

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 689 355**

21 Número de solicitud: 201830647

51 Int. Cl.:

**B29C 67/00** (2007.01)

**H01P 1/208** (2006.01)

**H01P 5/107** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**28.06.2018**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**13.11.2018**

71 Solicitantes:

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  
(91.7%)**

**Servicio de Promoción y Apoyo a la  
Investigación, la Innovación y la Transferencia.  
Edificio Nexus (6G) - 3ª planta. Camí de Vera, s/n  
46022 VALÈNCIA ES y**

**CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES  
CIENTÍFICAS (CSIC) (8.3%)**

72 Inventor/es:

**BACHILLER MARTIN, María Carmen;  
SANCHEZ MARIN, Juan Rafael;  
NOVA GIMENEZ, Vicente;  
MARIN GARCIA, María Luisa;  
MERELLO GIMENEZ, José Manuel y  
BORIA ESBERT, Vicente Enrique**

74 Agente/Representante:

**MALDONADO JORDAN, Julia**

54 Título: **MÉTODO DE FABRICACIÓN DE DISPOSITIVO DE MICROONDAS BASADO EN GUÍA DE ONDA VACÍA INTEGRADA EN SUSTRATO**

57 Resumen:

Método de fabricación de dispositivo de microondas basado en guía de onda vacía integrada en sustrato. La invención describe un método de fabricación de dispositivo de microondas basado en guía de onda vacía integrada en sustrato. El método comprende las etapas de imprimir mediante impresión 3D el cuerpo del dispositivo de microondas (1) a partir de un material polimérico derivado de una fuente renovable dopado con al menos un metal; metalizar la superficie del cuerpo del dispositivo de microondas (1) en dos etapas, según una primera metalización autocatalítica seguida por una metalización galvánica; e integrar modularmente el dispositivo de microondas en un sistema basado en placa de circuito impreso mediante medios de conexión desmontables.

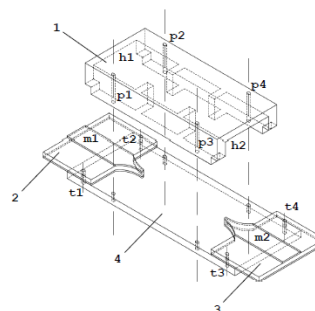


FIG. 1

## DESCRIPCIÓN

### MÉTODO DE FABRICACIÓN DE DISPOSITIVO DE MICROONDAS BASADO EN GUÍA DE ONDA VACÍA INTEGRADA EN SUSTRATO

5

#### Campo de la invención

La presente invención se refiere de manera general al campo de los dispositivos de microondas, en particular a los dispositivos de microondas sobre guía de onda vacía integrada en sustrato, y más concretamente a un nuevo método de fabricación de los mismos.

10

#### Antecedentes de la invención

Los actuales sistemas de radiocomunicación se enfrentan a la progresiva saturación del espectro electromagnético, con unos canales cada vez más congestionados y ruidosos. Esto, unido a unos requerimientos de velocidades cada vez mayores, está obligando a los sistemas a migrar hacia bandas de frecuencia más altas como la banda de ondas milimétricas y de microondas, donde se dispone de más espectro libre. Este efecto puede apreciarse especialmente bien en las comunicaciones móviles que, partiendo de los 900 MHz, evolucionaron hacia los 1800 MHz, 2100 MHz, 2600 MHz y las futuras bandas estudiadas para 5G distribuidas entre los 6 GHz y 40 GHz. Además, con el crecimiento del número de estándares de comunicación, se ha hecho patente la necesidad de crear nuevos sistemas que traten el espectro electromagnético de manera más eficiente.

Para la fabricación de dispositivos de alta frecuencia de comunicaciones se utilizan tradicionalmente técnicas de fresado sobre bloques de material conductor (si la tecnología es de guía de onda), así como técnicas de fresado y abrasión de placa de circuito impreso y metalización galvánica, junto con ensamblaje por soldadura o tornillería si la tecnología es SIC (circuitos integrados en sustrato). Estos procesos, herramientas y materiales son costosos y poco accesibles.

Una fresadora mecánica (o láser) de control numérico es un equipo muy caro y aprender a manejarlo no es sencillo. Muchas veces los investigadores se ven limitados por las herramientas de las que disponen, ya que la realización de prototipos que demuestren un concepto no puede llevarse a cabo si no se tienen las herramientas adecuadas. Además las fresadoras suelen trabajar sobre un espacio limitado a las capas superficiales, y no permiten la creación de modelos tridimensionales complejos.

Las nuevas técnicas de impresión 3D abren una interesante vía para la realización sencilla de prototipos y no limitan la fabricación a dispositivos planares: se puede fabricar

cualquier pieza que se desee, y además los materiales y la forma en la que se imprimen presentan características electromagnéticas muy interesantes. Además la impresión 3D permite el uso de diferentes materiales de fundido (metales y polímeros) y una inmediatez hasta ahora desconocida. Su uso puede ser muy interesante, bien como dieléctricos que  
 5 cumplen una función determinada en los dispositivos, bien como el dispositivo en sí, previamente metalizado con técnicas no contaminantes para conseguir la conductividad necesaria. Sin embargo, los polímeros que se emplean en la impresión 3D necesitan un tratamiento de metalización para poder usarlos en determinadas aplicaciones.

El uso de la impresión 3D para la fabricación de dispositivos de microondas es una  
 10 tendencia en auge en la industria: se pueden encontrar ejemplos de uso que utilizan como material de impresión metales o polímeros derivados del petróleo.

Cada vez interesan más los nuevos materiales poliméricos derivados de fuentes renovables como una alternativa a los polímeros derivados del petróleo. La polilactida (o ácido poliláctido, PLA) es un ejemplo importante de dichos polímeros, que es objeto de numerosas  
 15 investigaciones y aplicaciones.

Actualmente se ha despertado un interés creciente en la aplicación de PLA para fabricar circuitos electrónicos. No obstante, para poder usar este material en la industria electrónica se necesita un procedimiento de metalización del polímero. En este procedimiento, se deposita una capa de metal mediante reacciones químicas entre iones metálicos y un compuesto  
 20 reductor presente en un baño de metalización en el que se sumerge la pieza. Este procedimiento se produce en presencia de un catalizador. Tradicionalmente, para la metalización de polímeros basados en petróleo, se utiliza el baño en cromo hexavalente, pero resulta particularmente contaminante. No se conocen métodos adecuados para la metalización de polímeros basados en fuentes renovables.

Por ejemplo, el documento “3-D Printed Metal-Pipe Rectangular Waveguides” de Mario D’auria *et al.* (IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology, 20150821 IEEE, EE.UU.) se refiere a la impresión 3D de guías de onda rectangulares a partir  
 25 de un polímero derivado del petróleo (ABS) y su posterior metalización por deposición química.

El documento “Surface-mountable metalized plastic waveguide filter suitable for high  
 30 volume production”, de T. J. Muller *et al.* (European Microwave Conference, 2003, 33rd, 20031001 IEEE, Piscataway, NJ, EE.UU.) se refiere a la obtención de un filtro de guía de onda mediante moldeo por inyección a partir de un polímero derivado del petróleo y su posterior metalización química y galvánica.

El documento “Monolithic FFF-Printed Biocompatible, Biodegradable, Dielectric-  
 35 Conductive Microsystems” de Z. Sun y L. F. Velásquez García (Journal of

Microelectromechanical Systems, vol. 26, n.º 6, págs. 1356-1370, diciembre de 2017) se refiere a la impresión 3D a partir de un sustrato biocompatible y biodegradable, en concreto PLA. Sin embargo, este documento no da a conocer la metalización de la superficie del producto obtenido por impresión 3D.

5 Por otro lado, una de las preocupaciones de la industria de comunicaciones con respecto a sus equipos es la integración de dispositivos y tecnologías. Muchos sistemas son planares, es decir que se sustentan en circuitos impresos sobre placas dieléctricas (denominadas PCB, placas de circuito impreso). Sin embargo, los dispositivos con mejores prestaciones son aquellos fabricados sobre guías de onda vacías. Integrar guías de onda  
10 vacías en sustratos planares es un reto tecnológico en desarrollo.

Por tanto, sigue existiendo en la técnica la necesidad de un método que permita obtener de manera rápida y económica (impresión 3D) dispositivos de microondas basados en guías de onda vacías integradas en sustrato, usando como material un polímero derivado de fuentes renovables y su posterior metalización, así como la integración de dichos dispositivos de  
15 microondas en arquitecturas planares, como son los sistemas basados en placas de circuito impreso.

#### Sumario de la invención

Para solucionar los problemas de la técnica anterior, la presente invención da a conocer  
20 un método de fabricación de dispositivo de microondas basado en guía de onda vacía integrada en sustrato, que comprende las etapas de:

- impresión, en la que se imprime mediante impresión 3D un cuerpo del dispositivo de microondas a partir de un material polimérico derivado de una fuente renovable dopado con al menos un metal;
- 25 - metalización, en la que se metaliza la superficie del cuerpo del dispositivo de microondas en dos etapas: una primera metalización autocatalítica seguida por una metalización galvánica; e
- integración, en la que se integra modularmente el dispositivo de microondas en un sistema basado en placa de circuito impreso mediante medios de conexión  
30 desmontables.

#### Breve descripción de los dibujos

La presente invención se entenderá mejor con referencia al siguiente dibujo con carácter ilustrativo y no limitativo de la invención:

35 La figura 1 muestra una vista en perspectiva que representa esquemáticamente la

integración del dispositivo microondas según la presente invención en un sistema basado en placa de circuito impreso.

#### Descripción detallada de las realizaciones preferidas

5 Según se usa en el presente documento, el término “fuente renovable” al referirse a un material polimérico se refiere a una fuente de origen animal o vegetal.

Tal y como puede verse en la figura 1, el dispositivo de microondas fabricado según el método de la presente invención comprende un cuerpo del dispositivo de microondas (1), secciones de transición (2, 3) y una base de anclaje (4). Tal y como se desprende del presente documento, el experto en la materia entenderá que aunque en la figura 1 se representan dos transiciones (2, 3), puede existir una sola o más de dos secciones de transición, en función de las características particulares del cuerpo del dispositivo de microondas (1).

La invención se refiere de manera general a un método de fabricación de dispositivo de microondas basado en guía de onda vacía integrada en sustrato, que comprende las etapas de:

- impresión, en la que se imprime mediante impresión 3D el cuerpo del dispositivo de microondas (1) a partir de un material polimérico derivado de una fuente renovable dopado con al menos un metal;
- metalización, en la que se metaliza la superficie del cuerpo del dispositivo de microondas (1) en dos etapas: una primera metalización autocatalítica seguida por una metalización galvánica; e
- integración, en la que se integra modularmente el dispositivo de microondas en un sistema basado en placa de circuito impreso mediante medios de conexión desmontables.

Según la realización preferida de la presente invención, el material polimérico es PLA (derivado de un almidón obtenido de la biomasa) dopado con cobre o bronce. Este material funde a baja temperatura(210°C) y puede usarse con una amplia gama de impresoras 3D de bajas prestaciones. Además, no emite gases contaminantes durante la impresión ni requiere “cama caliente” como soporte de impresión. La pieza resultante contiene aproximadamente un 20% de material conductor, lo cual facilita la adhesión de la capa de metalización.

Una vez obtenido el cuerpo del dispositivo de microondas (1) deseado mediante impresión 3D a partir de PLA dopado con cobre o bronce, se procede a metalizar la superficie del mismo. Según la realización preferida de la presente invención, la metalización se realiza en dos etapas: una primera metalización autocatalítica seguida por una metalización galvánica.

La etapa de metalización autocatalítica consiste preferiblemente en un primer

tratamiento básico para modificar químicamente la superficie, que a continuación se activa con ácido y se metaliza en un baño con una disolución de cobre (o algún otro metal adecuado), que adecua el material para una posterior metalización galvánica. Tras este procedimiento se obtiene una fina capa de cobre sobre el cuerpo del dispositivo de microondas (1). No obstante, 5 esta fina capa de cobre es insuficiente para conseguir las prestaciones eléctricas requeridas de un dispositivo de microondas basado en guía de onda vacía integrada en sustrato.

Por tanto, la metalización autocatalítica va seguida por una etapa de metalización galvánica clásica, obteniéndose una capa de cobre suficientemente gruesa, preferiblemente de 30 micrómetros aproximadamente sobre el cuerpo del dispositivo de microondas (1), regular, 10 bien adherida y con prestaciones idénticas a las de un dispositivo fabricado por fresado sobre una pieza de material conductor, pero de menor peso. Este proceso de metalización es menos contaminante que el metalizado tradicional de polímeros basados en petróleo, en el que tradicionalmente se utilizan el baño en cromo hexavalente.

Además, para reducir adicionalmente el peso del dispositivo de microondas, en la etapa 15 de impresión se puede imprimir el cuerpo del dispositivo de microondas (1) al menos parcialmente hueco, sin por ello afectar sustancialmente a la resistencia mecánica del dispositivo final.

Con esta técnica se puede fabricar cualquier dispositivo de microondas basado en guía de onda vacía integrada en sustrato que se desee de una manera rápida, económica y 20 altamente repetitiva.

Según la realización preferida de la presente invención, el método comprende además la etapa de integración, en la que se integra el cuerpo del dispositivo de microondas (1) impreso y metalizado tal como se describió anteriormente en el presente documento en un sistema basado en placa de circuito impreso mediante medios de conexión desmontables (por 25 ejemplo, tornillos pasantes), según lo que se denomina arquitectura modular. En concreto, se conforman las secciones de transición (2, 3) al cuerpo del dispositivo de microondas (1) y la base de anclaje (4) para el tamaño del dispositivo. Sobre la base de anclaje (4) se integrará el cuerpo del dispositivo de microondas (1), que debe tener las dimensiones necesarias para que encajen las secciones de transición (2, 3) y los orificios para los tornillos pasantes que lo unirán 30 a la base de anclaje (4).

Según todo lo expuesto, la presente invención presenta un método alternativo que permite obtener de manera rápida y económica dispositivos de microondas basados en guía de onda vacía integrada en sustrato, mediante impresión 3D a partir de un material polimérico derivado de una fuente renovable dopado con metal, y mediante una doble metalización de la 35 superficie del cuerpo del dispositivo de microondas (1), permitiendo asimismo su integración en

arquitecturas planares de manera rápida y sencilla, lo que resuelve aspectos relevantes que la diferencian y le confieren ventajas respecto de la técnica anterior:

- Para la fabricación e integración de dispositivos SIC es preciso que el dispositivo se perfore, se frese y se metalice sobre la misma pieza que el resto del circuito planar. De esta forma, si el dispositivo se deteriorase o si quisiera cambiarse por otro de características diferentes, habría que volver a fabricar toda la placa de circuito impreso donde está integrado. Gracias al método dado a conocer en el presente documento, si el dispositivo de microondas se deteriora, puede cambiarse por otro sin necesidad de modificar el resto del circuito. De la misma forma, si se desea utilizar un dispositivo con unas características diferentes, por ejemplo un filtro con diferente frecuencia central o ancho de banda, únicamente hay que cambiarlo en la base de anclaje (4). Por ejemplo, con el mismo anclaje se puede integrar en un sistema un resonador o una línea de transmisión, para los que se ha utilizado la misma base de anclaje (4) y secciones de transición (2, 3).
- Por otro lado, los dispositivos SIC tienen necesariamente la altura del sustrato en el que están integrados. Si se quiere fabricar dispositivos más complejos hay que hacerlo utilizando pilas de placas PCB soldadas perforadas, metalizadas y soldadas entre sí. Con el sistema de integración de la presente invención las piezas son fácilmente ensamblables, intercambiables y la fabricación de dispositivos de altura diferente a la del sustrato no supone un problema.

De este modo, la presente invención proporciona varios aspectos innovadores frente a la técnica anterior.

Por ejemplo, el tipo de tecnología de la presente invención utiliza una aproximación de guía de onda vacía integrada en sustrato, lo que se conoce como ESIW. Esto es, una guía de onda de baja altura que se fabrica para estar integrada en un sistema de tecnología planar, manteniendo las ventajas de dicha tecnología planar, pero con el buen funcionamiento electromagnético de los dispositivos en guía de onda vacía. Para ello se utilizan unas transiciones específicas a dicha tecnología planar y una forma modular de montaje sobre el sistema planar.

Además, al utilizar un doble procedimiento autocatalítico y galvánico para metalizar la superficie del cuerpo del dispositivo de microondas (1) (esto es una deposición química más otra electrolítica) se asegura que la capa de conductor es suficientemente gruesa para una conductividad óptima y que dicha capa no se desprende del material de base.

Por otro lado, al no utilizar como material de base un material derivado del petróleo, sino un material derivado de una fuente renovable (por ejemplo PLA, que deriva de un tipo de almidón), éste no emite gases tóxicos durante el proceso de impresión. Además, en el caso de

utilizar PLA dopado con cobre o bronce, no se necesita impresión con “cama caliente”, lo cual permite utilizar impresoras más sencillas y de bajo coste.

Adicionalmente, al utilizar un material derivado de fuentes renovables (como por ejemplo PLA dopado) e impresión 3D (como por ejemplo impresión 3D FDM), la presente  
5 invención evita el uso de plásticos tradicionales y de procesos de inyección en molde conocidos en la técnica anterior. La fabricación con impresión 3D FDM permite un rápido prototipado y rediseño de cualquier tipo de pieza, mientras que la inyección de plástico en un molde requiere de un nuevo molde (que normalmente se fabrica por fresado de una pieza metálica que aumenta notablemente el tiempo y coste del proceso de diseño) cada vez que  
10 haya que fabricar un nuevo prototipo o que rediseñar el prototipo ya fabricado. La inyección de plástico es una técnica que da buenos resultados para fabricación a gran escala, pero no para un trabajo de diseño (y rediseño) de prototipos.

Por otro lado, la presente invención permite fabricar una guía de baja altura, la del sustrato, lo que reduce notablemente el volumen del dispositivo fabricado. Por tanto, la  
15 integración de la guía de onda con otros elementos del circuito planar, como por ejemplo una microstrip, es directa, ya que las secciones de transición (2, 3) no requieren de modificaciones en altura y se implementan en el propio sustrato, no en el cuerpo del dispositivo de microondas (1) impreso. Esta es una forma sencilla y muy eficiente de hacer dicha integración. Además, dado que las secciones de transición (2, 3) se integran en el sustrato, resulta muy sencillo  
20 sustituir el cuerpo del dispositivo de microondas (1) impreso por otro, en caso de rotura o modificación de las prestaciones requeridas, y esto no podría hacerse de la misma forma en un dispositivo que tiene integrada la transición a la microstrip.

Así pues, el objeto técnico de la presente invención tiene aplicación en el desarrollo de dispositivos pasivos de alta frecuencia integrados en sustrato: filtros, guías, diplexores,  
25 divisores, etc. En realidad la técnica puede aplicarse para fabricar cualquier tipo de dispositivo en guía integrada en sustrato. Preferiblemente se utiliza PLA dopado porque es un material que proporciona mejores resultados en el metalizado.

La principal aplicación de la invención tal como se describió anteriormente en el presente documento es para el diseño y la fabricación de una nueva generación de dispositivos  
30 pasivos de alta frecuencia para comunicaciones de uso variado: estaciones base de comunicaciones móviles (tanto en la etapa de entrada como de salida), en sistemas de alimentación de matrices de antenas de haz conformado, en equipos embarcados en pequeños satélites o en equipos terrestres. Por tanto, se trata de sectores técnicos con un gran impacto social y económico en la sociedad del conocimiento actual y futura.



Ejemplo de realización

A continuación se expone un ejemplo explicativo de una realización de la presente invención, en referencia a la figura 1.

Se trata de la fabricación de un dispositivo pasivo de guía de onda vacía integrada en sustrato, en particular de un resonador. El experto en la materia entenderá que las cuestiones que se divulgan en el presente ejemplo, pueden ser aplicadas también a otros dispositivos que sean susceptibles de ser fabricados con la tecnología “guía de onda vacía integrada en sustrato” (ESIW), como por ejemplo guías, filtros, divisores de potencia, etc.

En primer lugar se procede con la etapa de impresión, en la que se imprime una pieza denominada cuerpo del dispositivo de microondas (1), según se explica a continuación:

El cuerpo del dispositivo se imprime siguiendo la técnica de impresión 3D “Modelado por Deposición Fundida” (FDM).

Según se puede ver en la figura 1, el cuerpo del dispositivo de microondas (1) comprende una tapa superior y dos paredes laterales en una única pieza. La pieza se imprime utilizando como base la tapa superior del cuerpo del dispositivo de microondas (1) y depositando el material polimérico para formar tanto la propia tapa como las paredes. Será el diseño de las paredes del cuerpo del dispositivo de microondas (1) el que cambie su funcionalidad. Por ejemplo, en el presente ejemplo mostrado en la figura 1 se ha diseñado una cavidad resonante. Durante el proceso de impresión se conforman huecos de transición (h1, h2) que permiten acomodar las secciones de transición (2, 3) correspondientes con el resto de la circuitería de la placa de circuito impreso (PCB) en la que se integrará el dispositivo. También se conforman orificios de conexión (p1, p2, p3, p4) que permiten el paso de unos tornillos que unirán el cuerpo del dispositivo de microondas (1) a la base de anclaje (4).

El material utilizado para la deposición es ácido poliláctico (PLA) dopado con cobre al 20%. Según una realización alternativa el material utilizado para la deposición es ácido poliláctico (PLA) dopado con bronce al 20%.

El tiempo de la etapa de impresión es de 22 minutos.

A continuación se procede con la etapa de metalización, según se explica a continuación:

El proceso de metalización comprende necesariamente dos etapas, ya que si una de ellas faltase la capa de metalizado resultante no sería suficiente para una óptima conductividad del dispositivo.

Para ello, el cuerpo del dispositivo de microondas (1) impreso se somete inicialmente a una metalización química que se desarrolla según el siguiente procedimiento:

- Modificación de la superficie: Inicialmente el cuerpo del dispositivo de microondas

(1) se sumerge en una disolución hidroalcohólica de NaOH según una concentración de entre 8 y 12 g/L, preferiblemente 10 g/L, a una temperatura de entre 45 y 60°C, preferiblemente 54°C, durante un tiempo de entre 9 y 11 minutos, preferiblemente 10 minutos, agitando el cuerpo del dispositivo de microondas (1) de forma continuada.

5

- Activación de la superficie: A continuación, el cuerpo del dispositivo de microondas (1) se sumerge en una disolución que contiene PdCl<sub>2</sub> según una concentración de entre 0.2 y 0.3 g/L, preferiblemente 0.25 g/L, SnCl<sub>2</sub> según una concentración de entre 10 y 15 g/L, preferiblemente 12.5 g/L, en HCl según una concentración de entre 0.5 y 1 M, preferiblemente 0.75 M, a temperatura ambiente, durante un tiempo de entre 4 y 6 minutos, preferiblemente 5 min, agitando el cuerpo del dispositivo de microondas (1) de forma continuada.

10

- Aceleración: El cuerpo del dispositivo de microondas (1) se sumerge posteriormente en una disolución de HCl según una concentración de entre 0.02 y 0.05 M, preferiblemente 0.035 M, a temperatura ambiente, durante un tiempo de entre 4 y 6 min, preferiblemente 5 min.

15

- Metalización: Tras el procedimiento de aceleración, el cuerpo del dispositivo de microondas (1) se sumerge en una disolución que contiene cobre según una concentración de entre 1.8 y 2.2 g/L, preferiblemente 2 g/L, sosa caustica según una concentración de entre 8 y 10 g/L, preferiblemente 9 g/L, quelante según una concentración de entre 0.1 y 0.2 M, preferiblemente 0.125 M, y formaldehido según una concentración de entre 3 y 5 g/L, preferiblemente 4 g/L, a una temperatura de entre 41 y 51°C, preferiblemente 46°C, agitando y aireando el cuerpo del dispositivo de microondas (1) durante un tiempo de entre 36 y 44 min, preferiblemente 40 min. Según un modo de realización particular el quelante es ácido etilendiaminotetraacético (EDTA).

20

25

Tras la metalización química, el cuerpo del dispositivo de microondas (1) impreso se somete a una metalización galvánica clásica que se desarrolla según el siguiente procedimiento:

30

- Limpiado y desengrasado: El cuerpo del dispositivo de microondas (1) se sumerge en una disolución desengrasante durante 15 minutos, y en acetona durante 5 min.  
 - Baño en activador: El cuerpo del dispositivo de microondas (1) se sumerge posteriormente en una disolución coloidal de carbón conductor, durante un tiempo de entre 15 y 20 min.

- Electrodeposición: Finalmente, el cuerpo del dispositivo de microondas (1) se somete a un secado en horno a 95°C durante 5 minutos, y se sumerge en una disolución de ácido sulfúrico y sulfato de cobre aplicando corriente eléctrica durante 90 minutos.

5 Por último se procede con la etapa de integración, según se explica a continuación:

El cuerpo del dispositivo de microondas (1) metalizado se integra en el resto de la circuitería de la placa PCB por medio de las secciones de transición (2, 3) y la base de anclaje (4) que han sido previamente fabricadas. Las secciones de transición (2, 3) son las secciones del circuito impreso sobre placa PCB que llevan la señal al cuerpo del dispositivo de  
10 microondas (1) impreso. La placa PCB es un sustrato de material dieléctrico con metalización de cobre por sus caras superior e inferior. La cara inferior actúa como tierra y sobre la cara superior se diseña el circuito o la línea de transmisión. En el presente ejemplo, m1 y m2 son microtiras de cobre que conforman el activo de la línea microstrip de la placa PCB. La placa PCB se atornilla a la base de anclaje (4) a través de varios orificios (t1, t2, t3 y t4) practicados  
15 tanto en las secciones de transición (2, 3) como en la propia base de anclaje (4). La base de anclaje (4) es una lámina sustrato PCB metalizada por su parte superior, para asegurar la continuidad eléctrica de la estructura. Para completar el dispositivo, el cuerpo del dispositivo de microondas (1) se atornilla a la base de anclaje (4) a través de los orificios de conexión (p1, p2, p3 y p4) así como de varios orificios correspondientes practicados en la propia base de anclaje  
20 (4).

En el caso de ser necesario cambiar el dispositivo por otro (para modificar sus prestaciones o porque el dispositivo se ha dañado), únicamente hay que desatornillar el cuerpo del dispositivo de microondas (1) y sustituirlo por otra.

Anteriormente se ha descrito la presente invención haciendo referencia a realizaciones  
25 preferidas específicas de la misma, presentadas únicamente a modo de ejemplo. Sin embargo, los expertos en la técnica podrán aplicar fácilmente modificaciones y variaciones a dichas realizaciones sin por ello apartarse del alcance de protección de la presente invención, definido únicamente por las reivindicaciones adjuntas.

## REIVINDICACIONES

1. Método de fabricación de dispositivo de microondas basado en guía de onda vacía integrada en sustrato, que comprende las etapas de:
  - 5 – Impresión, en la que se imprime mediante impresión 3D un cuerpo del dispositivo de microondas (1) a partir de un material polimérico derivado de una fuente renovable dopado con al menos un metal;
  - Metalización, en la que se metaliza la superficie del cuerpo del dispositivo de microondas (1) en dos etapas: una primera metalización autocatalítica seguida por  
10 una metalización galvánica; e
  - Integración, en la que se integra modularmente el dispositivo de microondas en un sistema basado en placa de circuito impreso mediante medios de conexión desmontables.
2. Método según la reivindicación 1, caracterizado por que la etapa de impresión se realiza  
15 siguiendo la técnica de impresión 3D Modelado por Deposición Fundida.
3. Método según las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que en la etapa de impresión, el cuerpo del dispositivo de microondas (1) se imprime utilizando como base la tapa superior del cuerpo del dispositivo de microondas (1) y depositando el material polimérico para formar tanto la propia tapa como las paredes, conformando huecos de  
20 transición (h1, h2) que permiten acomodar unas secciones de transición (2, 3) correspondientes con el resto de la circuitería de la placa de circuito impreso en la que se integra el dispositivo de microondas, y conformando orificios de conexión (p1, p2, p3, p4) que permiten el paso de unos tornillos que unirán el cuerpo del dispositivo de microondas (1) a una base de anclaje (4).
- 25 4. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el material polimérico es PLA.
5. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el material polimérico está dopado con un metal seleccionado de cobre y bronce.
6. Método según la reivindicación 5, caracterizado por que el material polimérico está  
30 dopado según un 20% de metal.
7. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que en la etapa de impresión se imprime el cuerpo del dispositivo de microondas (1) al menos parcialmente hueco.
8. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la  
35 metalización autocatalítica consiste en un primer tratamiento básico para modificar

químicamente la superficie, seguido por activación con ácido y metalización en un baño de disolución de metal.

9. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el cuerpo del dispositivo de microondas (1) se metaliza con cobre.

5 10. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la metalización autocatalítica se desarrolla según el siguiente procedimiento:

10 - Modificación de la superficie, en la que inicialmente el cuerpo del dispositivo de microondas (1) se sumerge en una disolución hidroalcohólica de NaOH según una concentración de entre 8 y 12 g/L, a una temperatura de entre 45 y 60°C, durante un tiempo de entre 9 y 11 minutos, agitando el cuerpo del dispositivo de microondas (1) de forma continuada.

15 - Activación de la superficie, en la que el cuerpo del dispositivo de microondas (1) se sumerge en una disolución que contiene PdCl<sub>2</sub> según una concentración de entre 0.2 y 0.3 g/L, SnCl<sub>2</sub> según una concentración de entre 10 y 15 g/L, en HCl según una concentración de entre 0.5 y 1 M, a temperatura ambiente, durante un tiempo de entre 4 y 6 minutos, agitando el cuerpo del dispositivo de microondas (1) de forma continuada.

20 - Aceleración, en la que el cuerpo del dispositivo de microondas (1) se sumerge posteriormente en una disolución de HCl según una concentración de entre 0.02 y 0.05 M, a temperatura ambiente, durante un tiempo de entre 4 y 6 min.

25 - Metalización, en la que tras el procedimiento de aceleración, el cuerpo del dispositivo de microondas (1) se sumerge en una disolución que contiene cobre según una concentración de entre 1.8 y 2.2 g/L, sosa caustica según una concentración de entre 8 y 10 g/L, quelante según una concentración de entre 0.1 y 0.2 M, y formaldehido según una concentración de entre 3 y 5 g/L, a una temperatura de entre 41 y 51°C, agitando y aireando el cuerpo del dispositivo de microondas (1) durante un tiempo de entre 36 y 44 min.

11. Método según la reivindicación 10, caracterizado por que la metalización autocatalítica se desarrolla según el siguiente procedimiento:

30 - Modificación de la superficie, en la que inicialmente el cuerpo del dispositivo de microondas (1) se sumerge en una disolución hidroalcohólica de NaOH según una concentración de 10 g/L, a 54°C, durante 10 minutos, agitando el cuerpo del dispositivo de microondas (1) de forma continuada.

- Activación de la superficie en la que el cuerpo del dispositivo de microondas (1) se sumerge en una disolución que contiene PdCl<sub>2</sub> según una concentración de 0.25 g/L,

SnCl<sub>2</sub> según una concentración de 12.5 g/L, en HCl según una concentración de 0.75 M, a temperatura ambiente, durante 5 min, agitando el cuerpo del dispositivo de microondas (1) de forma continuada.

5 - Aceleración, en la que el cuerpo del dispositivo de microondas (1) se sumerge posteriormente en una disolución de HCl según una concentración de 0.035 M, a 25°C, durante 5 min.

10 - Metalización, en la que tras el procedimiento de aceleración, el cuerpo del dispositivo de microondas (1) se sumerge en una disolución que contiene cobre según una concentración de 2 g/L, sosa caustica según una concentración de 9 g/L, quelante según una concentración de 0.125 M, y formaldehido según una concentración de 4 g/L, a 46°C, agitando y aireando el cuerpo del dispositivo de microondas (1) durante 40 minutos.

12. Método según la reivindicación 9, caracterizado por que la metalización galvánica se desarrolla según el siguiente procedimiento:

15 - Limpio y desengrasado, en los que el cuerpo del dispositivo de microondas (1) se sumerge en una disolución desengrasante durante 15 minutos, y en acetona durante 5 min.

20 - Baño en activador, en el que el cuerpo del dispositivo de microondas (1) se sumerge en una disolución coloidal de carbón conductor, durante un tiempo de entre 15 y 20 min.

- Electrodeposición, en la que el cuerpo del dispositivo de microondas (1) se somete a un secado en horno a 95°C durante 5 minutos, y se sumerge en una disolución de ácido sulfúrico y sulfato de cobre aplicando corriente eléctrica durante 90 minutos.

25 13. Método según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, caracterizado por que en la etapa de metalización se proporciona una capa de 30 μm de cobre sobre el cuerpo del dispositivo de microondas (1).

14. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que en la etapa de integración se conforman los siguientes elementos:

30 - unas secciones de transición (2, 3), que son secciones del circuito impreso sobre placa PCB que llevan la señal al cuerpo del dispositivo de microondas (1); y  
- una base de anclaje (4).

15. Método según la reivindicación 14, caracterizado por que la placa PCB es un sustrato de material dieléctrico con metalización de cobre por sus caras superior e inferior, actuando la cara inferior como tierra y siendo la cara superior sobre la que se diseña el

35

circuito o la línea de transmisión, conformándose por medio de microtiras de cobre (m1 y m2) el activo de la línea microstrip de la placa PCB.

16. Método según cualquiera de las reivindicaciones 14 y 15, caracterizado por que la base de anclaje (4) es una lámina sustrato PCB metalizada por su parte superior.
- 5 17. Método según cualquier de las reivindicaciones reivindicación 14 a 16, caracterizado por que en la etapa de integración, el cuerpo del dispositivo de microondas (1) se integra en el resto de la circuitería de la placa PCB por medio de las secciones de transición (2, 3), y por medio de la base de anclaje (4), atornillándose las secciones de transición (2, 3) de la placa PCB a la base de anclaje (4) a través de varios orificios (t1, 10 t2, t3 y t4), y atornillándose el cuerpo el dispositivo de microondas (1) a la base de anclaje (4) a través de los orificios de conexión (p1, p2, p3 y p4) así como de varios orificios correspondientes practicados en la propia base de anclaje (4).

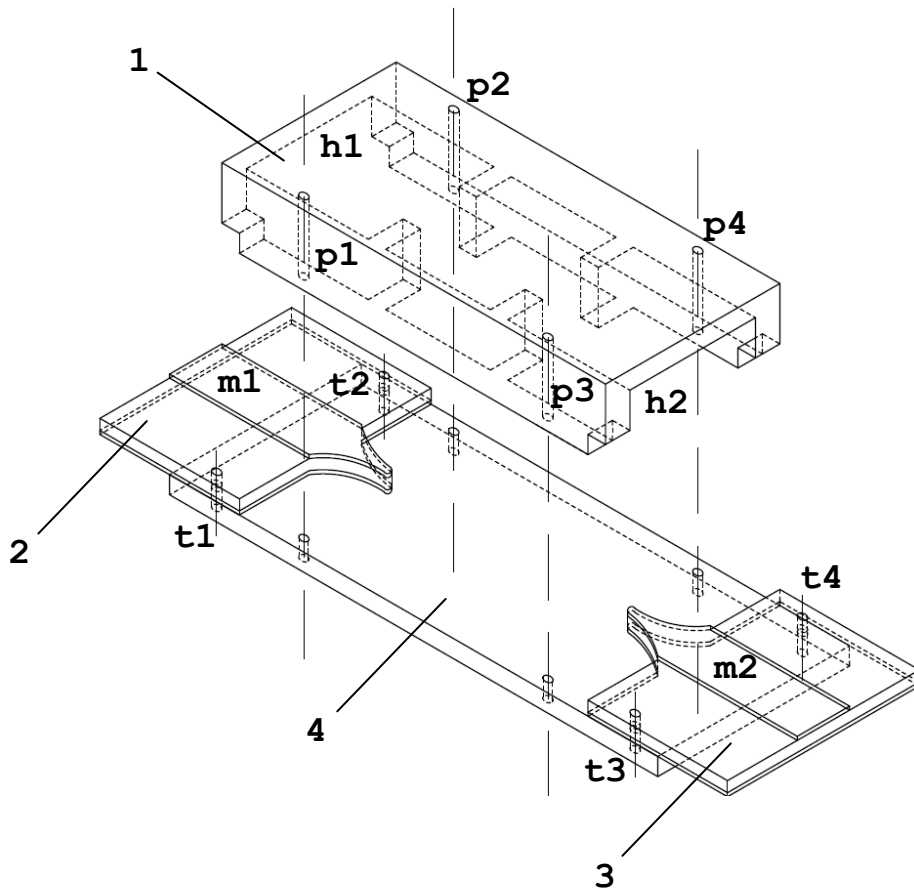


FIG. 1





- ②① N.º solicitud: 201830647  
②② Fecha de presentación de la solicitud: 28.06.2018  
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	MARIO D&APOS et al. 3-D Printed Metal-Pipe Rectangular Waveguides. IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology, 20150821 IEEE, USA. , 21/08/2015, Vol. 5, Páginas 1339 - 1349, XP055282769 ISSN 2156-3950, <DOI: 10.1109/TCPMT.2015.2462130>	1, 2, 4, 7, 8, 9
Y	THOMAS J MULLER et al. Surface-mountable metalized plastic waveguide filter suitable for high volume production. European Microwave Conference, 2003. 33rd, 20031001 IEEE, Piscataway, NJ, USA. Thomas J Muller; Wilfried Grabherr; Bernd Adelseck, 01/10/2003, Páginas 1255 - 1258 XP031069954	1, 2, 4, 7, 8, 9
Y	ZHUMEI SUN et al. Monolithic FFF-Printed, Biocompatible, Biodegradable, Dielectric-Conductive Microsystems. Journal of Microelectromechanical Systems Dec. 2017 IEEE USA. , 30/11/2017, Vol. 26, Páginas 1356 - 1370, ISSN 1057-7157 (print), <DOI: 10.1109/JMEMS.2017.2746627>	1, 2, 4, 7, 8, 9

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

**El presente informe ha sido realizado**

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe  
19.10.2018

Examinador  
J. Botella Maldonado

Página  
1/2

## CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

**B29C67/00** (2017.01)

**H01P1/208** (2006.01)

**H01P5/107** (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

B29C, H01P

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, NPL, XPESP, XPAIP, XPI3E, INSPEC.