

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 991 772**

51 Int. Cl.:

**H01P 11/00** (2006.01)

**H01P 3/12** (2006.01)

**H01Q 21/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.02.2017 PCT/IB2017/051086**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.09.2017 WO17149423**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.02.2017 E 17708589 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.07.2024 EP 3424103**

54 Título: **Procedimiento para la fabricación aditiva de una guía de onda, así como dispositivos de guía de onda fabricados según este procedimiento**

30 Prioridad:

**04.03.2016 FR 1600370**

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

**04.12.2024**

73 Titular/es:

**SWISSTO12 SA (100.0%)  
Avenue des Baumettes 19  
1020 Renens, CH**

72 Inventor/es:

**DE RIJK, EMILE;  
BILLOD, MATHIEU;  
FAVRE, MIRKO;  
DIMITRIADES, ALEXANDRE y  
MACOR, ALESSANDRO**

74 Agente/Representante:

**CURELL SUÑOL, S.L.P.**

ES 2 991 772 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

Procedimiento para la fabricación aditiva de una guía de onda, así como dispositivos de guía de onda fabricados según este procedimiento

**Campo técnico**

La presente invención se refiere a un procedimiento de fabricación aditiva de un dispositivo de guía de onda y a una guía de onda fabricada según este procedimiento.

**Estado de la técnica**

Las señales de radiofrecuencia (RF) se pueden propagar a través del espacio o mediante dispositivos de guía de onda. Estos dispositivos de guía de onda se usan para canalizar las señales de RF o para manipularlas en el dominio espacial o de frecuencia.

La presente invención se refiere en particular a dispositivos de RF pasivos que permiten propagar y manipular señales de radiofrecuencia sin usar componentes electrónicos activos. Las guías de onda pasivas se pueden dividir en tres categorías distintas:

- Los dispositivos basados en guiar ondas en el interior de canales metálicos huecos, comúnmente denominados guías de ondas.
- Los dispositivos basados en guiar ondas en el interior de sustratos dieléctricos.
- Los dispositivos basados en guiar ondas mediante ondas de superficie sobre sustratos metálicos tales como circuitos impresos PCB, microcintas, etc.

La presente invención se refiere en particular a la primera categoría anterior, denominadas colectivamente a continuación guías de ondas. Ejemplos de tales dispositivos incluyen guías de ondas como tales, filtros, antenas, convertidores de modo, etc. Se pueden usar para el enrutamiento de señales, el filtrado de frecuencia, la separación o recombinación de señales, la transmisión o recepción de señales en o desde el espacio libre, etc.

En la figura 1, se ilustra un ejemplo de guía de ondas convencional. Está constituido por un dispositivo hueco, cuya forma y proporciones determinan las características de propagación para una determinada longitud de onda de la señal electromagnética. Las guías de onda convencionales usadas para las señales de radiofrecuencia tienen aberturas internas de sección rectangular o circular. Permiten propagar modos electromagnéticos que corresponden a diferentes distribuciones de campos electromagnéticos a lo largo de su sección. En el ejemplo ilustrado, la guía de onda tiene una altura  $b$  a lo largo del eje  $y$ , y un ancho  $a$  a lo largo del eje  $z$ .

La figura 2 ilustra esquemáticamente las líneas de campo eléctrico  $E$  y magnético  $H$  en tal guía de onda. El modo de propagación dominante es en este caso el modo transversal eléctrico denominado  $TE_{10}$ . El índice 1 indica el número de medias longitudes de onda a lo largo del ancho de la guía, y 0 el número de medias longitudes de onda a lo largo de la altura.

Las figuras 3 y 4 ilustran una guía de onda con una sección circular. Unos modos de transmisión circulares se pueden propagar en dicha guía de onda. Las flechas en la figura 4 ilustran el modo de transmisión  $TE_{11}$ ; las flechas sustancialmente verticales muestran el campo eléctrico, las flechas más horizontales muestran el campo magnético. La orientación del campo cambia a lo largo de la sección de la guía de onda.

A parte de estos ejemplos de aberturas de guía de ondas rectangulares o circulares, se han imaginado, o pueden imaginarse, otras formas de abertura en el contexto de la invención y que permiten mantener uno o más modos electromagnéticos a una frecuencia de señal determinada a fin de transmitir una señal electromagnética. En la figura 5, se ilustran unos ejemplos de posibles aberturas de la guía de onda. La superficie ilustrada corresponde a la sección de la abertura de la guía de onda, delimitada por unas superficies eléctricamente conductoras. La forma y la superficie de la sección pueden variar además a lo largo de la dirección principal del dispositivo de guía de ondas.

La fabricación de guías de ondas con secciones complejas es difícil y costosa. Con el fin de remediar esto, la solicitud de patente US2012/0084968 propone realizar unas guías de ondas mediante impresión 3D. Para ello, se imprime un núcleo de plástico no conductor mediante un procedimiento aditivo y después se cubre con un revestimiento metálico mediante electrodeposición. En efecto, las superficies internas de la guía de onda deben ser conductoras eléctricamente para funcionar. El uso de un núcleo no conductor permite, por un lado, reducir el peso y el coste del dispositivo, y por otro lado implementar procedimientos de impresión 3D adaptados a polímeros o cerámicas y que permiten producir unas piezas de alta precisión con baja rugosidad de la pared. Las piezas descritas en este documento tienen formas complejas y comprenden por un lado un canal para la propagación de

la onda, y por otro lado orificios de fijación en un pie de la guía de onda, a fin de fijarla a otro elemento.

En la figura 6, se ilustra un ejemplo de guía de onda 1 que podría realizarse mediante fabricación aditiva. Comprende un núcleo 2 no conductor, por ejemplo hecho de polímero o cerámica, que se fabrica por ejemplo mediante estereolitografía o mediante otro procedimiento aditivo y que define una abertura interna 5 para la propagación de la señal de RF. En este ejemplo, la ventana tiene una sección rectangular de anchura a y altura b. Las paredes internas de este núcleo alrededor de la abertura 5 están recubiertas con un revestimiento 3 eléctricamente conductor, por ejemplo un recubrimiento metálico. En este ejemplo, las paredes externas de la guía de onda también están revestidas con un recubrimiento metálico 4 que puede ser del mismo metal y del mismo grosor. Este revestimiento externo refuerza la guía de onda frente a solicitaciones mecánicas o químicas externas.

La figura 7 ilustra una variante de guía de onda similar a la de la figura 6, pero sin el revestimiento conductor en las caras externas.

Se pueden implementar diferentes técnicas para el depósito del revestimiento metálico sobre las caras internas y eventualmente externas del núcleo. Sin embargo, el problema es complejo debido al tamaño reducido de la abertura, a las formas complejas que a menudo es necesario cubrir, y a la necesidad de controlar con mucha precisión las dimensiones de la abertura, y por tanto el grosor del revestimiento.

Por ejemplo, se han implementado procedimientos de electrodeposición basados en la utilización de una corriente eléctrica entre un cátodo situado en la cara a cubrir y un ánodo sumergido en un líquido lleno de iones metálicos. Como ejemplo, Yiley Huang et al., en "Layer-by-Layer Stereolithography of threedimensional antennas", presentado en el "Antennas and propagation society symposium", 2005, IEEE Washington, DC, 3-8 de julio de 2005, vol. 1A, página 276, ISBN: 978-0-7803-8883-3, describen un procedimiento de electrodeposición de metal sobre un componente de microondas producido por estereolitografía. El núcleo no es conductor, por lo tanto este procedimiento requiere el depósito de una capa de conductor intermedio que puede servir como cátodo. El depósito de esta capa intermedia es difícil; en esta publicación, se lleva a cabo en forma de una tinta conductora de aproximadamente 50 micrómetros. La publicación no describe cómo depositar una capa uniforme de tinta y después de metal electrodepositado en lugares de difícil acceso, por ejemplo en el medio de un canal largo y estrecho. La conexión eléctrica de las porciones del cátodo de difícil acceso que se pueden alcanzar dentro de la guía de onda es también problemática.

Por esta razón, se prefieren a veces procedimientos de depósito químicos, sin corriente eléctrica. Implementan la inmersión sucesiva de la pieza a recubrir en uno o más baños que contienen reactivos que desencadenan reacciones químicas que conducen al depósito del material metálico elegido, por ejemplo cobre, oro, plata, níquel, etc., sobre la superficie a recubrir.

La eficacia y la dinámica del depósito dependen de muchos factores, entre ellos en particular la concentración de reactivos e iones metálicos en los diferentes baños cerca de las superficies a recubrir.

Sin embargo, unos ensayos realizados en el marco de esta invención han demostrado que el depósito químico, sin corriente eléctrica, de metal conductor sobre las paredes de canales de guía de onda de forma compleja presenta por lo menos dos dificultades:

En primer lugar, la presencia frecuente de burbujas de aire atrapadas en el canal de la guía de onda a menudo provoca un recubrimiento insuficiente, o incluso una ausencia total de recubrimiento, en algunas superficies. En efecto, las burbujas de aire impiden cualquier contacto entre los agentes reactivos del líquido y determinadas porciones de la superficie a recubrir. Las burbujas que se encuentran en el centro del canal, alejadas de los extremos, tienen especial dificultad para salir del mismo.

Después, los reactivos líquidos tienden a estancarse en los canales de la guía de onda. La reacción química de depósito consume entonces rápidamente todos los reactivos del líquido estancado en los canales. Cuando se han consumido todos los reactivos, la reacción de depósito cesa dejando los canales de la guía de onda con defectos de recubrimiento o un recubrimiento de grosor insuficiente e irregular. Estos defectos son particularmente importantes en el caso de canales de longitud importante y de baja sección; en este caso, el centro del canal es particularmente susceptible de dejar que los reactivos se estanquen durante el depósito, y estar menos recubierto.

El documento US2012/0084968 ya citado soluciona este inconveniente realizando canales largos y estrechos usando medias carcasas metalizadas y después ensambladas entre sí. La fabricación de un canal usando medias carcasas es, no obstante, más larga, ya que requiere una etapa de ensamblaje adicional, y el resultado es de menor calidad, ya que la ranura entre las dos medias carcasas puede perturbar la transmisión de la señal.

El documento US6265703 describe un dispositivo de calentamiento por microondas que comprende unos conductos metálicos para guiar las microondas.

El documento "300 GHz Microfabricated Waveguide Slotted Arrays", A. Boryssenko y K. Vanhille de la compañía

Nuvotronics, LLC, describe la fabricación de una antena de cobre.

El documento "Multi-layer metal micromachining for THz waveguide fabrication", PROC. OF SPIE, vol. 7590, 2010, describe una guía de onda a base de titanio y de oro.

5 El documento JP2004312089A describe una guía de ondas de material termoplástico cuyo núcleo está recubierto por una película conductora. La guía de ondas está provista de orificios destinados a favorecer la radiación térmica para evitar las deformaciones del núcleo termoplástico.

10 El documento "Microwave waveguide filter with broadside wall slots", SHANG XIABOANG ET AL, 5 de marzo de 2015, XP006051192, describe una guía de ondas de la cual una de las paredes tiene una ranura que se extiende a lo largo de toda su longitud.

### Breve resumen de la invención

15 Un objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento de fabricación de un dispositivo de guía de onda que esté libre de las limitaciones anteriores.

20 Otro objeto de la invención es proporcionar un dispositivo de guía de onda fabricado según este procedimiento y que esté libre de las limitaciones de los dispositivos de guía de onda anteriores.

Según la invención, estos objetivos se consiguen en particular mediante un procedimiento de fabricación de un dispositivo de guía de onda que comprende las siguientes etapas:

25 fabricar de forma aditiva un núcleo, comprendiendo dicho núcleo unas paredes laterales con unas superficies externas e internas, definiendo las superficies internas un canal de guía de ondas;

depositar una capa de metal conductor sobre las superficies internas, mediante inmersión en un fluido de reactivos;

30 comprendiendo dicho núcleo por lo menos un orificio pasante de sección constante entre dichas superficies externas e internas de las paredes laterales, destinado específicamente a favorecer la evacuación de burbujas en dicho canal y/o la circulación del fluido cuando tiene lugar dicha inmersión.

35 Por dispositivo de guía de onda se entiende, en la presente solicitud, cualquier dispositivo que comprende un canal hueco delimitado por unas paredes conductoras y destinado a guiar ondas electromagnéticas de RF en el canal, por ejemplo para la transmisión de una señal electromagnética a distancia, la filtración, la recepción y la transmisión en el éter (antenas), la conversión de modo, la separación de señales, la recombinación de señales, etc.

40 La invención se refiere en particular a dispositivos capaces de funcionar en las bandas de frecuencia L, S, C, X, Ku, K, Ka, Q, V, W, F, D o G.

45 El o los orificios permiten un depósito más regular de metal conductor evitando la acumulación de burbujas en el canal, y permitiendo un intercambio de fluido mejorado entre el interior y el exterior de la guía de onda durante el depósito.

El o los orificios son particularmente útiles para evitar el estancamiento del reactivo cerca de la mitad de un canal de guía de onda largo y de sección pequeña, y para permitir que eventuales burbujas abandonen esta porción del canal.

50 Las paredes laterales que rodean el canal de guía de onda son preferentemente metalizadas en una sola operación. Esto permite evitar la presencia de ranuras entre unas paredes ensambladas después de la metalización.

55 A este efecto, los orificios están previstos ventajosamente en las paredes laterales de un canal de guía de onda fabricado mediante un procedimiento aditivo. La capa metálica se deposita mediante electrodeposición sobre todas las superficies internas del canal cerrado.

60 Si se divide el canal de guía de onda en tres secciones longitudinales de la misma longitud, se preverá ventajosamente por lo menos un orificio en la sección intermedia.

La sección del canal es significativamente más importante que la del o de los orificios, lo que altera por lo tanto sólo ligeramente los rendimientos radioeléctricos, por ejemplo la eficacia de transmisión de la guía de onda.

65 El o los orificios se extienden preferentemente perpendiculares a las paredes que atraviesan.

El o los orificios se extienden preferentemente perpendiculares a la dirección principal del canal.

La fabricación del núcleo comprende una etapa de fabricación aditiva, por ejemplo una etapa de fabricación por estereolitografía.

5 La expresión "fabricación aditiva" describe cualquier procedimiento de fabricación de piezas por adición de materia, según datos informáticos almacenados en un soporte informático y que definen un modelo de la pieza. Además de la estereolitografía, la expresión también designa otros procedimientos de fabricación mediante endurecimiento o coagulación de líquido o de polvo en particular, incluyendo, sin limitarse a ellos, procedimientos basados en chorros de tinta (binder jetting), DED (Direct Energy Deposition), EBFF (Electron beam freeform fabrication), FDM (fused deposition modeling), PFF (plastic freeforming), por aerosoles, BPM (ballistic particle manufacturing), lecho de polvo, SLS (Selective Laser Sintering), ALM (additive Layer Manufacturing), polichorro, EBM (electron beam melting), fotopolimerización, etc.

15 El procedimiento puede comprender una etapa de tratamiento de superficie del núcleo a fin de favorecer el enganche de la capa de metal conductor. El tratamiento de superficie puede comprender un aumento de la rugosidad de la superficie y/o el depósito de una capa de enganche intermedia.

20 La etapa de fabricación aditiva puede generar un núcleo que ya incluye el o dichos orificios. La forma y la ubicación de los orificios están por lo tanto definidas por el archivo informático utilizado para la impresión aditiva del núcleo.

En una variante, el o los orificios se perforan después de la etapa de fabricación aditiva. Esta variante, sin embargo, implica una etapa adicional.

25 Los bordes del orificio pueden ser metalizados durante la etapa de depósito.

Los orificios se pueden tapar después de la metalización, por ejemplo insertando un pasador o rellenándolos con pegamento conductor.

30 Las caras externas del dispositivo se pueden metalizar durante la etapa de depósito. El dispositivo es así mecánicamente más rígido y está protegido contra agresiones mecánicas y químicas desde el exterior.

El depósito de metal conductor se lleva a cabo preferentemente mediante un procedimiento químico sin el uso de corriente eléctrica.

35 La invención también tiene por objeto un dispositivo de guía de ondas producido mediante este procedimiento, y que comprende:

40 un núcleo que comprende unas paredes laterales con unas superficies externas e internas, definiendo las superficies internas un canal de guía de ondas;

una capa de metal conductor sobre las superficies internas;

45 por lo menos un orificio pasante entre dichas superficies externas e internas destinado específicamente a favorecer la evacuación de burbujas en dicho canal y/o la circulación del fluido cuando tiene lugar dicha inmersión.

### Breve descripción de las figuras

50 Ejemplos de implementación de la invención se indican en la descripción ilustrada por las figuras adjuntas, en las que:

- La figura 1 ilustra una vista en perspectiva truncada de un dispositivo de guía de onda convencional de sección rectangular.
- La figura 2 ilustra las líneas de campo magnéticas y eléctricas en el dispositivo de la figura 1.
- La figura 3 ilustra una vista en perspectiva truncada de un dispositivo de guía de onda convencional de sección circular.
- La figura 4 ilustra las líneas de campo magnéticas y eléctricas en el dispositivo de la figura 3.
- La figura 5 ilustra diferentes secciones posibles de canales de transmisión en unos dispositivos de guía de onda.
- La figura 6 ilustra una vista en perspectiva truncada de un dispositivo de guía de onda de sección rectangular producido mediante fabricación aditiva y cuyas paredes internas y externas están recubiertas ambas con un depósito de material eléctricamente conductor.

- 5 • La figura 7 ilustra una vista en perspectiva truncada de un dispositivo de guía de onda de sección rectangular producido mediante fabricación aditiva y del cual sólo las paredes internas están recubiertas con un depósito de material eléctricamente conductor.
- La figura 8 ilustra una vista en perspectiva de un dispositivo de guía de onda de sección rectangular producido mediante fabricación aditiva y cuyas paredes internas están perforadas con orificios para la evacuación de burbujas y la circulación de fluido cuando tiene lugar el depósito.
- 10 • La figura 9 ilustra una vista en perspectiva de un dispositivo de guía de onda de sección circular producido mediante fabricación aditiva y cuyas paredes internas están perforadas con orificios para la evacuación de burbujas y la circulación de fluido cuando tiene lugar el depósito.
- 15 • La figura 10 ilustra diferentes secciones posibles de orificios pasantes en unos dispositivos de guía de onda, mostrando la dimensión típica  $T_s$  a considerar para cada sección.
- La figura 11 es un diagrama que ilustra la atenuación en decibelios producida por un único orificio de diámetro variable en una gran pared de un dispositivo de guía de ondas de sección rectangular, según la frecuencia de transmisión y el diámetro del orificio.
- 20 • La figura 12 es un diagrama que ilustra la atenuación en decibelios producida por un único orificio de diámetro variable en una pequeña pared de un dispositivo de guía de ondas de sección rectangular, según la frecuencia de transmisión y el diámetro del orificio.
- 25 • La figura 13 es un diagrama que ilustra la atenuación en decibelios producida por dos orificios de diámetro variable en una gran pared de un dispositivo de guía de ondas de sección rectangular, según la frecuencia de transmisión y el diámetro del orificio.
- 30 • La figura 14 ilustra esquemáticamente un ejemplo de un dispositivo de guía de onda que se puede fabricar con el procedimiento de la invención.

**Ejemplo(s) de modo de realización de la invención**

35 La figura 7 ilustra una vista en perspectiva de un dispositivo de guía de onda 1 según la invención, en este caso un dispositivo de guía de ondas de sección rectangular. Comprende un núcleo 2 de material no conductor, por ejemplo de polímero tal como epoxi, o cerámica, fabricado mediante fabricación aditiva, por ejemplo mediante estereolitografía. Este núcleo delimita un canal interno 5 destinado al guiado de ondas, y cuya sección se determina según la frecuencia de la señal electromagnética a transmitir. Las dimensiones de este canal interno a, b, y su forma, se determinan en función de la frecuencia de funcionamiento del dispositivo 1, es decir la frecuencia de la señal electromagnética para la que está fabricado el dispositivo y para la que se obtiene un modo de transmisión estable y opcionalmente con un mínimo de atenuación.

45 El núcleo 5 está fabricado de manera monolítica, por ejemplo mediante estereolitografía. También puede estar constituida por varias partes formadas mediante estereolitografía y ensambladas entre sí antes del recubrimiento, por ejemplo mediante pegado o fusión térmica.

50 Las superficies internas 20 del núcleo 2 delimitan el canal 5. Están recubiertas con un depósito de material conductor no mostrado, por ejemplo de cobre, plata, oro, níquel, etc., recubierto mediante depósito químico sin corriente eléctrica.

El grosor de este revestimiento conductor debe ser suficiente para que la superficie sea eléctricamente conductora en la radiofrecuencia elegida. Esto se obtiene típicamente usando una capa conductora depositada en las paredes internas de la guía de onda con un grosor por lo menos igual a la profundidad de la piel  $\delta$ :

$$55 \quad \delta = \sqrt{\frac{2}{\mu 2\pi f \sigma}}$$

en la que  $\mu$  es la permeabilidad magnética del metal recubierto,  $f$  es la radiofrecuencia de la señal a transmitir, y  $\sigma$  es la conductividad eléctrica del metal recubierto.

60 Este grosor es sustancialmente constante en todas las superficies internas 20 a fin de obtener una pieza terminada con tolerancias dimensionales precisas para el canal 5. El grosor es preferentemente superior a 1  $\mu\text{m}$ .

Las superficies externas 21 alrededor del núcleo 2 también pueden estar recubiertas con un depósito del mismo

material, de otro material, o estar sin recubrir.

5 El depósito de metal conductor 3 sobre las caras internas 20 y eventualmente externas 21 se realiza sumergiendo el núcleo 5 en una serie de baños sucesivos, típicamente de 5 a 15 baños. Cada baño implica un fluido con uno o más reactivos. El depósito no requiere aplicar corriente al núcleo a recubrir. La agitación y el depósito regular se obtienen agitando el fluido, por ejemplo bombeando el fluido en el canal de transmisión 5 y/o alrededor del dispositivo, o haciendo vibrar el núcleo 5 y/o el tanque de fluido, por ejemplo con un dispositivo vibratorio ultrasónico para crear ondas ultrasónicas.

10 Según un aspecto de la invención, uno o más orificios pasantes 7 pasan a través del núcleo 2 entre las superficies internas y externas 21, de manera que se permita una comunicación de fluido entre el canal 5 y el entorno alrededor del dispositivo 1. En el ejemplo ilustrado en esta figura, se proporcionan varios orificios de sección variable en la pared grande de anchura interna b, y también se proporcionan varios orificios 7 de sección variable en la pared pequeña de altura a. Sin embargo, también es posible proporcionar unos orificios sólo en la pared grande, o sólo  
15 en la pared pequeña, o en cualquier número de paredes. Es posible prever 0, 1 o N orificios en cada pared. La sección de los orificios pasantes 7 y su forma pueden ser idénticas o variables.

20 La figura 8 ilustra una variante del dispositivo de guía de onda 1 con un canal de guiado interno 5 de sección circular y provisto de los orificios pasantes 7 para el intercambio de fluido entre el canal 5 y el exterior cuando tiene lugar la inmersión.

25 La figura 9 ilustra una variante del dispositivo de guía de ondas 1 con un canal de guiado interno 5 de sección rectangular, siendo sin embargo el canal 5 ondulado y no paralelepípedo. También está provisto de los orificios pasantes 7 para el intercambio de fluido entre el canal 5 y el exterior cuando tiene lugar la inmersión.

Los orificios se extienden en todos estos ejemplos perpendicularmente a las superficies internas 20 y externas 21, y perpendicularmente a la dirección principal según la cual se extiende el canal 5. También se pueden realizar orificios orientados oblicuamente.

30 El tamaño de los orificios 7, su forma, su orientación, su separación, su distribución en las superficies internas y externas, su número y su densidad afectan en particular a las siguientes características:

- Eficacia del intercambio de fluidos desde y hacia el canal 5 cuando tiene lugar el depósito de las superficies conductoras en el núcleo 2.
- Eficacia de la evacuación de las burbujas fuera del canal 5 cuando tiene lugar esta etapa de depósito.
- Rendimiento del dispositivo de guía de onda, por ejemplo atenuación de la señal transmitida u otras perturbaciones de la señal causadas por los orificios.

35 40 La figura 11 ilustra la atenuación de la señal de RF en decibelios producida por un único orificio de sección circular 7 de 50 mm de largo, estando dispuesto el orificio a través de una de las grandes paredes de un dispositivo de guía de ondas de sección rectangular, para diferentes frecuencias de transmisión. Las diferentes curvas corresponden a diferentes diámetros de los orificios 7. En la figura 11, en la que se muestra un ejemplo de una guía de ondas de banda Ka, se puede ver que la atenuación es insignificante para un orificio con un diámetro de 0,6 y 0,7 mm, pero aumenta más rápidamente más allá. Los valores absolutos dependen del tipo de dispositivo de guía de ondas y de sus dimensiones. El diagrama demuestra, sin embargo, que se puede considerar el uso de orificios de dimensiones suficientes para el objetivo descrito sin afectar el funcionamiento del dispositivo.

45 50 La figura 12 ilustra la atenuación de la señal de RF en decibelios producida por un único orificio 7 idéntico al de la figura 11, pero proporcionado a través de una de las pequeñas paredes del mismo dispositivo de guía de ondas. Las diferentes curvas corresponden a diferentes diámetros de orificios 7. Se puede ver que la atenuación también aumenta con el diámetro del orificio, pero sigue siendo menos significativa que cuando el orificio está previsto en una de las grandes paredes de anchura b. Esta simulación sugiere que en general es preferible proporcionar unos orificios (posiblemente pasantes) en las paredes pequeñas del dispositivo de guía de ondas, por lo menos en el caso de dispositivos de sección rectangular en el modo de transmisión TE<sub>10</sub>.

55 60 La figura 13 ilustra la atenuación de la señal de RF en decibelios producida por dos orificios 7 en un dispositivo idéntico al de la figura 11, estando previstos los orificios a través de una de las grandes paredes de la guía de ondas. Las diferentes curvas corresponden a diferentes diámetros de los orificios 7. De nuevo, la atenuación de la señal electromagnética tiende generalmente a aumentar con el diámetro del orificio. Sin embargo, también depende en gran medida de la frecuencia, lo que sugiere una perturbación del modo de transmisión en determinadas frecuencias.

65 De manera general, las dimensiones de los orificios 7 entre las paredes internas y externas 20, 21 afectan a los rendimientos de radiofrecuencia del dispositivo. Sin embargo, esta degradación del rendimiento es aceptable si la

dimensión típica de los orificios Ts es inferior a una tercera parte de la longitud de onda  $\lambda$  en el espacio libre a la frecuencia de funcionamiento del dispositivo:

$$T_s < \lambda / 3$$

5

En un modo de realización preferido, la dimensión típica de los orificios Ts es inferior a una quinta parte de  $\lambda$ .

10

En la figura 10, se ilustran diferentes secciones posibles para los orificios pasantes 7, que también muestra la dimensión típica Ts a considerar para cada forma. En el caso de un canal 5 de sección rectangular, la dimensión típica es la altura b (es decir la dimensión perpendicular a la dirección principal del canal de la pared más pequeña). En el caso de un canal 5 de sección circular, la dimensión típica Ts está constituida por el diámetro. En la figura 10 se muestran otras dimensiones típicas. .

15

La figura 14 ilustra esquemáticamente un ejemplo de dispositivo de guía de onda 1 que puede fabricarse con el procedimiento de la invención. Se trata en este ejemplo no limitativo de una red de antenas que comprende unos pabellones 10 y unas secciones de transmisión que forman una red de formación de haces (beamforming network). Todas las superficies internas deben estar metalizadas, es decir recubiertas con un depósito metálico. El núcleo 5 se fabrica mediante fabricación aditiva, por ejemplo mediante estereolitografía, en un polímero o una cerámica, o una combinación de ambos. El dispositivo 1 comprende los orificios 7 que pueden obtenerse directamente mediante el proceso de fabricación aditiva o para algunos de ellos, ser perforados posteriormente.

20

Según un modo de realización no reivindicada, la invención también tiene por objeto un procedimiento de fabricación que comprende:

25

introducir datos en un ordenador que representa la forma de un núcleo 2 de dispositivo de guía de ondas, tal como se describe anteriormente;

usar estos datos para producir un núcleo de dispositivo de guía de ondas mediante fabricación aditiva.

30

Por otro lado y también según un modo de realización no reivindicado, la invención también se refiere a un soporte de datos informático que contiene datos destinados a ser leídos por un dispositivo de fabricación aditiva para fabricar un objeto, representando dichos datos la forma de un núcleo para el dispositivo 1 de guía de ondas, comprendiendo dicho núcleo unas paredes laterales con unas superficies externas 21 e internas 20, definiendo las superficies internas un canal 5 de guía de ondas; comprendiendo dicho núcleo por lo menos un orificio 7 entre dichas superficies externas e internas.

35

El soporte de datos informático puede estar constituido, por ejemplo, por un disco duro, una memoria flash, un disco virtual, una llave USB, un disco óptico, un medio de almacenamiento en red o en la nube, etc.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de fabricación de un dispositivo (1) de guía de onda que comprende las siguientes etapas:
  - 5 fabricar mediante fabricación aditiva un núcleo (2), comprendiendo dicho núcleo (5) unas paredes laterales con unas superficies externas (21) e internas (20), definiendo las superficies internas un canal de guía de ondas (5);
  - 10 depositar una capa de metal conductor (3) sobre las superficies internas (20), mediante inmersión en un fluido de reactivos;
  - 15 en el que dicho núcleo (2) comprende por lo menos un orificio pasante (7) de sección constante entre dichas superficies externas e internas, destinado específicamente a favorecer la evacuación de burbujas en dicho canal (5) y/o la circulación del fluido cuando tiene lugar dicha inmersión.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, siendo la dimensión típica (Ts) de la sección del o de los orificios pasantes (7) inferior a una tercera parte de la longitud de onda ( $\lambda$ ) en el espacio libre a la frecuencia de funcionamiento del dispositivo.
- 20 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 2, siendo la dimensión típica (Ts) de la sección del o de los orificios pasantes (7) inferior a 2 milímetros.
- 25 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, extendiéndose el o los orificios pasantes (7) perpendicularmente a dichas paredes (20, 21) y a la dirección principal del canal.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende una etapa de agitación y/o de agitación por bombeo, y/o de agitación por vibración del fluido de reactivos cuando tiene lugar la inmersión del núcleo (2).
- 30 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende una etapa de tratamiento de superficie de dicho núcleo (5) a fin de favorecer el enganche de la capa de metal conductor.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, llevándose a cabo el depósito de metal conductor (3) mediante un procedimiento químico sin utilización de corriente eléctrica.
- 35 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, produciendo dicha etapa de fabricación aditiva un núcleo que incluye el o los orificios pasantes (7).
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, siendo perforado dicho orificio pasante (7) después de dicha etapa de fabricación aditiva.
- 40 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, comprendiendo dicho núcleo (5) varios de dichos orificios pasantes (7) entre las paredes internas y externas (20, 21), siendo el diámetro de cada orificio pasante inferior a 1 mm.
- 45 11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10, comprendiendo el depósito una etapa de bombeo de fluido a través de dicho por lo menos un orificio pasante (7).

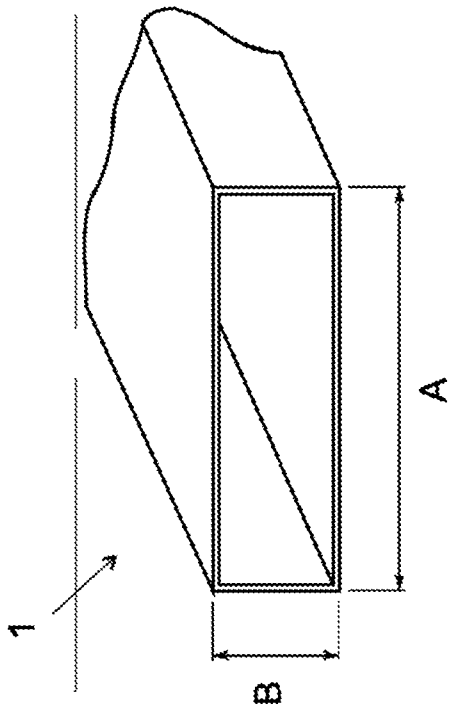


Fig.1

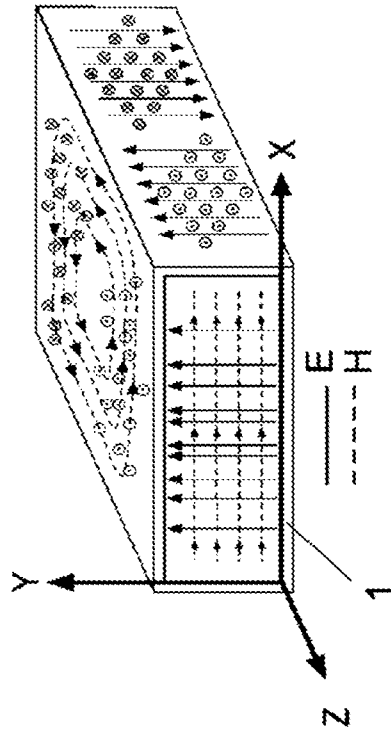


Fig.2

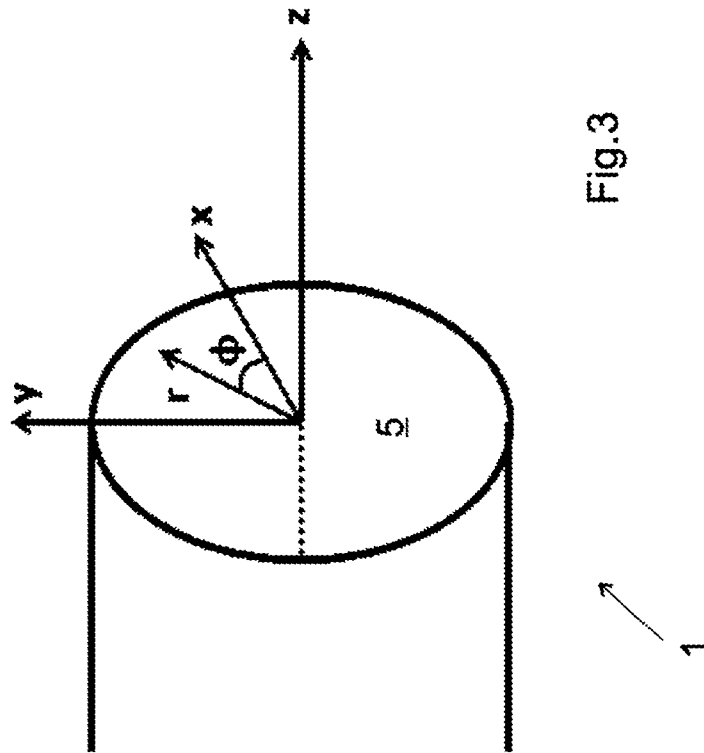


Fig.3

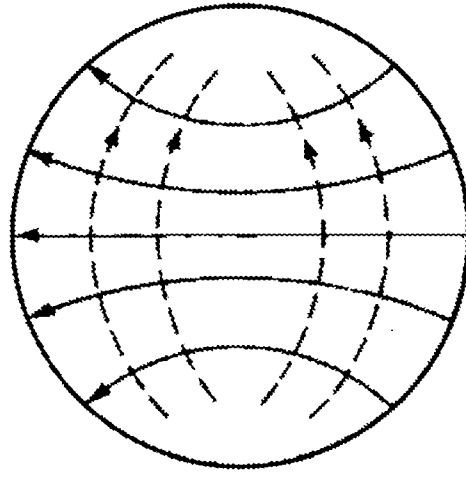
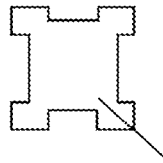


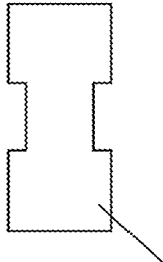
Fig.4



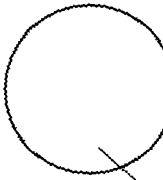
5 Fig.5E



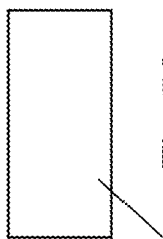
5 Fig.5D



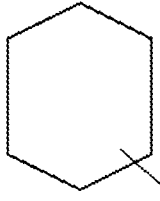
5 Fig.5C



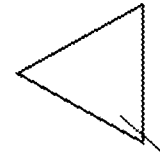
5 Fig.5B



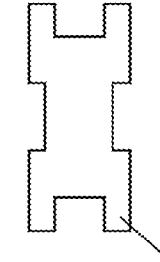
5 Fig.5A



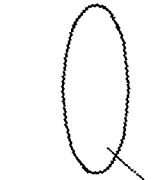
5 Fig.5J



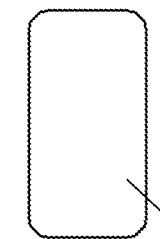
5 Fig.5I



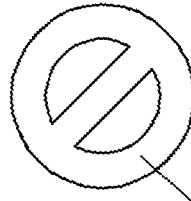
5 Fig.5H



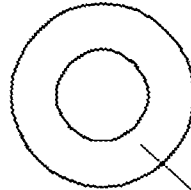
5 Fig.5G



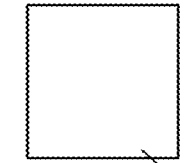
5 Fig.5F



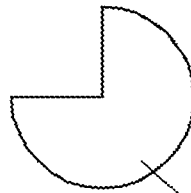
5 Fig.5O



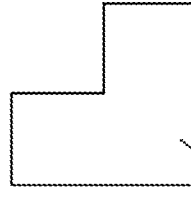
5 Fig.5N



5 Fig.5M



5 Fig.5L



5 Fig.5K

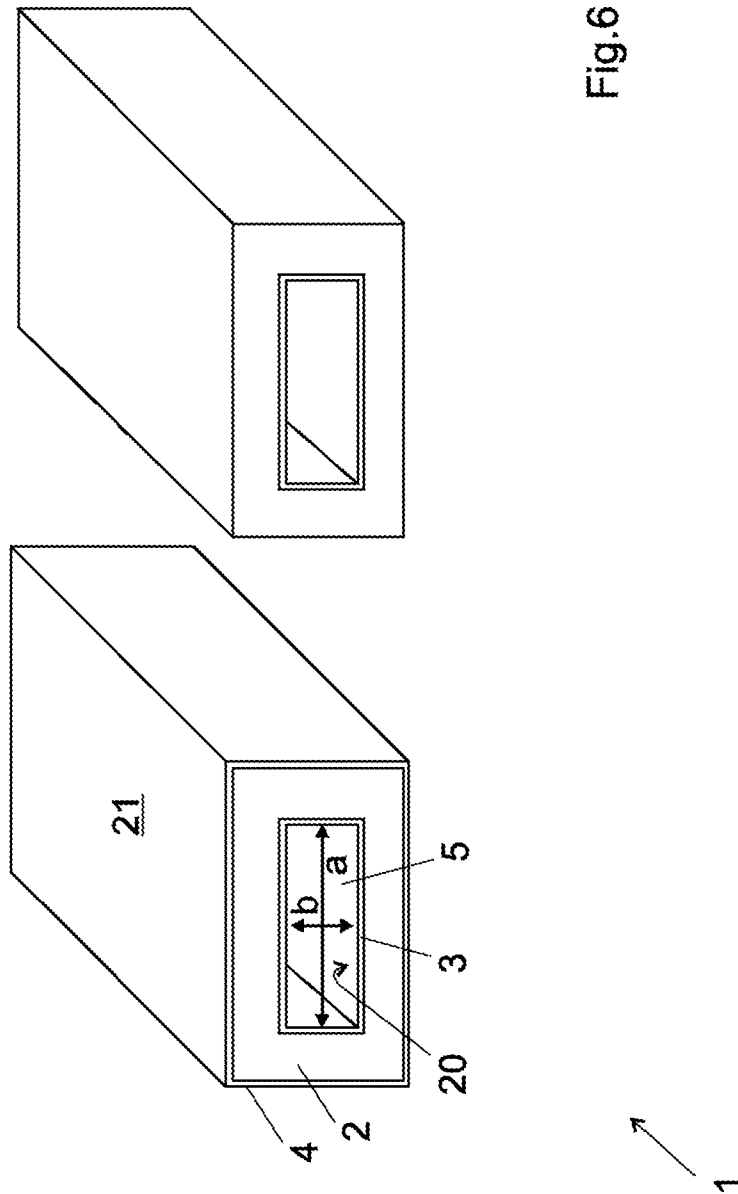


Fig.6

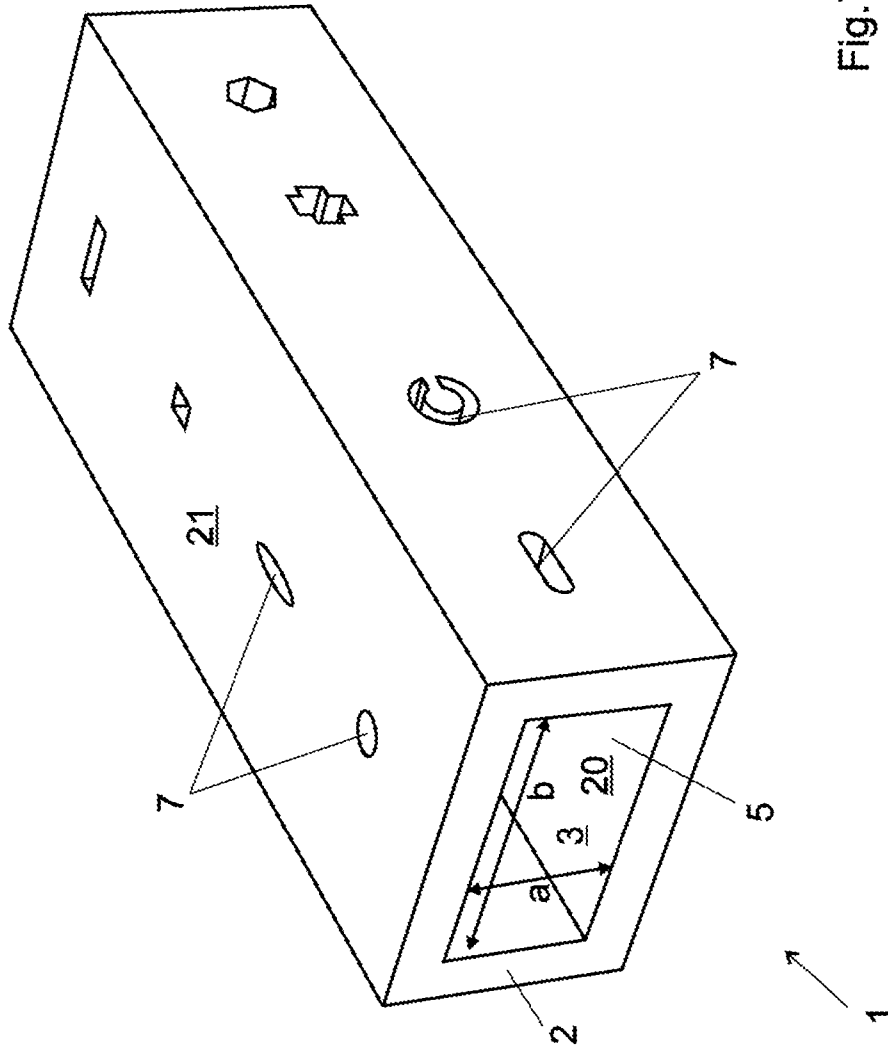


Fig. 7

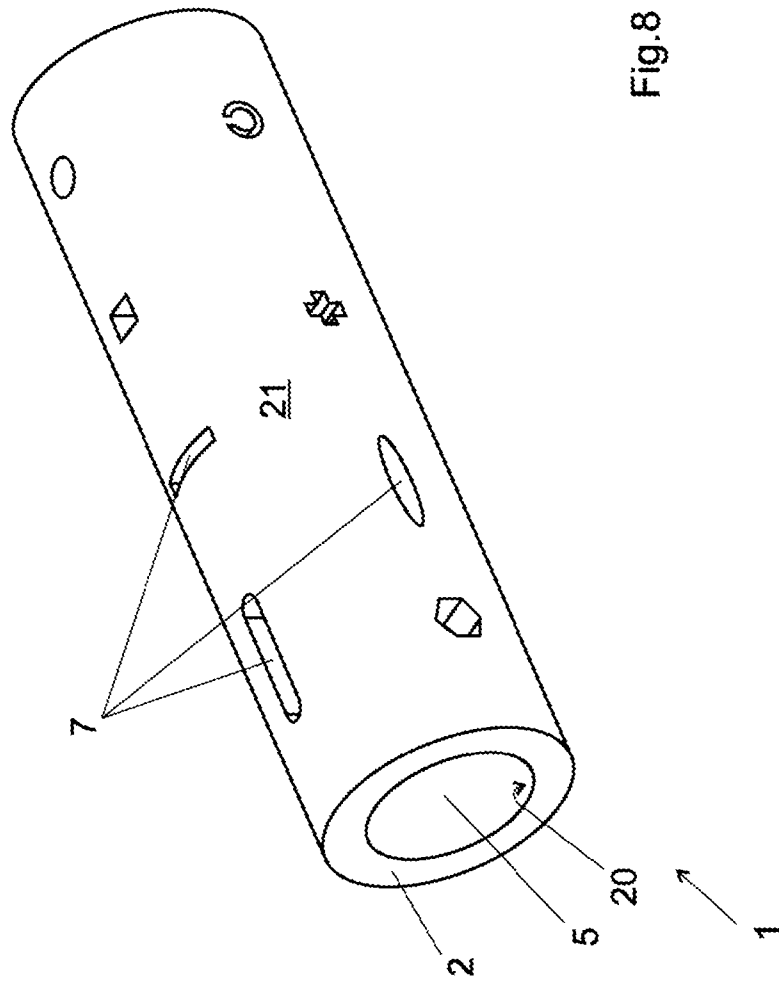
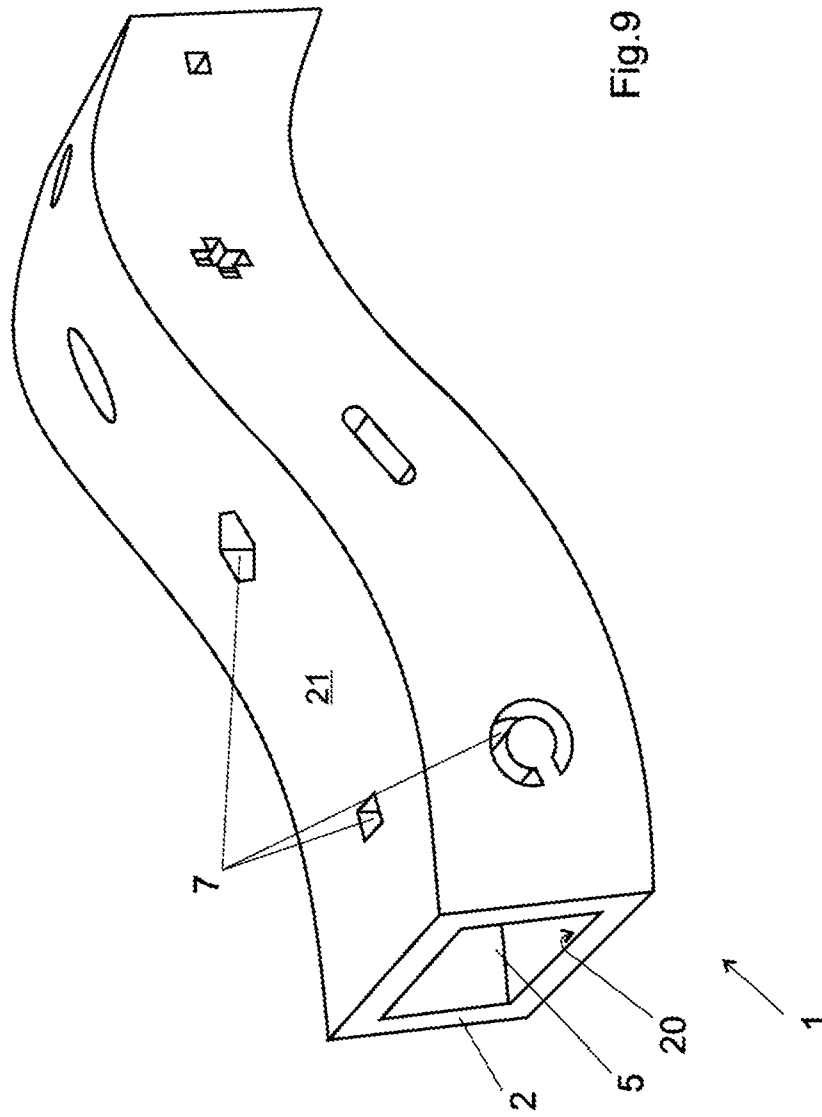


Fig.8



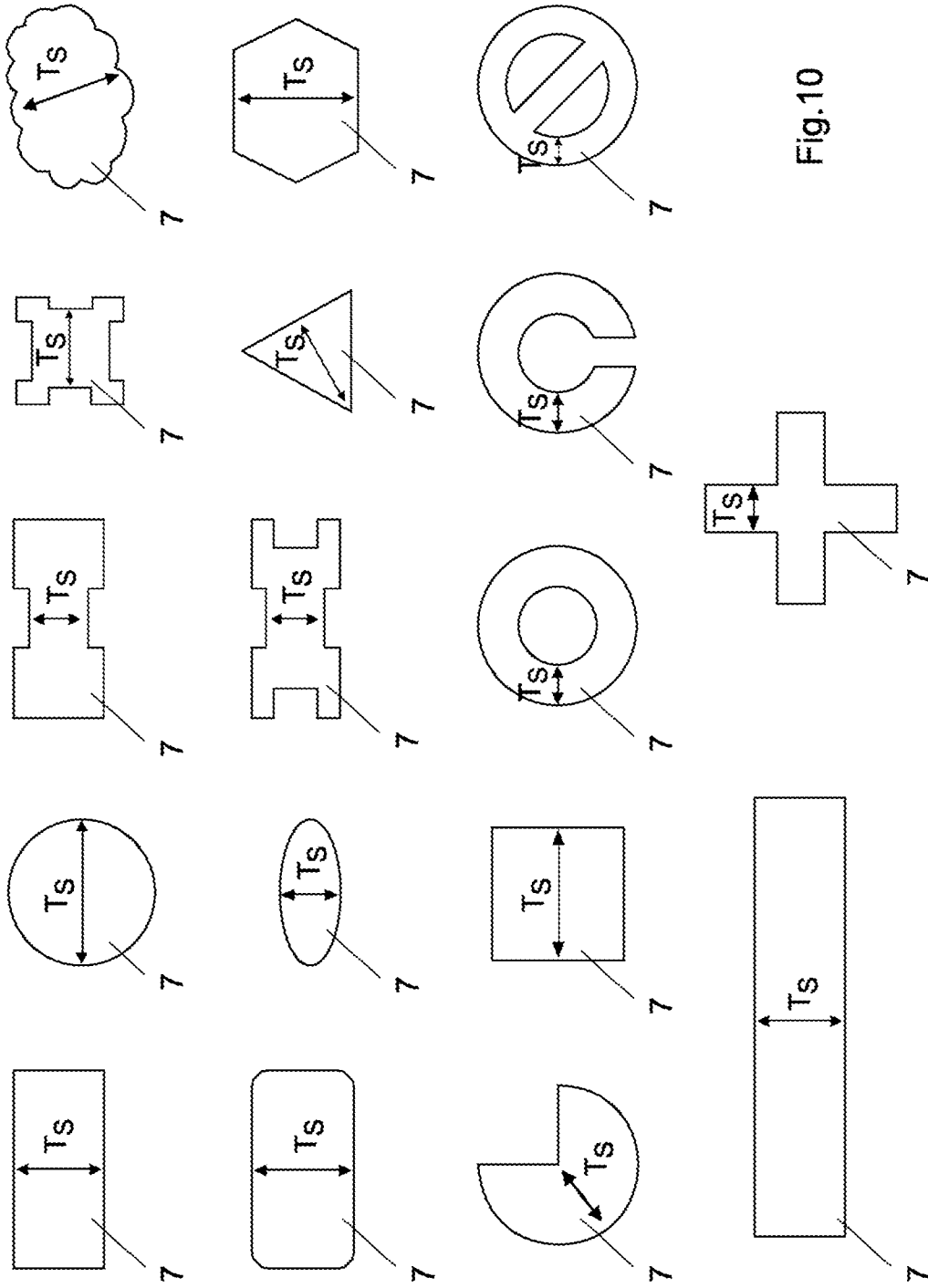


Fig.10

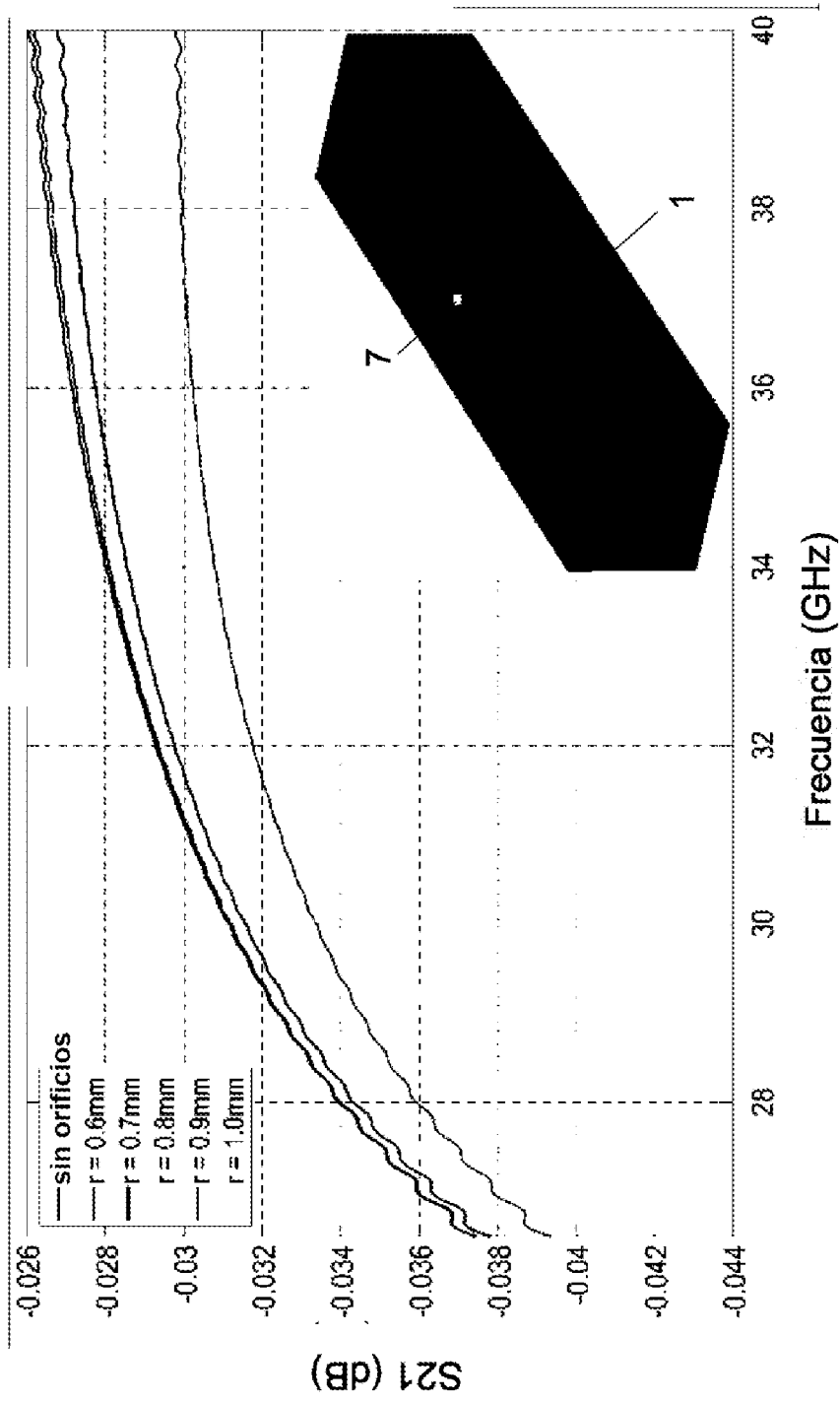


Fig.11

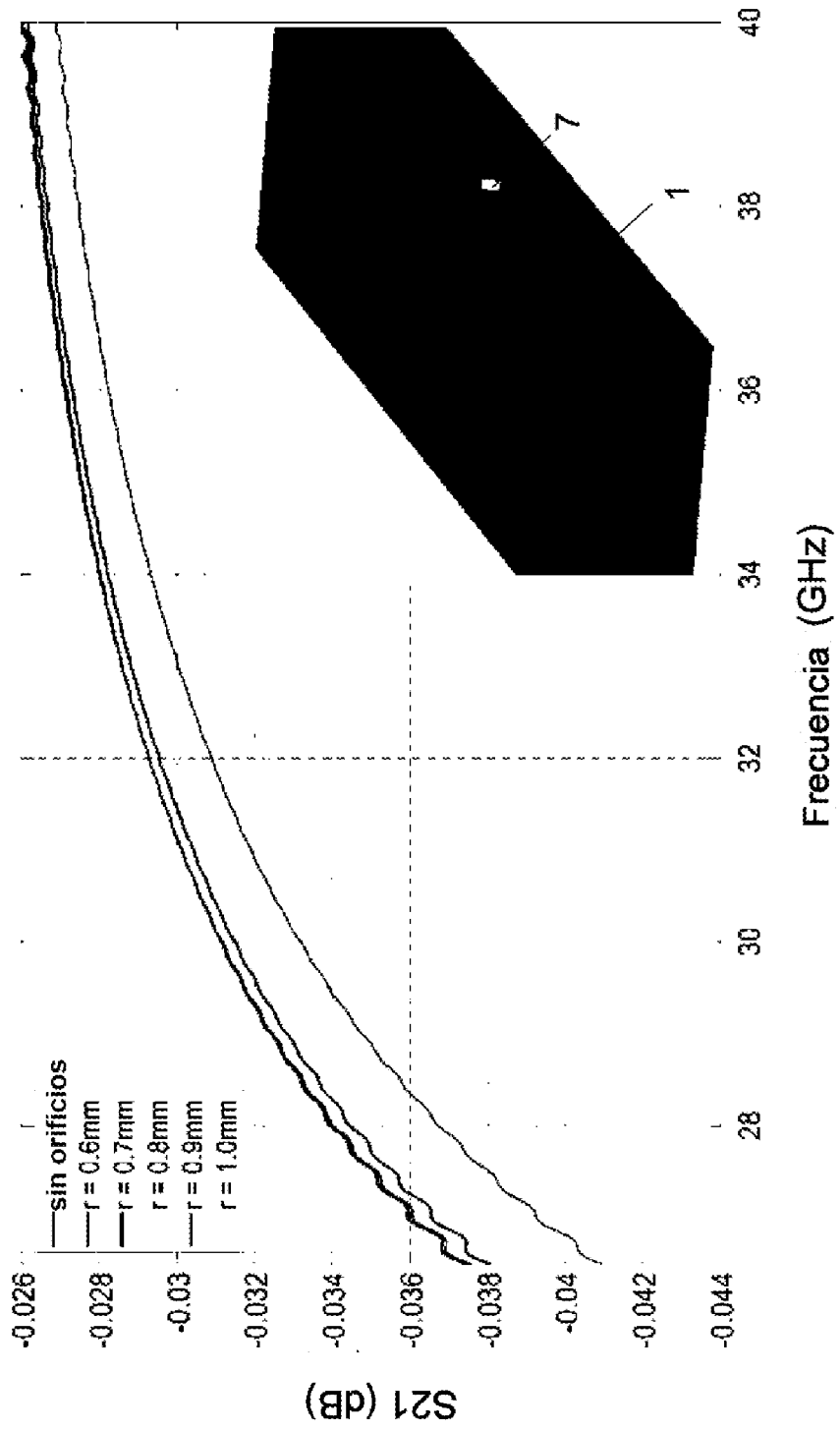


Fig.12

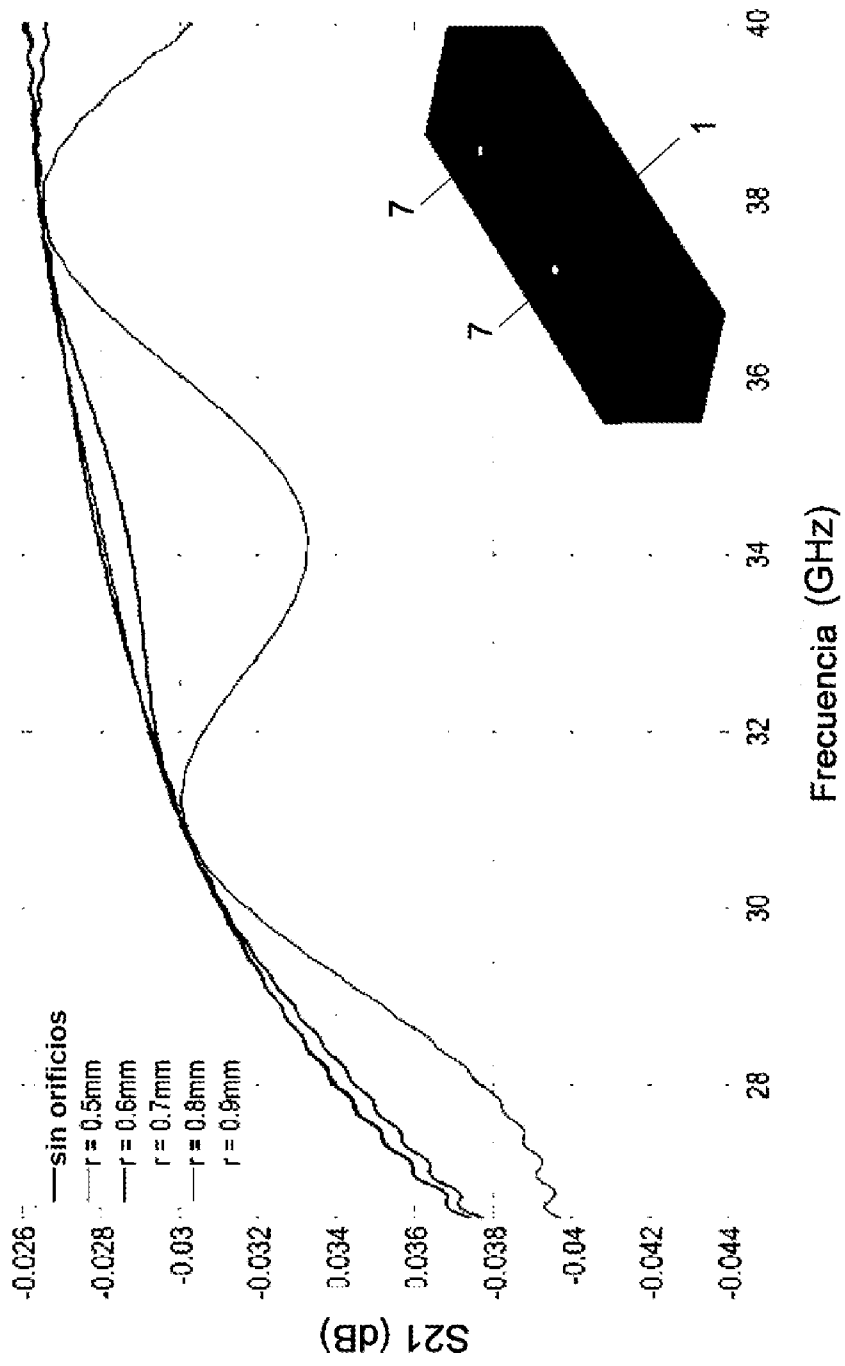


Fig.13

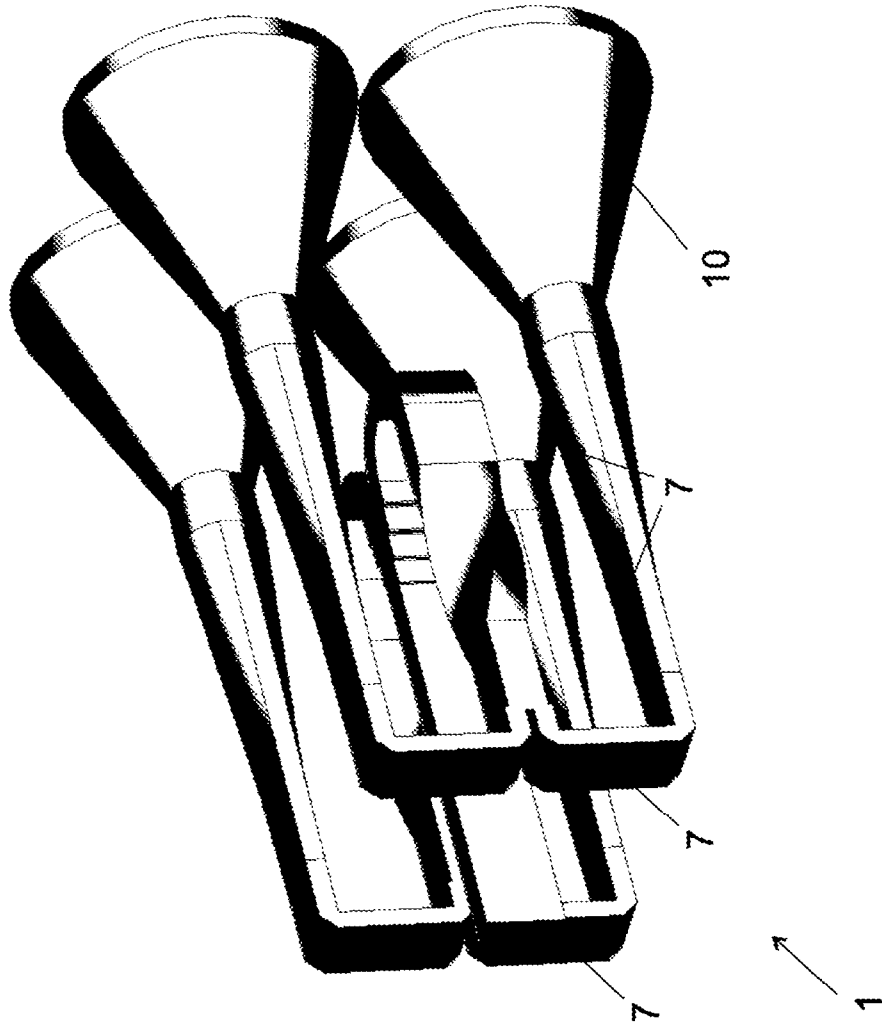


Fig.14