros de producción se satisfacen como función de la cual se determina la comerciabilidad efectiva del producto analizado.

- 20 Aún más importante es el uso de estas técnicas en el campo médico, donde pueden ser explotadas con fines de diagnóstico, permitiendo de este modo descubrir patologías y trastornos del cuerpo humano.

Por lo tanto, está claro que la eficacia de los dispositivos que utilizan estas técnicas es de fundamental importancia, en particular en lo que respecta a la calidad de las imágenes recogidas, para poder diagnosticar de manera oportuna y detallada la aparición de posibles patologías que son perjudiciales para la salud.

- 25 Los métodos ópticos conocidos proporcionan sustancialmente reconstrucciones topográficas del material que se va a inspeccionar utilizando diversos medios:

- escáneres de ultrasonido;
- escáneres de rayos X (conocidos como tomografía computarizada (CT));
- análisis mediante resonancia magnética nuclear (conocida como IRM).

- 30 Sin embargo, todas las metodologías indicadas anteriormente tienen inconvenientes importantes que las hacen muy poco eficientes en su uso con fines de diagnóstico, en particular desde el punto de vista de la calidad de la información recopilada y los riesgos potenciales que el uso de estas metodologías podría causarle a un paciente.

Con el tiempo, el análisis de imágenes por microondas ha atraído gradualmente una mayor atención.

- 35 El análisis de imágenes por microondas es eficaz cada vez que existe un contraste (es decir, una diferencia) en la constante dieléctrica y/o en la conductividad entre porciones de material que se van a analizar, ya sea una pieza semiacabada en un contexto industrial o tejido humano en el campo médico.

En particular en este último campo, el análisis de microondas se puede subdividir sustancialmente en dos campos:

- tomografía por microondas;
- técnicas de radio de banda ultra ancha (UWB).

Desgraciadamente, también en este caso existen limitaciones intrínsecas que reducen su capacidad predictiva.

- 40 En concreto, la tomografía es extremadamente compleja en términos de modelado ya que requiere la solución de un problema inverso no lineal, y en UWB son necesarias técnicas de enfoque complejas; en algunos casos son necesarios filtros para mejorar la supresión de posibles imágenes perturbadoras (supresión de desorden) y la discriminación espacial, lo que, sin embargo, requiere un aumento de la complejidad del sistema.

- 45 Además, un problema sustancial de los sistemas conocidos es la necesidad de implementar una cámara anecoica y/o un líquido coincidente ubicado alrededor del dispositivo de medición, que permita aumentar la resolución mediante una reducción de interferencias y ruido.

Un ejemplo de estos dispositivos se muestra en el documento US 6454711 B1 que divulga un dispositivo de microondas para el análisis del accidente cerebrovascular hemorrágico; el dispositivo utiliza un conjunto constituido por numerosas antenas (No. 1, No. 2, ... No. 16) y está compuesto por un casco que requiere el uso de un líquido adaptador.

- 5 El documento WO 2014/045181 divulga un aparato para controlar la integridad de un tejido mamario mediante análisis de imágenes por microondas. El documento US 6216025 es otro documento que divulga un aparato para realizar imágenes por microondas. Sin embargo, la radiación de microondas reflejada por el material fotografiado no se transmite a través de una guía de ondas a una antena receptora.

- 10 El documento US 2009/027288 divulga un dispositivo de antena para diagnosticar cáncer usando imágenes de microondas. El dispositivo de antena incluye un tanque, un marco de antena y un conjunto de antenas. El tanque tiene una abertura e incluye un medio que tiene una constante dieléctrica relativa que corresponde al tejido del objetivo. El marco de la antena se forma en el tanque. El conjunto de antenas está montado en el marco de la antena e incluye una pluralidad de antenas que se extienden verticalmente para rodear el objetivo que se inserta a través de la abertura. Una primera antena de las antenas incluye un módulo transmisor que transmite señales de microondas y otras
15 segundas antenas incluyen módulos receptores que reciben las señales de microondas transmitidas.

Padhi Shantanu et al., "A PC-controlled microwave tomographic scanner for breast imaging", Review of Scientific Instruments, AIP, Melville, NY, EE. UU., vol. 82, no. 1, 21 de enero de 2011, páginas 14702-14702, divulga un controlador basado en PC para un sistema tomográfico por microondas para la detección de cáncer de mama.

- 20 El documento WO 2016/005909 divulga una configuración de imágenes que incluye una pluralidad de conjuntos de antenas colocadas (completa o parcialmente) alrededor de un objeto de interés, que está ubicado en una cámara de medición.

Resumen de la invención

En este contexto, la tarea técnica subyacente a la presente invención es proporcionar un dispositivo de medición de microondas que elimine al menos algunos de los inconvenientes de la técnica anterior descritos anteriormente.

- 25 En particular, un objetivo de la presente invención es proporcionar un dispositivo para la medición por microondas de al menos una discontinuidad dieléctrica de un material a inspeccionar, tal como por ejemplo objetos o partes del cuerpo humano tales como el pecho, las extremidades y la cabeza.

- 30 Un objetivo adicional es proporcionar un dispositivo de medición que permita tanto determinar la presencia de una falta de homogeneidad dentro de un material a inspeccionar (en particular, una falta de homogeneidad dieléctrica) como determinar con precisión su posición dentro del material.

El dispositivo permite además obtener una imagen que representa un mapa de homogeneidad dieléctrica del material inspeccionado.

- 35 La tarea técnica establecida y los objetos especificados se logran sustancialmente mediante un dispositivo de medición de microondas, que comprende las características técnicas establecidas en una o más de las reivindicaciones adjuntas.

- 40 De acuerdo con la presente invención, se describe un dispositivo para la medición por microondas de al menos una discontinuidad dieléctrica de un material a inspeccionar, el dispositivo comprende un lanzador para una guía de ondas, una guía de ondas y una antena receptora. El lanzador está configurado para emitir en la guía de ondas un campo electromagnético de microondas adaptado para interactuar con el material a inspeccionar. La antena receptora está configurada para recibir un campo electromagnético reflejado por el material a inspeccionar, conteniendo dicho campo electromagnético reflejado información correlacionada con una discontinuidad dieléctrica de dicho material.

La guía de ondas está configurada para propagar el campo electromagnético emitido hacia el material a inspeccionar y para transportar el campo electromagnético reflejado hacia la antena receptora.

- 45 La guía de ondas tiene un asiento de inspección configurado para la inserción de al menos una porción del material a inspeccionar, en donde el asiento de inspección es un orificio en una pared de la guía de ondas.

Al menos una de las antenas lanzadora o receptora es móvil (por ejemplo en rotación) en una pluralidad de posiciones alrededor del asiento de inspección.

Las reivindicaciones dependientes aquí incorporadas como referencia, corresponden a diferentes realizaciones de la invención.

- 50 Breve descripción de los dibujos

Otras características y ventajas de la presente invención resultarán más evidentes a partir de la descripción indicativa y, por lo tanto, no limitativa, de una realización preferida pero no exclusiva de un dispositivo de medición, como se ilustra en los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1 muestra esquemáticamente una vista en sección de un dispositivo para medición por microondas de una discontinuidad dieléctrica de un material de acuerdo con la presente invención;

- la figura 2 muestra esquemáticamente una vista superior de algunos componentes principales del dispositivo de medición de microondas de la figura 1.

5 Descripción detallada de la invención

En las figuras adjuntas, el número de referencia 1 indica en su totalidad un dispositivo para la medición por microondas de al menos una discontinuidad dieléctrica de un material "M" a inspeccionar de acuerdo con la invención.

El término microondas significa una banda de frecuencias comprendida entre el valor mínimo de 0.3 Ghz y el valor máximo de 300 Ghz.

10 El dispositivo de medición 1 comprende una guía de ondas 4, un lanzador de guía de ondas 2 y una antena receptora 3.

El lanzador de guía de ondas 2 está configurado para emitir en la guía de ondas 4 un campo electromagnético en la banda de microondas adaptado para interactuar con el material M a inspeccionar.

15 El lanzador 2 es una fuente de un campo electromagnético de microondas, que se genera, por ejemplo, mediante un instrumento de medición denominado "Analizador de redes vectoriales" o instrumentos de medición equivalentes.

La guía de ondas 4 está configurada para propagar el campo electromagnético de microondas emitido por el lanzador 2 en uno o más modos hacia el material "M" a inspeccionar y para transmitir hacia la antena receptora 3 el campo electromagnético reflejado por el material M.

20 La antena receptora 3 está configurada para recibir un campo electromagnético reflejado por el material "M" a inspeccionar.

La guía de ondas 4 es, por ejemplo, de un tipo que tiene una sección rectangular con dimensiones de la sección rectangular iguales a 30 cm y 10 cm y con una longitud igual a aproximadamente 80 cm.

Alternativamente, la guía de ondas 4 puede tener una sección circular, elíptica o de otra forma, apropiada para inspeccionar el material M.

25 Durante el funcionamiento del dispositivo de medición 1, la guía de ondas 4 propaga el campo electromagnético de microondas emitido por el lanzador 2 en uno o más modos hacia el material "M" a inspeccionar.

La antena receptora 3 recibe así el campo electromagnético de microondas reflejado por el material "M" que contiene información correlacionada con la discontinuidad dieléctrica del material "M" que se va a inspeccionar.

30 La guía de ondas 4 tiene así la función de propagar el campo electromagnético de microondas emitido por el lanzador 2 en uno o más modos hacia el material "M" a inspeccionar, garantizando de esta manera un enfoque y concentración óptimos del campo electromagnético, que se traduce en una intensidad del campo electromagnético reflejado que es mayor en aproximadamente 30 dB con respecto a las soluciones conocidas.

35 Además, la guía de ondas 4 tiene la función de iluminar el material "M" a inspeccionar con el campo electromagnético de microondas que se ha propagado en la guía de ondas, por medio del asiento de inspección 4a en cuyo interior se inserta el material iluminado "M".

40 De acuerdo con una realización preferida, el dispositivo de medición 1 comprende dos lanzadores 2 configurados para generar respectivos campos electromagnéticos desplazados entre sí 90 grados, para generar un campo electromagnético general que tiene un estado de polarización circular o elíptico, siempre que la guía de ondas 4 tenga dimensiones apropiadas y una forma geométrica: en este caso el dispositivo de medición 1 comprende un par apropiado de antenas receptoras 3 configuradas para recibir el campo electromagnético global reflejado en los dos componentes transversales.

La guía de ondas 4 tiene un asiento de inspección 4a configurado para la inserción de al menos una porción del material "M" a inspeccionar y la antena receptora 3 se puede mover además en una pluralidad de posiciones alrededor del asiento de inspección 4a.

45 De acuerdo con la presente invención, el asiento de inspección 4a es un orificio en una pared de la guía de ondas 4, que tiene una dimensión apropiada para permitir la inserción de al menos una porción del material M dentro del orificio.

Por ejemplo, el orificio de la guía de ondas 4 tiene una forma sustancialmente circular con un radio igual, por ejemplo, a 6 centímetros, para permitir, por ejemplo, la inserción de un seno de mujer en el orificio.

50 En particular, la antena receptora 3 se puede mover en rotación (por ejemplo con un radio de 7 cm) alrededor del asiento de inspección 4a, por ejemplo en 80 posiciones.

El asiento de inspección 4a (en particular el orificio) está dispuesto, por ejemplo, en una porción central de la guía de ondas 4.

Esto significa que, en una configuración de uso, el material "M" a inspeccionar se inserta así al menos parcialmente dentro del asiento de inspección 4a mientras que la guía de ondas 4 y el lanzador 2 y la antena receptora 3 están a una cierta altura con respecto al material "M".

En esta situación la antena receptora 3 se puede mover (por ejemplo, en rotación) alrededor del asiento de inspección 4a (y por lo tanto alrededor de la porción de material M a inspeccionar que es interna al mismo) con el objetivo de detectar el campo electromagnético reflejado por el material M en una pluralidad de posiciones que se disponen radialmente alrededor del material "M", optimizando así la cantidad y calidad de la información recopilada.

El material "M" también podría insertarse sólo parcialmente en el asiento de inspección 4a y, en consecuencia, la información recopilada por el dispositivo de medición 1 se tomará del campo electromagnético reflejado por la porción de material "M" que se encuentra en un cierto tiempo dentro del asiento de inspección 4a.

En particular, la guía de ondas 4 está adaptada y comprende (en al menos una porción de al menos un borde externo de la misma) un revestimiento 4b hecho de un material absorbente adaptado para absorber los campos electromagnéticos en la banda de frecuencia utilizada, en particular en la banda de microondas.

En otras palabras, la guía de ondas 4 tiene recubrimientos absorbentes 4b dispuestos periféricamente que permiten reducir significativamente (incluso eliminar) la reflexión de los campos electromagnéticos, esto, desde el punto de vista electromagnético, prefigura la guía de ondas 4 como una guía que tiene una longitud infinita.

Ventajosamente, el lanzador 2 es tal que emite en la guía de ondas 4 un campo electromagnético que se propagará tanto en el modo fundamental como en uno o más modos de propagación de orden superior, por lo que la guía de ondas 4 es una guía de ondas multimodo que permite explotar una amplia banda de frecuencias dentro del régimen de microondas, para poder llevar a cabo el proceso de medición.

De hecho, las frecuencias más altas (por ejemplo aquellas cercanas al límite superior de la banda operativa del dispositivo) garantizan una alta resolución de la información que se puede adquirir mediante el campo electromagnético reflejado, mientras que las frecuencias más bajas (por ejemplo los que se encuentran cerca del límite inferior de la banda operativa del dispositivo) garantizan una excelente penetración del material "M", permitiendo así obtener información detallada y precisa también de las partes más internas del mismo.

De acuerdo con una primera realización, mostrada en detalle en las figuras adjuntas, el lanzador 2 está dispuesto en una posición más radialmente externa, con respecto al material "M" a inspeccionar, de la antena receptora 3.

En la práctica, el lanzador 2 se sitúa a mayor distancia del material "M" a inspeccionar, con respecto a la antena receptora 3.

Preferiblemente, la antena receptora está muy próxima o adyacente al material "M" que se va a inspeccionar.

En otra realización posible, no mostrada en las figuras adjuntas, las posiciones del lanzador 2 y de la antena receptora 3 se intercambian, es decir, la antena receptora 3 se coloca a una distancia mayor del material "M" a ser inspeccionado, con respecto al lanzador 2.

La distancia y el posicionamiento precisos del lanzador 2 y de la antena receptora 3 con respecto al asiento de inspección 4a se calculan y definen en función de las frecuencias de trabajo específicas del dispositivo de medición 1 y de las características geométricas de la guía de ondas 4, para optimizar la calidad de la señal recibida en la antena receptora 3.

Ventajosamente, la guía de ondas 4 tiene al menos un asiento externo 2a configurado para recibir mediante inserción una salida del lanzador 2 y la antena receptora 3, estando dispuesto este asiento externo 2a en una porción periférica de la guía de ondas.

En otras palabras, la guía de ondas 4 tiene un asiento externo 2a en cuyo interior se puede insertar el lanzador 2 o la antena receptora 3, de tal manera que el campo electromagnético se genera o recibe directamente en el interior de la guía de ondas 4.

La guía de ondas 4 tiene un asiento interno 3a para la inserción del lanzador 2 o la antena receptora 3, el asiento interno 3a está dispuesto entre el asiento externo 2a y el asiento de inspección 4a.

En otras palabras, el asiento externo 2a está dispuesto en una posición más radialmente externa, con respecto al material M a inspeccionar, con respecto al asiento interno 3a.

De ello se deduce que, de acuerdo con la primera realización esbozada anteriormente, el lanzador 2 se inserta en el asiento externo 2a, mientras que la antena receptora 3 se inserta en el asiento interno 3a.

De acuerdo con la segunda realización descrita anteriormente, el lanzador 2 se inserta en cambio en el asiento interno 3a, mientras que la antena receptora 3 se inserta en el asiento externo 2a.

En la hipótesis en la que el material M a inspeccionar tiene una conformación geométrica sustancialmente circular, para permitir el movimiento en rotación alrededor del asiento de inspección 4a del lanzador 2 o de la antena receptora 3, dependiendo de cuál se inserte en su interior, el asiento interno 3a tiene una extensión circunferencial alrededor del asiento de inspección 4a que define sustancialmente una estructura anular, dentro de la cual el lanzador 2 o la antena receptora 3 pueden deslizarse en rotación alrededor del asiento de inspección 4a.

El asiento de inspección 4 está así rodeado por el asiento interno 3a de tal manera que el lanzador 2 o la antena receptora 3, deslizándose en su interior, puede adoptar una pluralidad de posiciones angulares alrededor del material "M" a inspeccionar, generando o recibiendo de esta manera el campo electromagnético o el campo electromagnético reflejado desde una pluralidad de direcciones: de esta manera el material "M" (colocado dentro del orificio 4a) es iluminado por el campo electromagnético de microondas en diversas posiciones angulares alrededor del material "M".

Más en general, el material a inspeccionar puede tener una conformación geométrica genérica: en este caso el lanzador 2 o la antena receptora 3 está adaptado para seguir un recorrido perimetral alrededor del material M a inspeccionar, por ejemplo definiendo un recorrido perimetral interpolado (del lanzador 2 o de la antena receptora 3) identificado por un par de vectores obtenibles mediante dos motores o medios equivalentes.

El aparato 1 comprende además un elemento de soporte 10, preferiblemente dispuesto debajo de la guía de ondas, que tiene un asiento 10a coaxial con dicho asiento de inspección 4a.

La antena receptora 3 está limitada al elemento de soporte 10, preferiblemente en una posición adyacente al asiento 10a.

Para permitir la detección del campo electromagnético reflejado desde una pluralidad de posiciones alrededor del material "M" a inspeccionar, el dispositivo de medición 1 comprende así primeros medios giratorios 5 asociados con el elemento de soporte 10 y configurados para mover el elemento de soporte 10 en rotación alrededor del asiento de inspección 4a, determinando en consecuencia una rotación correspondiente de la antena receptora 3 alrededor del asiento de inspección 4a.

De la misma manera, el asiento externo 2a también se puede mover con respecto al material M a inspeccionar, para hacer que el lanzador 2 asuma varias posiciones y así golpee el material "M" con un campo electromagnético proveniente de direcciones diferentes.

De acuerdo con este aspecto, el dispositivo de medición 1 comprende además segundos medios de rotación 6 configurados para accionar un movimiento de rotación relativo entre la guía de ondas 4 y el material "M".

De acuerdo con una realización preferida, los segundos medios de rotación están asociados con la guía de ondas 4 y configurados para mover la guía de ondas 4 en rotación en una pluralidad de posiciones (por ejemplo 15) alrededor de un centro geométrico del asiento de inspección 4a.

En otras palabras, el dispositivo de medición 1 de la presente invención puede comprender medios giratorios 5, 6 configurados para hacer girar el elemento de soporte 10 y/o toda la guía de ondas 4 alrededor del material M a inspeccionar. El lanzador 2 o la antena receptora 3 están asociados al elemento de soporte 10 y/o a toda la guía de ondas 4 de tal manera que al menos uno de los dos puede moverse en rotación alrededor del asiento de inspección 4a.

Este aspecto especial de la realización permite mover el lanzador 2 y la antena receptora 3 para la generación y recepción del campo electromagnético de tal manera que permita la adquisición de información alrededor del material "M" a inspeccionar.

Preferiblemente, los segundos medios de rotación 6 están configurados para girar la guía de ondas 4 alrededor del asiento de inspección 4a, por ejemplo en 15 posiciones, de este modo para cada una de ellas los primeros medios de rotación 5 están configurados para girar la antena receptora 3, por ejemplo en 80 posiciones, obteniendo así un total de $15 \times 80 = 1200$ posiciones diferentes alrededor del asiento de inspección 4a (y por lo tanto alrededor del material M a inspeccionar).

En particular, el segundo medio de rotación 6 puede realizarse usando un anillo giratorio acoplado a la guía de ondas 4, preferiblemente debajo de la guía de ondas 4, y movido en rotación mediante medios motores apropiados.

Para garantizar el correcto mantenimiento de los contactos necesarios para el suministro eléctrico del dispositivo de medición 1 durante los distintos movimientos de rotación a los que pueden ser sometidos los diferentes elementos constitutivos del dispositivo de medición 1, están presentes dos juntas giratorias, coaxiales a el asiento de inspección 4a y al que se conecta el cableado necesario para el correcto funcionamiento del dispositivo de medición 1.

Las juntas giratorias tienen una carcasa fija, asociable a una base de apoyo del dispositivo de medición 1, y un miembro interno móvil conectado por un brazo a al menos uno de los medios giratorios 5, 6, de tal manera que se ajuste de este modo en rotación de forma sólida con la guía de ondas 4 y/o el elemento de soporte 10.

- 5 Alternativamente, los segundos medios giratorios 6 son asociables al material "M" o a un elemento de contención del material "M" y están configurados para mover el material "M" en rotación en una pluralidad de posiciones (por ejemplo 15) alrededor de un centro geométrico del asiento de inspección 4a.

El dispositivo de medición 1 comprende además un miembro de movimiento 7 asociado a la guía de ondas 4 y configurado para variar la altura en la que se encuentra la guía de ondas 4 con respecto al material "M" a inspeccionar, determinando una mayor o menor inserción en el interior.

- 10 Alternativamente, el dispositivo de medición 1 comprende un elemento de contención del material "M" y el miembro de movimiento 7 está asociado a este elemento de contención para variar la altura en la que se encuentra el material "M" con respecto a la guía de ondas 4, determinando una mayor o menor inserción en su interior.

Alternativamente, el miembro de movimiento es directamente acoplable al material "M" con el propósito de mover el material "M" para determinar la altura del mismo con respecto a la guía de ondas 4.

- 15 Esta especificación permite variar la posición relativa entre el material "M" y la guía de ondas 4, ya que modifica la porción de material "M" que es golpeada por el campo electromagnético y que en consecuencia generará el campo electromagnético reflejado por medio de los cuales se puede obtener información importante relativa a las características del material "M".

- 20 De acuerdo con una realización especial, el miembro de movimiento 7 se puede realizar usando un marco móvil que comprende un plano de soporte 8 que es sustancialmente horizontal, sobre el cual se encuentran el lanzador 2 y la antena receptora 3 y la guía de ondas 4 y el respectivo dispositivo giratorio. Se instalan unos medios 5, 6 (si están presentes) y un cubo 9, que pasa por el plano de soporte 8 y a lo largo del cual es deslizable este plano, que realiza la función de guía.

- 25 Para permitir el movimiento del plano de soporte 8, y por lo tanto de los elementos dispuestos sobre el mismo, el órgano de movimiento 7 puede comprender un husillo de bolas sobre el que se desliza el plano de soporte 8, determinando un movimiento en dirección sustancialmente vertical u horizontal donde la aplicación lo requiera.

Alternativamente, el movimiento vertical del plano de soporte 8 se puede implementar utilizando medios mecánicos equivalentes tales como correas, cremalleras, cadenas u otras soluciones conocidas.

- 30 De acuerdo con un aspecto particular de la presente invención, el dispositivo de medición 1 es un dispositivo para controlar la integridad de los tejidos biológicos en donde el material "M" a inspeccionar comprende un tejido biológico, tal como, a modo de no ejemplo limitante, un tejido mamario, una cabeza, un miembro; por esta razón el asiento de inspección 4a está adaptado para contener este tejido biológico.

- 35 De nuevo de acuerdo con este aspecto especial, las discontinuidades dieléctricas que deben detectarse mediante el dispositivo de medición 1 son una falta de homogeneidad del tejido biológico, en particular una variación significativa (por ejemplo un aumento de al menos el 20 %) de la constante dieléctrica y/o la conductividad eléctrica del tejido biológico.

El dispositivo de medición 1 está así configurado para determinar la presencia de una falta de integridad en el interior del tejido biológico, a partir de la determinación de eventuales discontinuidades en el comportamiento dieléctrico del tejido biológico.

- 40 El término "no integridad" significa una falta de homogeneidad en el tejido biológico que indica condiciones anómalas de composición del tejido.

En la práctica, la presente invención permite identificar, dentro de la masa de tejido biológico (supuestamente homogénea, dentro de algunos límites), zonas en las que la constante dieléctrica relativa y/o la conductividad tienen variaciones significativas (por ejemplo un aumento de al menos el 20 %).

- 45 En este contexto particular se describe la siguiente situación operativa, introducida puramente a modo de ejemplo no limitativo, con el objetivo de delimitar mejor algunos aspectos especiales de la presente invención.

- 50 Consideremos un tejido biológico iluminado por un campo electromagnético en la banda de frecuencia de microondas y que se propaga dentro de la guía de ondas 4, en donde el tejido biológico iluminado se coloca dentro del asiento de inspección 4a de la guía de ondas 4 (es decir, dentro de un orificio 4a en la guía de ondas 4 de acuerdo con la presente invención).

Se supone además que si el tejido biológico tiene homogeneidad de comportamiento con respecto a la constante dieléctrica y la conductividad, entonces puede considerarse integral, es decir, libre de patologías detectables.

Viceversa, en el caso de que se revelaran discontinuidades dieléctricas, entonces la evaluación de la integridad cambiaría y podría haber casos de problemas en el material.

De acuerdo con una realización de la invención, se calcula un mapa de homogeneidad dieléctrica dentro del tejido biológico en función del campo electromagnético reflejado detectado por la antena receptora 3 y aprovechando el principio de Huygens.

Si el tejido biológico contiene una falta de integridad, el mapa de homogeneidad dieléctrica mostrará un pico de señal en la posición de la falta de integridad.

El mapa de homogeneidad dieléctrica en el interior del tejido biológico se calcula en el interior en función del campo electromagnético reflejado detectado por la antena receptora 3 y aprovechando el principio de Huygens: este cálculo del campo electromagnético en el interior del tejido mamario mediante el sistema de Huygens se explica en detalle en el documento de Navid Ghavami, Gianluigi Tiberi, David J. Edwards, Agostino Monorchio, "UWB Microwave Imaging of Objects With Canonical Shape", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, IEEE service centerm Piscataway, NJ, EE. UU. vol. 60, no.1, 1 de enero de 2012, páginas 231-239.

Con el objetivo de eliminar posibles artefactos, se puede realizar una sucesión de mediciones, que se subdividen en grupos de mediciones realizadas en posiciones adyacentes, procesando las señales así obtenidas y realizando una diferencia, la calidad de la imagen de microondas (es decir, el mapa de homogeneidad dieléctrica) que se puede obtener mediante el uso del dispositivo de medición 1 es mucho mejor.

Con el objetivo de llevar a cabo un procesamiento de imágenes tridimensionales, el proceso descrito y reivindicado se puede repetir varias veces, colocando la guía de ondas 4 a diferentes alturas a lo largo de la altura (es decir, la extensión longitudinal) del tejido biológico, reuniendo de esta manera una serie de una pluralidad de datos, cada uno de los cuales contiene una pluralidad de valores del campo electromagnético reflejado desde diversos puntos del tejido biológico, obtenidos a una altura particular.

El movimiento relativo entre la guía de ondas 4 y el material "M" se puede obtener alejando o acercando la guía 4 al material "M", que en cambio se mantiene fijo, o moviendo el material "M", determinando una mayor o menor inserción en el interior del asiento de inspección 4a de la guía 4 que en cambio se mantiene fija.

En particular, el primer caso mencionado anteriormente es preferible en un caso en donde el material "M" es un tejido biológico y la inspección tiene una finalidad diagnóstica, con el objetivo de reducir al mínimo la perturbación para el paciente derivada del procedimiento de diagnóstico.

La presente invención se refiere además a un aparato de medición de microondas que comprende un dispositivo de medición 1.

En particular, el aparato de medición de microondas incluye el dispositivo de medición 1 que comprende una o más de las características técnicas descritas anteriormente, y comprende una unidad de procesamiento y un analizador vectorial de redes o un instrumento de medición equivalente.

El analizador vectorial de redes comprende al menos un puerto de salida conectado al lanzador 2 y es tal que emite el campo electromagnético de microondas dentro de la guía de ondas 4.

El analizador vectorial de redes comprende al menos un puerto de entrada conectado a la antena receptora 3 y es tal que detecta la amplitud y fase del campo electromagnético reflejado recibido por la antena receptora 3; dicho campo electromagnético reflejado se indica generalmente con "S21".

La unidad de procesamiento está configurada para recibir una pluralidad de valores (por ejemplo 1601) que representan la amplitud y fase del campo electromagnético reflejado por el material M a inspeccionar, está configurada para procesar dicha pluralidad de valores de la amplitud y fase del campo electromagnético reflejado, está configurado para generar, en función de dicho procesamiento, una imagen representativa del mapa de homogeneidad dieléctrica del material M y una señal representativa de la presencia o ausencia de una no integridad del material M.

Preferiblemente, la unidad de procesamiento está configurada para generar, en función de dicha pluralidad de valores de amplitud y fase del campo electromagnético reflejado por el material M, una imagen de microondas que representa un mapa de homogeneidad dieléctrica del material M.

Preferiblemente, en caso de detección de la presencia de una falta de integridad del material M, la unidad de procesamiento está configurada además para generar una imagen de microondas representativa de la posición de la falta de integridad dentro del material M.

La unidad de procesamiento puede ser un microprocesador o una arquitectura similar.

La presente invención logra ventajosamente los objetivos propuestos y evita los inconvenientes percibidos en la técnica conocida al proporcionar un dispositivo de medición 1 que permite medir, de una manera no invasiva y al mismo tiempo confiable, una discontinuidad dieléctrica de un material "M".

El dispositivo de medición 1 permite además un posicionamiento óptimo del lanzador 2 y de la antena receptora 3 para garantizar un control óptimo del material M.

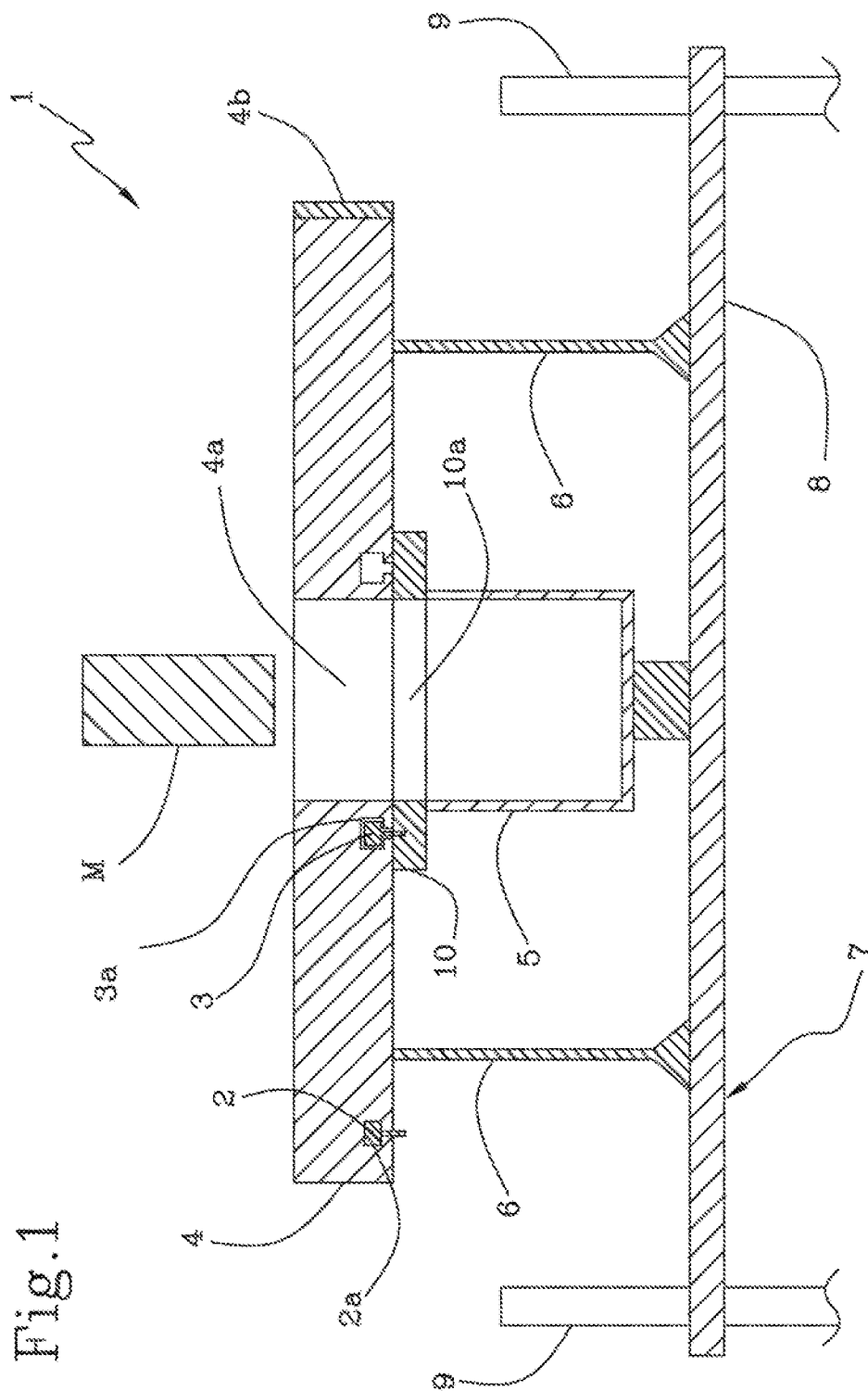
5 Ventajosamente, la presencia de la guía de ondas 4, y en particular del asiento de inspección 4a en cuyo interior está dispuesto el material "M" a inspeccionar, permite optimizar la calidad de las señales utilizadas, mejorando así significativamente la eficiencia del dispositivo de medición 1 en sí.

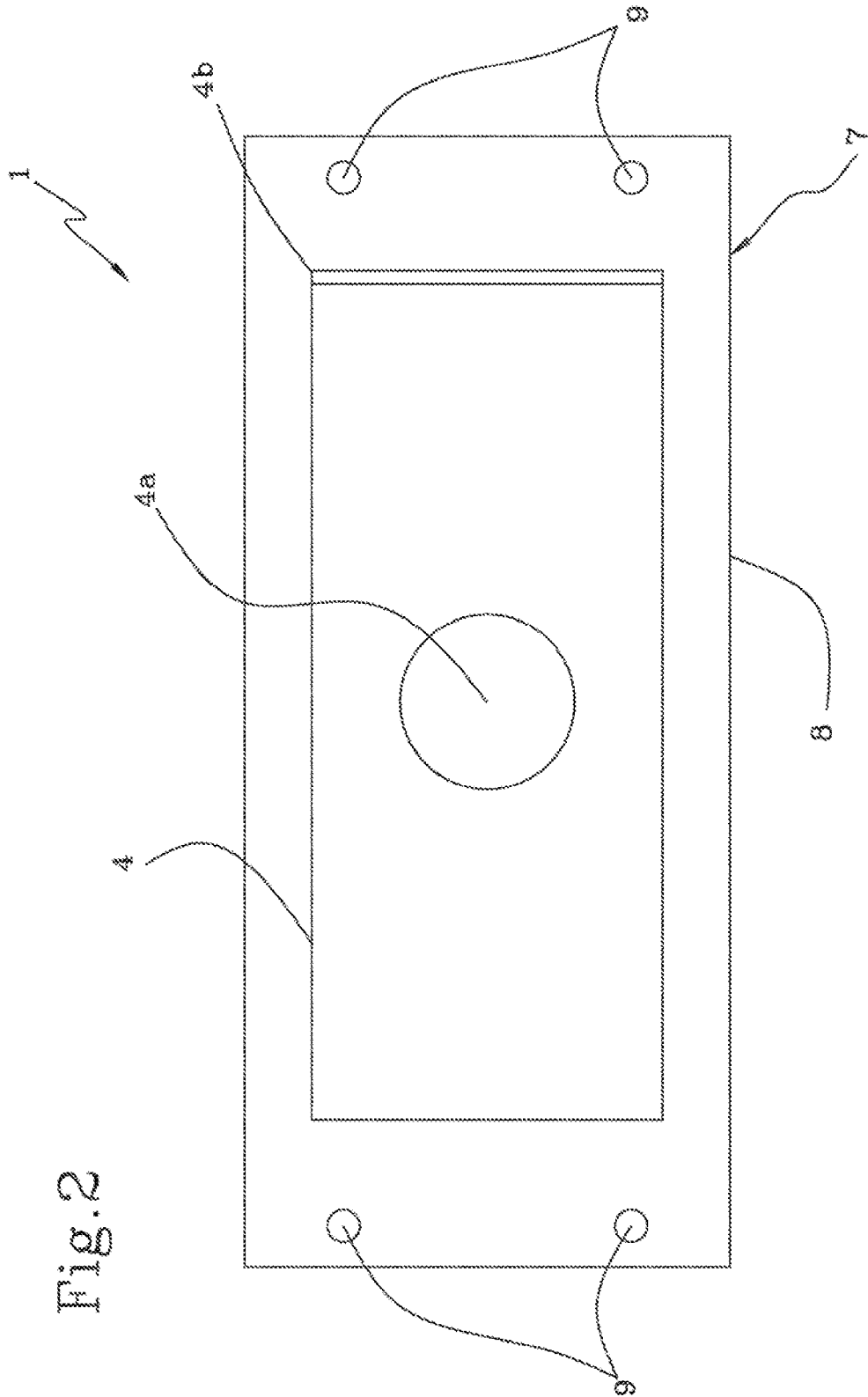
Además, la presencia de la guía de ondas 4 permite implementar un sistema compacto, en el aire, y eficientemente miniaturizado, obviando así la necesidad de utilizar una gran cámara anecoica para optimizar la recogida de las señales utilizadas para el proceso de medición.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para la medición por microondas de una discontinuidad dieléctrica de un material (M) a inspeccionar, dicho dispositivo (1) comprende un lanzador de guía de ondas (2), una guía de ondas (4) y una antena receptora (3), donde:
 - 5 - el lanzador (2) está configurado para emitir en la guía de ondas un campo electromagnético de microondas adaptado para interactuar con el material (M) a inspeccionar;
 - la antena receptora (3) está configurada para recibir un campo electromagnético reflejado por el material (M), conteniendo dicho campo electromagnético reflejado información correlacionada con una discontinuidad dieléctrica de dicho material (M);
 - 10 - la guía de ondas (4) está configurada para:
 - propagar el campo electromagnético emitido hacia el material (M);
 - transmitir el campo electromagnético reflejado hacia la antena receptora (3);dicha guía de ondas (4) tiene un asiento de inspección (4a) configurado para la inserción de al menos una porción del material (M), en donde el asiento de inspección (4a) es un orificio en una pared de la guía de ondas (4),
 - 15 y en donde al menos uno del lanzador (2) o la antena receptora (3) es móvil en una pluralidad de posiciones alrededor del asiento de inspección (4a).
2. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la antena receptora (3) se puede girar en varias posiciones alrededor del asiento de inspección (4a).
3. Dispositivo de acuerdo con las reivindicaciones 1 ó 2, en donde el asiento de inspección (4a) está dispuesto en una porción central de la guía de ondas (4).
4. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde la guía de ondas (4) tiene un asiento externo (2a) para la inserción del lanzador (2) y un asiento interno (3a) para la inserción de la antena receptora (3), en donde el asiento externo (2a) está dispuesto en una posición más radialmente externa con respecto al asiento interno (3a),
- 25 en donde el asiento externo (2a) está dispuesto en una porción periférica de la guía de ondas (4) y en donde el asiento interno (3a) está dispuesto entre el asiento externo (2a) y el asiento de inspección (4a).
5. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde la guía de ondas (4) tiene un asiento externo (2a) para la inserción de la antena receptora y un asiento interno (3a) para la inserción del lanzador, en donde el asiento externo (2a) está dispuesto en una posición más radialmente externa con respecto al asiento interno (3a),
- 30 en donde el asiento externo (2a) está dispuesto en una porción periférica de la guía de ondas (4) y en donde el asiento interno (3a) está dispuesto entre el asiento externo (2a) y el asiento de inspección (4a).
6. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 4 ó 5, en donde el asiento interno (3a) tiene una extensión circunferencial alrededor del asiento de inspección (4a) y el lanzador (2) o la antena receptora (3) es deslizable, dentro del asiento interno (3a), en rotación alrededor del asiento de inspección (4a).
- 35 7. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un elemento de soporte (10) dispuesto debajo de la guía de ondas (4) y que tiene un asiento (10a) coaxial con dicho asiento de inspección (4b), el lanzador (2) o la antena receptora (3) está limitada a dicho elemento de soporte (10), el dispositivo además comprende primeros medios de rotación (5) asociados con dicho elemento de soporte (10) y configurado para mover dicho elemento de soporte (10) en rotación, determinando una correspondiente rotación del lanzador (2) o de la antena receptora (3) en una pluralidad de posiciones alrededor del asiento de inspección (4a).
- 40 8. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende segundos medios de rotación (6) asociados con la guía de ondas (4) y configurados para mover dicha guía de ondas (4) en rotación en una pluralidad de posiciones alrededor de un centro geométrico del asiento de inspección (4a).
- 45 9. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1-8, que comprende segundos medios de rotación (6) asociados con el material (M) a inspeccionar y configurados para mover dicho material (M) en rotación en una pluralidad de posiciones coaxialmente con respecto a un centro geométrico del asiento de inspección (4a).
- 50 10. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un miembro de movimiento (7) configurado para cambiar una distancia relativa entre la guía de ondas (4) y el material (M) a inspeccionar, determinando una mayor o menor inserción del material (M) a inspeccionar dentro del asiento de inspección (4).

11. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la guía de ondas (4) comprende, en al menos una porción de al menos un borde exterior de la guía de ondas (4), un revestimiento hecho de un material absorbente (M) adaptado para absorber al menos parcialmente el campo electromagnético emitido en la guía de ondas.
- 5 12. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la guía de ondas (4) está configurada para propagar el campo electromagnético de una pluralidad de modos de propagación hacia el material.
13. Aparato de medición por microondas que comprende:
- un dispositivo de medición (1) de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores;
 - una unidad de procesamiento configurada para:
- 10 • procesar una pluralidad de valores que indican amplitud y fase del campo electromagnético reflejado por el material en una pluralidad de posiciones relativas diferentes entre el material y la antena receptora;
- generar, en función de dicho procesamiento, una imagen representativa de un mapa de homogeneidad dieléctrica del material y una señal representativa de la presencia o ausencia de una falta de integridad del material.





2004