

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 878 029**

51 Int. Cl.:

<b>H01Q 13/02</b>	(2006.01)
<b>H01Q 13/10</b>	(2006.01)
<b>H01Q 21/00</b>	(2006.01)
<b>H01P 11/00</b>	(2006.01)
<b>H01P 1/20</b>	(2006.01)
<b>H01P 3/123</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.04.2015 PCT/EP2015/057842**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.11.2015 WO15172948**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.04.2015 E 15716030 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.04.2021 EP 3143665**

54 Título: **Guías de ondas y líneas de transmisión en huecos entre superficies conductoras paralelas**

30 Prioridad:

14.05.2014 EP 14168282  
 19.06.2014 EP 14173128  
 10.07.2014 EP 14176462  
 13.10.2014 WO PCT/EP2014/071882  
 19.01.2015 WO PCT/EP2015/050843

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**18.11.2021**

73 Titular/es:

**GAPWAVES AB (100.0%)**  
**Klippan 3B**  
**414 51 Göteborg, SE**

72 Inventor/es:

**KILDAL, PER-SIMON;**  
**VOSOOGH, ABBAS;**  
**HADAVY, FARID;**  
**CARLSSON, STÉFAN y**  
**SJÖQVIST, LARS-INGE**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 878 029 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**

Guías de ondas y líneas de transmisión en huecos entre superficies conductoras paralelas

## 5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un nuevo tipo de dispositivos de microondas y, en particular, a la tecnología usada para diseñar, integrar y empaquetar la parte de radiofrecuencia (RF) de un sistema de antena, para su uso en aplicaciones de comunicación, radar o sensores, y por ejemplo, componentes tales como acopladores de guías de ondas, diplexores, filtros, antenas, paquetes de circuitos integrados y similares.

La invención se refiere principalmente a frecuencias por encima de 30 GHz, es decir, la región de ondas milimétricas, e incluso por encima de 300 GHz, es decir, ondas submilimétricas, pero la invención también puede resultar ventajosa a frecuencias inferiores a 30 GHz.

## 15 Antecedentes

Los circuitos electrónicos se usan hoy en día en casi todos los productos y, en particular, en productos relacionados con la transferencia de información. Dicha transferencia de información se puede realizar a través de hilos y cables a bajas frecuencias (por ejemplo, telefonía alámbrica), o de forma inalámbrica a través del aire a frecuencias más altas usando ondas de radio tanto para la recepción de, por ejemplo, transmisión de audio y TV, y para comunicación bidireccional, tal como en telefonía móvil. En los últimos casos de alta frecuencia, se usan líneas y circuitos de transmisión de alta y baja frecuencia para realizar el hardware necesario. Los componentes de alta frecuencia se usan para transmitir y recibir las ondas de radio, mientras que los circuitos de baja frecuencia se usan para modular la información de sonido o vídeo en las ondas de radio y para la correspondiente demodulación. Por tanto, se necesitan circuitos de alta y baja frecuencia. La presente invención se refiere a una nueva tecnología para realizar componentes de alta frecuencia tales como circuitos transmisores, circuitos receptores, filtros, redes de adaptación, divisores y combinadores de potencia, acopladores, antenas, etc.

Las primeras transmisiones de radio tuvieron lugar a una frecuencia bastante baja por debajo de 100 MHz, mientras que hoy en día el espectro de radio (también llamado espectro electromagnético) se usa comercialmente hasta 40 GHz y más. La razón del interés en explorar frecuencias más altas es el gran ancho de banda disponible. Cuando la comunicación inalámbrica se extiende a más y más usuarios y se pone a disposición de más y más servicios, se deben asignar nuevas bandas de frecuencia para dar cabida a todo el tráfico. El requisito principal es la comunicación de datos, es decir, la transferencia de grandes cantidades de datos en el menor tiempo posible.

Ya existen líneas de transmisión para ondas de luz en forma de fibras ópticas que pueden enterrarse y representan una alternativa a las ondas de radio cuando se necesita un gran ancho de banda. Sin embargo, dichas fibras ópticas también requieren circuitos electrónicos conectados en cada extremo. Incluso pueden ser necesarios circuitos electrónicos para anchos de banda superiores a 40 GHz para permitir el uso de los enormes anchos de banda disponibles de las líneas de transmisión ópticas. La presente invención se refiere a la tecnología de ondas de hueco (véase más adelante), que se ha descubierto que tiene excelentes propiedades, tales como bajas pérdidas, y que es muy adecuada para la producción en masa.

Además, existe una necesidad de tecnologías para comunicaciones inalámbricas rápidas, en particular a 60 GHz y por encima, que implique antenas de alta ganancia, destinadas al mercado de consumo, por lo que la fabricación a bajo coste es imprescindible. El mercado de consumo prefiere antenas planas, y estas solo se pueden realizar como matrices planas planas, y el ancho de banda amplio de estos sistemas requiere una red de distribución corporativa. Esta es una red completamente ramificada de líneas y divisores de potencia que alimentan a cada elemento de la matriz con la misma fase y amplitud para lograr la máxima ganancia.

Un tipo común de antenas planas se basa en una tecnología de antena de microcinta realizada en placas de circuitos impresos (PCB). La tecnología de PCB es muy adecuada para la producción en masa de matrices de antenas compactas y ligeras alimentadas de forma corporativa, en particular porque los componentes de la red de distribución corporativa se pueden miniaturizar para que quepan en una capa de PCB junto con los elementos de antena de microcinta. Sin embargo, dichas redes de microcintas sufren grandes pérdidas tanto en las partes dieléctricas como en las conductoras. Las pérdidas dieléctricas no dependen de la miniaturización, pero las pérdidas por conducción son muy elevadas debido a la miniaturización. Desafortunadamente, las líneas de microcinta solo pueden ensancharse aumentando el grosor del sustrato, y luego la red de microcinta comienza a irradiar y las ondas superficiales comienzan a propagarse, lo que destruye gravemente el rendimiento.

Existe una tecnología conocida basada en PCB que tiene bajas pérdidas por conducción y no presenta problemas con las ondas superficiales y la radiación. Esto se conoce con cualquiera de los dos nombres de guía de ondas integrada en el sustrato (SIW) o guía de ondas posterior a la pared. En el presente documento se usará el término SIW únicamente. Sin embargo, la tecnología SIW todavía tiene pérdidas dieléctricas significativas y los materiales

dieléctricos de baja pérdida son muy caros y blandos y, por lo tanto, no son adecuados para la producción en masa a bajo coste. Por lo tanto, se necesitan mejores tecnologías.

5 Por tanto, existe una necesidad de un sistema de antenas planas para altas frecuencias, tales como 60 GHz o más, y con pérdidas dieléctricas y problemas con la radiación y las ondas superficiales reducidos. En particular, existe una necesidad de una tecnología basada en PCB para realizar redes de distribución corporativa a 60 GHz o más que no sufran pérdidas dieléctricas y problemas con la radiación y las ondas superficiales.

10 La tecnología de guía de ondas de hueco se basa en la invención del Prof. Kildal de 2008 y 2009. Esta solicitud de patente describe varios tipos de guías de ondas de hueco que pueden reemplazar la tecnología de microcinta, guías de ondas coplanares y guías de ondas rectangulares normales en antenas y circuitos de alta frecuencia.

15 Las guías de ondas de hueco se forman entre placas metálicas paralelas. La propagación de ondas se controla mediante una textura en una o ambas de las placas. Se prohíbe que las ondas entre las placas paralelas se propaguen en direcciones donde la textura es periódica o cuasiperiódica (que se caracteriza por una banda de supresión), y se potencia en direcciones donde la textura es lisa como a lo largo de ranuras, crestas y cintas metálicas. Estas ranuras, crestas y cintas metálicas forman guías de ondas de hueco de tres tipos diferentes: guías de ondas de hueco de ranura, cresta y microcinta.

20 La textura puede ser una colección periódica o cuasiperiódica de postes o clavijas de metal sobre una superficie metálica plana, o de parches metálicos sobre un sustrato con orificios de paso metalizados que los conectan al plano de tierra, como se propone en la técnica anterior.

25 Los parches con orificios de paso se denominan comúnmente hongos.

Se conoce en la técnica una guía de ondas de hueco de microcinta suspendida (también denominada invertida). Esta consiste en una cinta metálica grabada y suspendida por un sustrato de PCB que descansa sobre una superficie con una textura regular de clavijas metálicas. Este sustrato no tiene plano de tierra. El modo de onda cuasi-TEM de propagación se forma entre la cinta metálica y la placa metálica lisa superior, formando así una guía de ondas de hueco de microcinta suspendida.

30 Esta guía de ondas puede tener bajas pérdidas dieléctricas y por conducción, pero no es compatible con la tecnología de PCB normal. La superficie de clavija texturizada podría realizarse mediante hongos sobre una PCB, pero esta se convierte en una de las dos capas de PCB para realizar la red de microcintas, por lo que sería mucho más costosa de producir que las guías de ondas de hueco realizadas solo con una capa de PCB. También, hay muchos problemas con esta tecnología: es difícil encontrar una buena forma de banda ancha de conectarle líneas de transmisión desde abajo.

40 La guía de ondas de hueco de microcinta con una textura de banda de supresión hecha de hongos se divulgó en la técnica anterior realizados en una sola PCB. Esta guía de ondas de hueco de tipo PCB se llama guía de ondas de hueco de microcinta-cresta, porque la cinta metálica debe tener orificios de paso de la misma manera que los hongos.

45 En la técnica anterior se describe una antena de guía de ondas de hueco de microcinta invertida cuasiplanar. Es caro tanto fabricar la matriz de clavijas periódicas bajo la red de alimentación de microcinta sobre el sustrato ubicado directamente sobre la superficie de la clavija, como los elementos radiantes que en este caso eran antenas de bocina compactas.

50 En la técnica anterior se presentó una pequeña matriz planar de 4x4 ranuras. La antena se realizó como dos PCB, una superior con las ranuras radiantes realizadas como una matriz de 2x2 submatrices, cada una de las cuales consta de 2x2 ranuras que están respaldadas por una cavidad SIW. Cada una de las 4 cavidades SIW fue excitada por una ranura de acoplamiento alimentada por una guía de ondas de hueco de microcinta-cresta en la superficie de una PCB inferior ubicada con un hueco de aire debajo de la PCB radiante superior. Resultaba muy caro realizar las PCB con tolerancias suficientes y, en particular, mantener el hueco de aire a una altura constante. La guía de ondas de hueco de microcinta-cresta también requiere una enorme cantidad de orificios de paso metalizados delgados que son muy costosos de fabricar. En particular, la perforación es cara.

Además, los siguientes documentos también están relacionados con las guías de ondas:

- 60 - "A photonic Crystal Joint (PCI) for Metal Waveguides", J Hesler, 2001 IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, que divulga una estructura de junta que suprime las fugas.
- Documento US 2011/0018657, dirigido a una guía de ondas SIW.
- "Broadband and compact ridge substrate-integrated waveguides", M Bozzi et al, IET Microwaves Antennas & Propag., 2010, Vol. 4, No. 11, 18 de noviembre de 2010, páginas 1965-1973, también dirigido a una guía de ondas SIW.

- "A 76 GHz Multi-Layered Phased Array Antenna Using a Non-Metal Contact Metamaterial Waveguide", Hideki Kirino et al, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 60, no. 2, 1 de febrero de 2012, páginas 840-853, ISSN: 0018-926X, dirigido a guías de ondas de hueco de cresta.

5 Por lo tanto, existe una necesidad de nuevos dispositivos de microondas, y en particular tecnología de empaquetamiento de guías de ondas y RF, que tengan un buen rendimiento y, además, sean rentables de producir.

#### Sumario de la invención

10 Por lo tanto, un objeto de la presente invención es aliviar los problemas analizados anteriormente, y específicamente proporcionar un nuevo dispositivo de microondas, tal como una guía de ondas o una parte de RF, y tecnología de empaquetamiento de RF, que tenga un buen rendimiento y que sea rentable de producir, en particular para su uso por encima de 30 GHz, y por ejemplo para su uso en un sistema de antena para uso en aplicaciones de comunicaciones, radar o sensores.

15 Según un primer aspecto de la invención, se proporciona un dispositivo de microondas, tal como una guía de ondas, línea de transmisión, circuito de guía de ondas, circuito de línea de transmisión o parte de radiofrecuencia (RF) de un sistema de antena, como se define en la reivindicación 1.

20 Los elementos sobresalientes están dispuestos preferentemente en un patrón periódico o cuasiperiódico en la superficie texturizada y están diseñados para evitar que las ondas se propaguen entre las dos superficies metálicas, en otras direcciones distintas de a lo largo de la estructura de guía de ondas. La banda de frecuencia de esta propagación prohibida se denomina banda de supresión y define el ancho de banda operativo máximo disponible de la guía de ondas de hueco.

25 En el contexto de la presente solicitud, el término "dispositivo de microondas" se usa para denominar cualquier tipo de dispositivo y estructura capaz de transmitir, transferir, guiar y controlar la propagación de ondas electromagnéticas, particularmente a altas frecuencias donde las dimensiones del dispositivo o sus detalles mecánicos son del mismo orden de magnitud que la longitud de onda, tales como guías de ondas, líneas de transmisión, circuitos de guías de ondas o circuitos de líneas de transmisión. En lo sucesivo, se analizará la presente invención en relación con diversas realizaciones, tales como guías de ondas, líneas de transmisión, circuitos de guías de ondas o circuitos de líneas de transmisión. Sin embargo, un experto en la materia debe apreciar que las características y ventajas ventajosas específicas analizadas en relación con cualquiera de estas realizaciones también son aplicables a las otras realizaciones.

35 Por parte de RF se entiende en el contexto de la presente solicitud una parte de un sistema de antena usado en las secciones de transmisión y/o recepción de radiofrecuencia del sistema de antena, secciones que se denominan comúnmente el extremo frontal o el extremo frontal de RF del sistema de antena. La parte de RF puede ser una parte/dispositivo separado conectado a otros componentes del sistema de antena, o puede formar una parte integrada del sistema de antena u otras partes del sistema de antena. La guía de ondas y la tecnología de empaquetamiento de RF de la presente invención son adecuadas en particular para realizar una antena en matriz planar plana eficiente y de banda ancha. Sin embargo, también se puede usar para otras partes del sistema de antena, tales como guías de ondas, filtros, empaquetamiento de circuitos integrados y similares, y en particular para la integración y empaquetamiento de RF de dichas partes en un sistema completo de antena o extremo frontal de RF. En particular, la presente invención es adecuada para la realización de partes de RF que son o que comprenden guías de ondas de hueco.

50 En las guías de ondas de hueco descritas anteriormente, las ondas se propagan principalmente en el hueco de aire entre dos capas conductoras, donde al menos una está provista de una textura superficial, que aquí está formada por los elementos sobresalientes. De este modo, se proporciona el hueco entre los elementos sobresalientes de una capa y la otra capa conductora. Dichas guías de ondas de hueco tienen propiedades y rendimiento muy ventajosos, especialmente a altas frecuencias. Sin embargo, un inconveniente de las guías de ondas de hueco conocidas es que son relativamente engorrosas y costosas de producir. En particular, es complicado disponer la segunda capa suspendida a una altura más o menos constante sobre los elementos sobresalientes, y al mismo tiempo evitar el contacto entre la segunda capa y los elementos sobresalientes.

55 Sin embargo, ahora se ha descubierto sorprendentemente que se pueden conseguir las mismas propiedades ventajosas de guía de ondas y rendimiento que en guías de ondas de hueco anteriores incluso cuando los elementos sobresalientes también están en contacto con la otra capa conductora. Se ha descubierto que una conexión mecánica entre la otra capa conductora y todos los elementos sobresalientes no afecta a las propiedades ventajosas del dispositivo de microondas. También se ha descubierto que las propiedades no se ven afectadas incluso si hay contacto eléctrico entre todos los elementos sobresalientes y la otra capa conductora.

60 Por tanto, el dispositivo de microondas puede fabricarse permitiendo que la otra capa conductora descansa sobre los elementos sobresalientes, o incluso que se conecte o fije a algunos o todos estos elementos sobresalientes. Esto

65

facilita enormemente la fabricación y también hace que el dispositivo de microondas sea más robusto y más fácil de ajustar y reparar posteriormente.

5 Se ha descubierto que la provisión de un hueco constante y bien definido entre los elementos sobresalientes y la capa conductora suprayacente es complicada y costosa de lograr. También es bien sabido que la provisión de un contacto eléctrico completo entre dos superficies es complicada y normalmente requiere varias abrazaderas, pernos o similares bien distribuidos. Sorprendentemente, se ha descubierto ahora que la provisión de algún contacto entre los elementos sobresalientes y la capa conductora suprayacente no afecta al rendimiento electromagnético del dispositivo.

10 Los elementos sobresalientes se disponen preferentemente en al menos dos filas paralelas en ambos lados a lo largo de cada trayectoria de guía de ondas. Sin embargo, ocasionalmente, tal como a lo largo de pasajes rectos y similares, y en algunas aplicaciones particulares, una sola fila puede ser suficiente. Además, también se pueden usar ventajosamente más de dos filas paralelas en muchas realizaciones, tales como tres, cuatro o más filas paralelas.

15 Por ejemplo, en una realización, la parte de RF es una guía de ondas, y en la que los elementos sobresalientes están además en contacto con, y preferentemente conectados de manera fija a, también la otra capa conductora, y en la que los elementos sobresalientes están dispuestos para rodear al menos parcialmente un cavidad entre dichas capas conductoras, funcionando así dicha cavidad como guía de ondas. Por ello, los elementos sobresalientes pueden disponerse para proporcionar al menos parcialmente las paredes de un túnel o una cavidad que conecta dichas capas conductoras a través del hueco entre ellas, funcionando así dicho túnel como una guía de ondas o una cavidad de  
20 guía de ondas. Por tanto, en esta realización, una placa superior lisa (capa conductora) también puede descansar sobre la matriz de rejilla formada por los elementos sobresalientes de la otra capa conductora, o en alguna parte de ella, y los elementos/clavijas sobresalientes que proporcionan el soporte pueden, por ejemplo, soldarse a la placa superior de metal lisa (capa conductora) horneando la construcción en un horno. De ese modo, es posible formar guías de ondas posteriores a la pared como se describe en la técnica anterior, pero sin ningún sustrato dentro de la guía de ondas. Por tanto, las guías de ondas SIW se proporcionan sin el sustrato, por así decirlo. Dicha tecnología de guía de ondas rectangular es ventajosa en comparación con la SIW convencional porque reduce las pérdidas dieléctricas, ya que no hay sustrato dentro de la guía de ondas, y las guías de ondas rectangulares también se pueden producir de manera más rentable, y dado que el uso de material de sustrato de baja pérdida costoso ahora puede reducirse o incluso omitirse.  
30

Al menos una de las capas conductoras está provista además de al menos un elemento conductor, no estando dicho elemento conductor en contacto eléctrico con la otra de dichas dos capas conductoras, formando así dicho o dichos elementos conductores dichas trayectorias de guía de ondas, preferentemente para una onda monomodo. El o los  
35 elementos conductores es una cresta conductora. Por tanto, se proporciona un hueco entre la otra capa conductora, mientras que los elementos sobresalientes circundantes están en contacto mecánico y eléctrico con esta capa. Aquí, el hueco entre una cresta y la capa conductora suprayacente está preferentemente en el intervalo del 1-50 % de la altura de los elementos sobresalientes, y preferentemente en el intervalo del 5-25 %, y de la manera más preferente en el intervalo del 10-20 %. Las alturas de los elementos sobresalientes son típicamente menores que un cuarto de longitud de onda. El hueco entre la cresta y la capa conductora suprayacente puede ser, en algunas realizaciones ilustrativas, menos de 10 mm, tal como menos de 5,0 mm, y/o más de 0,5 mm, tal como más de 1,0 mm, y por ejemplo, estar en el intervalo de 0,5-10 mm, tal como en el intervalo de 1,0-5,0 mm, tal como en el intervalo de 2,0-4,0 mm.

40 Los elementos sobresalientes en contacto con dicha otra capa conductora pueden estar conectados fijamente también a esta otra capa conductora.  
45

La anchura del elemento conductor, es decir, la cresta, se selecciona típicamente según la frecuencia de funcionamiento. En algunas realizaciones ilustrativas, la anchura se puede seleccionar para que sea menor de 6,0 mm, tal como menor de 4,0 mm, y/o mayor de 1,0 mm, tal como mayor de 2,0 mm, y por ejemplo, en el intervalo de  
50 1,0 - 6,0 mm, tal como en el intervalo de 2,0 - 4,0 mm.

El dispositivo de microondas es, preferentemente, una parte de radiofrecuencia (RF) de un sistema de antena, por ejemplo, para uso en aplicaciones de comunicación, radar o sensores.

55 Los elementos sobresalientes preferentemente tienen dimensiones máximas en sección transversal de menos de la mitad de una longitud de onda en el aire a la frecuencia de funcionamiento. Se prefiere además que los elementos sobresalientes en la textura que detienen la propagación de la onda estén separados por un espaciamiento que sea menor que la mitad de una longitud de onda en el aire a la frecuencia de funcionamiento. Esto significa que la separación entre cualquier par de elementos sobresalientes adyacentes en la textura es menor que la mitad de una  
60 longitud de onda.

El período de elementos sobresalientes adyacentes en el conjunto de elementos sobresalientes dispuestos de forma periódica o cuasiperiódica es, preferentemente, menor que la mitad de una longitud de onda. El período de los elementos sobresalientes se selecciona típicamente según la frecuencia de funcionamiento. En algunas realizaciones ilustrativas, el período se puede seleccionar para que sea menor de 3,0 mm, tal como menor de 1,0 mm, y/o mayor  
65

de 0,05 mm, tal como mayor de 0,1 mm, y por ejemplo, en el intervalo de 0,05 - 2,0 mm, tal como en el intervalo de 0,1 - 1,0 mm.

Los elementos sobresalientes, o clavijas, pueden tener cualquier forma de sección transversal, pero preferentemente tienen una forma de sección transversal cuadrada, rectangular o circular. Además, los elementos sobresalientes preferentemente tienen dimensiones máximas en sección transversal de menos de la mitad de una longitud de onda en el aire a la frecuencia de funcionamiento. Preferentemente, la dimensión máxima es mucho menor que ésta. La dimensión máxima de sección transversal/anchura es el diámetro en el caso de una sección transversal circular, o la diagonal en el caso de una sección transversal cuadrada o rectangular.

Además, cada uno de los elementos sobresalientes tiene, preferentemente, una anchura máxima menor que su período. La anchura máxima de los elementos sobresalientes se selecciona típicamente según la frecuencia de funcionamiento. En algunas realizaciones ilustrativas, la anchura máxima se puede seleccionar para que sea menor de 1,0 mm, tal como menor de 0,5 mm, y/o mayor de 0,05 mm, tal como mayor de 0,1 mm, y por ejemplo, en el intervalo de 0,05 - 1,0 mm, tal como en el intervalo de 0,1 - 0,5 mm.

La otra capa conductora puede simplemente descansar sobre los extremos sobresalientes de los elementos sobresalientes. Esto hace que la fabricación sea muy simple y también facilita la retirada posterior de la otra capa conductora, por ejemplo, para mantenimiento. Sin embargo, también es posible garantizar que al menos algunos de dichos elementos sobresalientes estén unidos fijamente a dicha otra capa conductora, por ejemplo, por medio de soldadura o adhesión. Dicha unión fija proporciona un conjunto más robusto.

Preferentemente, los elementos sobresalientes tienen alturas esencialmente idénticas, debiéndose la diferencia de altura máxima entre cualquier par de elementos sobresalientes a tolerancias mecánicas. Esto depende del método de fabricación y la frecuencia de funcionamiento, y puede hacer que algunos elementos sobresalientes estén en contacto mecánico e incluso eléctrico con la capa conductora suprayacente, y otros no. Preferentemente, las tolerancias deben ser suficientemente buenas para garantizar que el hueco que posiblemente se produzca entre cualquier elemento sobresaliente y la capa conductora suprayacente se mantenga al mínimo. En algunas realizaciones ilustrativas, la diferencia de altura es menor de 0,1 mm, tal como menor de 0,05 mm, tal como menor de 0,01 mm, tal como menor de 0,005 mm. Por ello, es posible proporcionar una distribución relativamente uniforme de la conexión mecánica y eléctrica entre los elementos sobresalientes y la capa conductora suprayacente.

Las dos capas conductoras pueden además estar conectadas entre sí por rigidez mediante una estructura mecánica a cierta distancia fuera de la región con ondas guiadas, donde la estructura mecánica puede estar formada integral y preferentemente de manera monolítica sobre al menos uno de los materiales conductores que definen una de las capas conductoras.

Preferentemente, al menos parte de las dos capas conductoras son en su mayoría planares, excepto por la estructura fina proporcionada por las crestas y la textura (es decir, los elementos sobresalientes).

El conjunto de elementos sobresalientes dispuestos de forma periódica o cuasiperiódica están en una línea de realizaciones formadas monolíticamente sobre una de dichas capas conductoras, y preferentemente formadas monolíticamente por dimensionado por estampado, por lo que cada elemento sobresaliente está fijado monolíticamente a la capa conductora, estando todos los elementos sobresalientes conectados eléctricamente entre sí en sus bases a través de dicha capa conductora a la que están conectados fijamente.

Por ello, los elementos sobresalientes están todos integrados monolíticamente con la capa conductora superior o inferior, y preferentemente están todos en contacto metálico conductor con la capa conductora y los elementos sobresalientes vecinos.

Los elementos sobresalientes están formados, preferentemente, monolíticamente sobre la capa conductora mediante dimensionado por estampado, de la manera que se analiza a continuación.

La parte de RF es, preferentemente, una guía de ondas de hueco, y comprende además al menos una cresta a lo largo de la cual se propagarán las ondas, estando dicha cresta dispuesta sobre la misma capa conductora que los elementos sobresalientes y también está formada monolíticamente sobre dicha capa conductora.

La guía de ondas de hueco de cresta usa una cresta entre las clavijas para guiar las ondas. Dichas crestas también pueden formarse monolíticamente de la manera analizada anteriormente, presionando el material conformable en los rebajes en el troquel. A continuación, esta estructura de cresta de guía de ondas, que puede tener la forma de un árbol si se usa para realizar una red de distribución ramificada, puede formarse entre los elementos sobresalientes, simultáneamente.

El dispositivo de microondas comprende además al menos una cresta a lo largo de la cual se propagarán las ondas, estando dicha cresta dispuesta sobre la misma capa conductora que los elementos sobresalientes y también está formada monolíticamente sobre dicha capa conductora.

Según otra línea de realizaciones, el dispositivo de microondas comprende una pluralidad de elementos de guía de ondas monolíticos, que tienen, cada uno, una base y dedos sobresalientes que se extienden hacia arriba desde la base, formando así dichos elementos sobresalientes, en los que los elementos de guía de ondas están conectados de manera conductora con una de dichas capas conductoras, y dispuestos para formar una guía de ondas a lo largo de esta capa conductora.

La capa conductora sobre la que se colocan los elementos de guía de ondas monolíticos puede disponerse como una placa metálica o similar, pero preferentemente está dispuesta como una capa metalizada sobre un sustrato. La capa conductora es, preferentemente, muy delgada, lo que se simplifica colocándola sobre un sustrato dieléctrico rígido y macizo para mejorar el rendimiento mecánico y reducir el coste.

Por tanto, se forma una guía de ondas de hueco, que tiene dos capas conductoras dispuestas con un hueco entre ellas, y un conjunto de dedos sobresalientes dispuestos de forma periódica o cuasiperiódica conectados a al menos una de dichas capas conductoras. Los elementos de guía de ondas monolíticos y sus dedos sobresalientes están todos conectados eléctricamente entre sí a través de dicha capa conductora a la que están conectados, formando así una textura para detener la propagación de ondas, en una banda de frecuencia de funcionamiento, en otras direcciones distintas de a lo largo de las trayectorias de guía de ondas previstas.

Los inventores de la presente invención han descubierto que los elementos de guía de ondas monolíticos más pequeños, que tienen, cada uno, una base y dedos sobresalientes que se extienden hacia arriba desde la base, se pueden fabricar con bastante facilidad y de forma rentable. Además, la colocación y conexión de los elementos de guía de ondas en la primera capa/sustrato conductor también se puede lograr de una manera relativamente simple y rentable, tal como usando tecnología de recogida y colocación (pick-and-place) u otros sistemas de colocación de componentes de tecnología de montaje en superficie (SMT). En particular, la presente invención hace posible proporcionar elementos de guía de ondas estandarizados y usar dichos componentes estandarizados, únicamente o al menos en un grado relativamente grande, cuando se producen diversos tipos de partes de RF.

Los procesos de recogida y colocación son conocidos de por sí y se han usado para la producción de conjuntos electrónicos. Dichos procesos típicamente implican el suministro de los elementos que se deben recoger y colocar, por ejemplo, sobre cintas de papel o plástico, sobre bandejas o similares, y la recogida de un elemento a la vez del suministro, por ejemplo, por medio de ventosas neumáticas. Las ventosas se pueden unir a un dispositivo similar a un trazador, u otras disposiciones, para colocar los elementos recogidos sobre una capa conductora que puede estar ubicada sobre un sustrato dieléctrico formando así una PCB. Cuando se coloca sobre la capa conductora, tal como un sustrato metalizado, el elemento o elementos se mantienen en su lugar mediante pasta de soldadura adhesiva o similar. Cuando todos los elementos se han colocado sobre el sustrato/capa, el conjunto se trata térmicamente a temperatura elevada, por lo que la soldadura-pasta se funde y fija los elementos colocados al sustrato/capa. Esta conexión por soldadura es muy fuerte después de volver a temperatura ambiente.

Los inventores de la presente invención han descubierto que la provisión de elementos de guía de ondas monolíticos que tienen una base y dedos sobresalientes que se extienden hacia arriba desde la base hace posible preproducir componentes de uno o varios tipos, y ensamblar los elementos mediante metodología de recogida y colocación. Esto se hace posible, por ejemplo, haciendo que la base de los elementos de guía de ondas monolíticos sea lo suficientemente grande como para servir como un área de succión para ser recogida por ventosas neumáticas.

Los dedos sobresalientes pueden tener cualquier forma deseada, pero preferentemente están hechos de una anchura, grosor y altura esencialmente uniformes, lo que hace que los dedos tengan una forma esencialmente rectangular. Sin embargo, otras formas, tales como que tienen partes superiores o lados redondeados o angulares, etc., también son factibles. Los dedos también pueden ser clavijas redondas, que tienen una sección transversal circular.

Los elementos de guía de ondas pueden proporcionarse como componentes estandarizados y pueden ensamblarse mediante tecnologías de colocación de montaje en superficie, tales como equipos de recogida y colocación conocidos de por sí. Esto hace posible proporcionar una gran variedad de diferentes partes de RF de una manera relativamente simple, rápida y rentable. Por tanto, se obtiene una gran flexibilidad en el diseño y la producción de partes de RF. Al mismo tiempo, las partes de RF tienen menores pérdidas y mejores propiedades EMC, en comparación con las soluciones de microcinta y similares.

Los elementos de guía de ondas comprenden bases provistas de crestas sobresalientes, para la formación de guías de ondas de hueco de cresta. En dicha alternativa, la superficie superior de la cresta, un área plana entre o fuera del área de la clavija, o similar, puede servir como una superficie para ser levantada por una ventosa neumática.

Los dedos sobresalientes de todos los elementos de la guía de ondas están en contacto conductor/eléctrico entre sí a través de la superficie conductora a la que están conectados. Los elementos de guía de ondas comprenden preferentemente superficies conductoras, y en las que la base y todos los dedos de cada elemento de guía de ondas están en contacto eléctrico entre sí. Por ejemplo, los elementos de guía de ondas pueden estar hechos de metal. Cada

elemento de guía de ondas puede, por ejemplo, estar hecho de una sola lámina de metal, en la que las lengüetas recortadas se doblan hacia arriba para formar los dedos sobresalientes.

5 Los dedos sobresalientes se extienden, preferentemente, con un ángulo hacia el plano de la base, y preferentemente se extienden ortogonalmente a este plano. Sin embargo, también son factibles otras direcciones, tales como formar un ángulo agudo u obtuso con respecto a dicho plano.

10 En una realización, los elementos de guía de ondas comprenden bases provistas de crestas sobresalientes, para la formación de guías de ondas de hueco de cresta.

15 Los elementos de guía de ondas están hechos preferentemente de un material conductor y preferentemente de metal.

20 Preferentemente, al menos uno de los elementos de guía de ondas comprende una pluralidad de elementos sobresalientes, aquí en forma de dedos, dispuestos en dos lados opuestos de la base.

25 Al menos uno de los elementos de guía de ondas también puede comprender una pluralidad de dedos dispuestos a lo largo de dos o más líneas paralelas pero separadas a lo largo de al menos uno de los bordes. Por lo tanto, las realizaciones con dos o más líneas de dedos sobresalientes a cada lado de la guía de ondas son normalmente más eficientes. Por tanto, la realización de los elementos de guía de ondas con dos o más líneas de dedos dispuestas a lo largo de uno o varios lados permite un ensamblaje más eficaz de guías de ondas eficientes sobre la capa/sustrato conductor. Sin embargo, también se pueden combinar varios elementos de guía de ondas para formar un canal de guía de ondas provisto de dedos sobresalientes en dos o más líneas a lo largo de ambos lados.

30 Adicionalmente o como alternativa, al menos uno de los elementos de guía de ondas puede comprender una pluralidad de dedos dispuestos a lo largo de una sola línea a lo largo de al menos uno de los bordes.

35 Al menos algunos de los dedos pueden ser lengüetas dobladas hacia arriba que se extienden desde el lado externo de la base. Las lengüetas pueden extenderse desde el perímetro externo de la base. Sin embargo, como alternativa, al menos algunos de los dedos pueden ser lengüetas dobladas hacia arriba que se extienden desde recortes interiores dentro de la base.

40 Los elementos de guía de ondas se conectan, preferentemente, a la primera capa conductora por medio de estaño de soldadura. Por tanto, la primera capa conductora puede, antes de la colocación de los elementos de guía de ondas, estar provista de una pasta de soldadura o similar, que hace, preferentemente, que la capa sea algo adherente, para mantener los elementos de guía de ondas colocados en su lugar. Cuando está colocada, la primera capa conductora junto con los elementos de guía de ondas se puede tratar térmicamente a una temperatura elevada, conectando así fijamente los elementos de guía de ondas a la primera capa conductora.

45 Los dedos sobresalientes funcionan como clavijas, clavos, etc., de la misma manera que en las guías de ondas de hueco conocidas anteriormente. Son factibles muchas formas y geometrías diferentes de los dedos. Por ejemplo, los dedos pueden tener una forma que varía con la altura, tal como siendo ligeramente cónicos, siendo más anchos y/o más gruesos en el medio, por ejemplo, asemejándose a una forma ovalada o esférica, teniendo una sección transversal más estrecha en la parte superior y/o inferior, etc. Sin embargo, preferentemente los dedos tienen una anchura y un grosor relativamente uniformes en toda la altura. Se prefiere además que la altura sobresaliente de los dedos sea mayor que la anchura y el grosor de los dedos, y preferentemente mayor que el doble de la anchura y el grosor. Aún más, se prefiere que la anchura de los dedos sea mayor que el grosor.

50 La parte central plana de la placa de base, cuando se usa para formar una guía de ondas a lo largo de la placa de base, tiene, preferentemente, una anchura que es mayor que la altura de los dedos sobresalientes. Preferentemente, esta anchura es del orden de 2-3 veces la altura de los dedos sobresalientes, tal como aproximadamente 2,5.

55 Preferentemente, los elementos de guía de ondas comprenden al menos uno de un elemento de guía de ondas recto, un elemento de guía de ondas curvo o doblado, un elemento de guía de ondas ramificado y un elemento de guía de ondas de transición. El elemento de guía de ondas de transición puede ser una transición para conectarse a un módulo de circuito integrado de microondas monolítico (MMIC).

60 Preferentemente, la altura sobresaliente de los dedos es mayor que la anchura y el grosor de los dedos, y preferentemente mayor que el doble de la anchura y el grosor. Además, la anchura de los dedos es, preferentemente, mayor que el grosor.

65 Según otra línea más de realizaciones, los elementos sobresalientes se forman como una matriz de rejilla de tecnología de montaje en superficie, tal como una matriz de rejilla de clavijas, una matriz de rejilla de columnas y/o una matriz de rejilla de bolas, en la que cada clavija está fijada a la capa conductora por soldadura, pero en la que todos los elementos sobresalientes están conectados eléctricamente entre sí en sus bases a través de dicha capa conductora a la que están conectados fijamente.

Una matriz de cuadrícula de tecnología de montaje en superficie (SMT) puede disponerse de diversas formas. Esta matriz de rejilla puede comprender un elemento sobresaliente en forma de clavijas cortas (PGA - matriz de rejilla de clavija), bolas de soldadura (BGA - matriz de rejilla de bolas), columnas o cilindros de soldadura (CGA - matriz de rejilla de columnas), etc. Los elementos sobresalientes, es decir, las bolas, clavijas, columnas, etc., pueden tener cualquier forma deseada. La placa/superficie sobre la que se montan o crecen los elementos sobresalientes puede ser PCB o cualquier otro material adecuado. Las matrices de rejilla pueden, por ejemplo, disponerse sobre sustratos de cerámica (CCGA - matriz de rejilla de columnas de cerámica; CBGA - matriz de rejilla de bola de cerámica; etc.).

En lo sucesivo se hará referencia principalmente a PGA y/o BGA. Sin embargo, el lector experto debe reconocer que otras matrices de rejilla SMT, tales como CGA o CCGA, pueden usarse en su lugar de la misma manera.

Los inventores de la presente invención han descubierto ahora que se puede obtener un rendimiento similar o mejor que en guías de ondas de hueco anteriores de una manera mucho más rentable usando tecnología de matriz de rejilla de clavijas y/o matriz de rejilla de bolas. Por ello, es, por ejemplo, posible realizar redes de distribución corporativas a bajo coste de fabricación y con suficiente precisión a 60 GHz y frecuencias más altas.

Ahora se ha constatado que dichas PGA, PPGA, CPGA, BGA, CGA, CCGA y otras tecnologías de matrices de rejilla SMT similares se pueden usar para fabricar las superficies de las clavijas/elementos sobresalientes de guías de onda de hueco por un precio muy bajo en comparación con el fresado convencional de placas metálicas, y también en comparación con la perforación a través de orificios en un sustrato dieléctrico.

Las PGA se usan tradicionalmente para proporcionar conexiones conductoras entre muchos puertos de un microprocesador (que está ubicado en una PCB) al número correspondiente de puertos en otra PCB que puede estar por encima o por debajo de la primera PCB. En este caso, una PCB contiene la PGA y la otra PCB contiene una toma correspondiente con orificios metalizados que se ajustan a las ubicaciones de todas las clavijas de la PGA. A continuación, cada clavija representa un puerto de la PCB superior y cada orificio metalizado representa un puerto de la PCB inferior. Por tanto, cada clavija y cada orificio de la toma están eléctricamente aislados entre sí y representan puertos eléctricos individuales del microprocesador en la primera PCB.

Por el contrario, cuando se usan PGA u otras matrices de rejilla SMT para realizar guías de ondas de hueco y empaquetamiento de RF y similares según la presente invención, las clavijas/elementos sobresalientes se conectan eléctricamente entre sí a través de la capa conductora, tal como una placa metálica o PCB, sobre la que se montan. Por tanto, no están eléctricamente aislados entre sí en los puntos de fijación a la PCB o placa metálica. Esto es muy diferente de cómo se usan normalmente las PGA. Las PGA previamente conocidas montadas sobre PCB garantizan que cada clavija esté aislada, es decir, que no haya una conexión conductora o metálica entre ellos en sus bases. Cuando se usan PGA para formar guías de ondas y similares según la presente invención, habrá un contacto de metal conductor entre las clavijas vecinas en la placa sobre la que están montadas.

Por tanto, los elementos sobresalientes se forman de este modo mediante el mismo proceso que la matriz de rejilla de clavijas y/o una matriz de rejilla de bolas usada para conectar y empaquetar microprocesadores digitales a placas de circuito impreso, en la que cada clavija está fijada a la capa conductora por soldadura, pero, al contrario para dichas aplicaciones conocidas de PGA/BGA/CGA, todas las clavijas están conectadas eléctricamente entre sí en sus bases sobre la capa conductora.

Al menos una de las capas conductoras puede estar provista de al menos una abertura, preferentemente en forma de una o más ranuras rectangulares, permitiendo dicha o dichas aberturas que la radiación sea transmitida a y/o recibida desde dicho dispositivo de microondas.

El dispositivo de microondas puede comprender además al menos un módulo de circuito integrado, tal como un módulo de circuito integrado de microondas monolítico, dispuesto entre dichas capas conductoras, funcionando así la textura para detener la propagación de ondas como un medio para eliminar resonancias dentro del paquete para dicho módulo o módulos de circuito integrado. El módulo o módulos de circuito integrado están dispuestos preferentemente en una de dichas capas conductoras, y en el que los elementos sobresalientes que recubren el o los circuitos integrados son más cortos que los elementos sobresalientes que no recubren dicho o dichos circuitos integrados. En una realización preferida de este tipo, el al menos un circuito integrado es un circuito integrado de microondas monolítico (MMIC).

Preferentemente, el o los circuitos integrados están dispuestos sobre una capa conductora que no está provista de dichos elementos sobresalientes, y en la que los elementos sobresalientes que recubren el o los circuitos integrados son más cortos que los elementos sobresalientes que no recubren dicho o dichos circuitos integrados. Por ello, el o los circuitos integrados pueden ser abarcados de alguna manera por los elementos sobresalientes, proporcionando así un blindaje y protección mejorados. Sin embargo, los elementos sobresalientes preferentemente no están en contacto con el o los circuitos integrados, y también preferentemente no están en contacto con la capa conductora sobre la cual están dispuestos el o los circuitos integrados.

El dispositivo de microondas está adaptado preferentemente para formar guías de ondas para frecuencias que exceden los 20 GHz, y preferentemente exceden los 30 GHz, y de la manera más preferente exceden los 60 GHz.

Según otro aspecto de la invención, se proporciona una antena en matriz plana que comprende una red de distribución corporativa realizada por un dispositivo de microondas como se analizó anteriormente.

5 Por ello, son factibles realizaciones y ventajas similares a las analizadas anteriormente.

Preferentemente, la red de distribución corporativa forma un árbol ramificado con divisores de potencia y líneas de guía de ondas entre ellos. Esto puede, por ejemplo, realizarse como guías de ondas de hueco como se analizó anteriormente.

10 La guía de ondas de hueco puede formar la red de distribución de una antena en matriz. La red de distribución es, preferentemente, total o parcialmente corporativa que contiene divisores de potencia y líneas de transmisión, realizada total o parcialmente como una guía de ondas de hueco, es decir, formada en el hueco entre una superficie lisa y una texturizada, incluyendo una guía de ondas de hueco de cresta.

15 En una red de distribución, la estructura de guía de ondas puede formarse como un árbol para convertirse en una red de distribución ramificada o corporativa por medio de divisores de potencia y líneas entre ellos. Las clavijas que rodean la cresta de guía de ondas pueden integrarse monolíticamente con la placa metálica de soporte o el sustrato metalizado mediante el mismo procedimiento de producción que se analizó anteriormente.

20 La antena también puede ser un conjunto de una pluralidad de subconjuntos, de la manera ya analizada anteriormente, por lo que la superficie radiante total de la antena está formada por la combinación de las superficies de subconjunto radiantes de los subconjuntos. Cada superficie de este subconjunto puede estar provista de una serie de aberturas de ranura radiantes, como se analizó anteriormente. Las superficies de subconjunto pueden, por ejemplo, estar dispuestas en una disposición de lado a lado, para formar una superficie radiante cuadrada o rectangular del conjunto. Preferentemente, además una o más ranuras alargadas que funcionan como ondulaciones pueden disponerse entre las submatrices, es decir, entre las superficies del subconjunto, en el plano E.

30 El sistema de antena puede comprender además elementos en forma de bocina conectados a las aberturas en la superficie metálica de la guía de ondas de hueco. Dichas ranuras son ranuras de acoplamiento que se acoplan a una matriz de elementos en forma de bocina que se ubican preferentemente uno al lado de otro en una matriz en la placa metálica superior/capa conductora. El diámetro de cada elemento de bocina es, preferentemente, mayor que una longitud de onda. Un ejemplo de dicha disposición de bocinas se describe de por sí en la técnica anterior.

35 Cuando se usan varias ranuras como elementos radiantes en la placa superior, la separación entre las ranuras es, preferentemente, menor que una longitud de onda en el aire a la frecuencia de funcionamiento.

40 Las ranuras en la placa superior también pueden tener una separación mayor que una longitud de onda. A continuación, las ranuras son ranuras de acoplamiento, lo que hace un acoplamiento desde los extremos de una red de distribución dispuesta en la superficie texturizada a una continuación de esta red de distribución en una capa encima de ella, que divide la potencia en partes iguales en una matriz de ranuras adicionales que, juntas, forman una matriz radiante de submatrices de ranuras, en la que la separación entre cada ranura de cada submatriz es, preferentemente, menor que una longitud de onda. Por ello, la red de distribución puede disponerse en varias capas, obteniendo así un conjunto muy compacto. Por ejemplo, se pueden proporcionar una primera y una segunda capas de guía de ondas de hueco, de la manera mencionada anteriormente, separadas por una capa conductora que comprende las ranuras de acoplamiento, cada una de las cuales establece un acoplamiento desde cada extremo de la red de distribución sobre la superficie texturizada a una continuación de esta red de distribución que divide la potencia en partes iguales en una pequeña matriz de ranuras formadas en una capa conductora dispuesta en el lado superior de la segunda guía de ondas de hueco, que juntas forman una submatriz radiante de toda antena en matriz. La separación entre cada ranura de la submatriz es, preferentemente, menor que una longitud de onda. Como alternativa, solo una de dichas capas de guía de ondas puede ser una capa de guía de ondas de hueco, por lo que la otra capa puede disponerse mediante otra tecnología de guía de ondas.

55 La red de distribución está en el punto de alimentación preferentemente conectada al resto de la interfaz de RF que contiene filtros duplexores para separar las bandas de frecuencia de transmisión y recepción y, posteriormente, los amplificadores de transmisión y recepción y otros componentes electrónicos. Estos últimos también se denominan módulos convertidores para transmitir y recibir. Estas partes pueden estar ubicadas al lado de la matriz de antenas sobre la misma superficie que la textura que forma la red de distribución, o debajo de ella. Preferentemente, se proporciona una transición desde la red de distribución al filtro duplexor, y esto puede realizarse con un orificio en el plano de tierra de la capa conductora inferior y formando una interfaz de guía de ondas rectangular en la parte posterior de la misma. Dicha interfaz de guía de ondas rectangular también se puede usar con fines de medición.

60 Como en la guía de ondas de hueco conocida anteriormente, las guías de ondas proporcionadas por la presente invención guían ondas que se propagan principalmente en el hueco de aire entre las capas conductoras y a lo largo de trayectorias definidas por los elementos sobresalientes. Los elementos sobresalientes periódicos o cuasiperiódicos en la superficie texturizada se proporcionan, preferentemente, en ambos lados de las trayectorias de guía de ondas y

65

están diseñados para evitar que las ondas se propaguen entre las dos superficies metálicas, en otras direcciones distintas de a lo largo de la estructura de guía de ondas. La banda de frecuencia de esta propagación prohibida se denomina banda de supresión y define el ancho de banda operativo máximo disponible de la guía de ondas de hueco.

5 La impedancia característica de la guía de ondas de hueco y la línea se puede dar aproximadamente por

$$Z_k = Z_0 h/w$$

10 donde  $Z_0$  es la impedancia de onda en el aire (o en el dieléctrico que llena la región del hueco),  $w$  es la anchura de las trayectorias de guía, la crestas, y  $h$  es la distancia entre la cresta y la capa conductora suprayacente. Los parámetros  $h$  y  $w$  se seleccionan preferentemente de tal manera que se obtenga una impedancia característica apropiada y adecuada.

15 Preferentemente, la impedancia característica está en el intervalo de 25-200 ohmios, y más preferentemente en el intervalo de 50-100 ohmios, tal como cerca de 50 ohmios o cerca de 100 ohmios.

20 Según otro aspecto de la invención, se proporciona un método para producir un dispositivo de microondas, tal como una guía de ondas, línea de transmisión, circuito de guía de ondas, circuito de línea de transmisión o parte de radiofrecuencia (RF) de un sistema de antena, según la reivindicación 14.

Por ello, son factibles realizaciones y ventajas similares a las analizadas anteriormente.

25 En una línea de realizaciones, la etapa de proporcionar una capa conductora que tiene un conjunto de elementos sobresalientes dispuestos de forma periódica o cuasiperiódica conectados fijamente a la misma comprende:

proporcionar un troquel provisto de una pluralidad de rebajes que forman el negativo de los elementos sobresalientes; disponer una pieza conformable de material en el troquel; y aplicar una presión sobre la pieza conformable de material, comprimiendo así la pieza conformable de material para adaptarse a los rebajes del troquel.

30 Como se analizó anteriormente, ya se ha demostrado que las guías de ondas de hueco funcionan y tienen una pérdida menor que las líneas de microcinta convencionales y las guías de ondas coplanares. Los inventores de la presente invención han descubierto ahora que se puede obtener un rendimiento similar o mejor de una manera mucho más rentable formando los elementos sobresalientes monolíticamente sobre una capa conductora en un proceso que puede denominarse conformación a presión o dimensionado por estampado, y en particular conformación a presión multicapa, en el que una pieza conformable de material, tal como aluminio, se presiona hacia un troquel que está provisto de una pluralidad de rebajes que forman el negativo de los elementos sobresalientes de la parte RF, comprimiendo así la pieza conformable de material para adaptarse a los rebajes del troquel. Por ello, es, por ejemplo, posible realizar redes de distribución corporativas a bajo coste de fabricación y con suficiente precisión a 60 GHz y frecuencias más altas.

40 El troquel se puede estar provisto en una capa, que comprende los rebajes. Sin embargo, el troquel puede comprender, como alternativa, dos o más capas, al menos algunas de las cuales están provistas de orificios pasantes, en las que los rebajes se forman apilando las capas una encima de la otra. El dimensionado por estampado o la conformación a presión usando dichos troqueles multicapa se denominan en el presente documento conformación a presión multicapa.  
45 En caso de que se usen tres, cuatro, cinco o incluso más capas, cada capa, aparte posiblemente de la capa inferior, tiene orificios pasantes que aparecen como rebajes cuando las capas se colocan una encima de la otra, y estando al menos algunos de los orificios pasantes de las diferentes capas en comunicación entre sí.

50 El dimensionado por estampado o la conformación a presión es conocido de por sí anteriormente y se ha usado en otros campos para formar láminas metálicas y similares. Se encuentran ejemplos de dichos métodos conocidos en, por ejemplo, los documentos US 7 146 713, US 3 937 618 y US 3 197 843. Sin embargo, el uso de un dimensionado por estampado o conformación a presión para la producción de partes de RF del tipo analizado anteriormente no se conoce ni se prevé en la técnica anterior. Tampoco se conoce el uso de un troquel multicapa y la conformación a presión multicapa.

55 Los rebajes en el troquel se pueden formar por medio de perforación, fresado o similar.

60 Ahora se ha constatado que dicho proceso de dimensionado por estampado/conformación a presión se puede usar para fabricar las superficies de clavija/elemento sobresaliente de guías de ondas de hueco por un precio muy bajo en comparación con el fresado convencional de placas metálicas, y también en comparación con perforar orificios de paso en un sustrato dieléctrico.

65 La presente invención hace posible la producción de partes de RF del tipo analizado anteriormente de una manera rápida y rentable, tanto para la producción de prototipos y series de prueba, como para la producción a gran escala. El mismo equipo de producción se puede usar para la producción de muchas partes de RF diferentes. Para la producción de diferentes partes de RF, solo es necesario reemplazar el troquel y, en caso de que se usen varias capas

de troquel (véase más adelante), a menudo es suficiente reemplazar una sola capa de troquel o reorganizar el orden de las capas de troquel.

5 Los rebajes en el troquel o una capa de troquel se pueden obtener perforando. Sin embargo, también son factibles otros medios para formar los rebajes, tales como fresado, grabado, corte por láser o similares.

10 La pieza conformable de material puede denominarse palanquilla. La palanquilla está formada preferentemente por un material que es más blando que el material de los otros componentes y, en particular, el troquel. La palanquilla/material conformable puede, por ejemplo, ser un metal blando, tal como aluminio, estaño o similar, u otros materiales, tales como un material plástico. Si se usa un material plástico u otro material no conductor o pobremente conductor, el material se chapa o metaliza preferentemente después de la formación, por ejemplo, con un fino chapado en plata. Preferentemente, el troquel está hecho de acero inoxidable u otro metal duro.

15 Los rebajes del troquel/capa de troquel pueden formarse de diversas formas, tales como por perforación, fresado, grabado, corte con láser o similares.

20 La presente invención hace posible producir de forma rentable partes de RF que tienen muchos elementos sobresalientes/clavijas, elementos sobresalientes/clavijas de pequeño diámetro y/o elementos sobresalientes/clavijas que tienen una gran altura en comparación con el diámetro. Esto lo hace especialmente adecuado para formar partes de RF para altas frecuencias.

25 La profundidad de los rebajes y el grosor del troquel/capa de troquel que porta las cavidades (especialmente cuando se usan orificios pasantes), proporcionan la altura de la estructura sobresaliente de la parte fabricada, tal como clavijas y/o crestas. Por ello, la altura de dichos elementos se puede controlar fácilmente y también se puede disponer fácilmente para variar sobre las piezas fabricadas, de modo que, por ejemplo, algunas clavijas son más altas que otras, las clavijas son más altas que una cresta sobresaliente, etc. Los orificios pasantes son más rentables de fabricar que las cavidades. Además, pueden obtenerse fácilmente rebajes de diferentes profundidades colocando capas de troquel con orificios pasantes una encima de otra, de modo que se obtengan rebajes más profundos si dos o más capas de troquel tienen ubicaciones de orificios coincidentes.

30 Por medio de la presente invención, las partes de RF del tipo analizado anteriormente se pueden producir de una manera muy rápida, energéticamente eficiente y rentable. La formación de la capa de troquel es relativamente simple y la misma capa de troquel se puede reutilizar muchas veces. Además, la capa de troquel se puede intercambiar fácilmente, lo que permite la reutilización del resto del troquel y el equipo de producción para la producción de otras partes de RF. Esto hace que la producción sea flexible para diseñar cambios y similares. El proceso de producción también es muy controlable y las partes de RF producidas tienen excelentes tolerancias. Además, el equipo de producción es relativamente económico y, al mismo tiempo, proporciona una alta productividad. Por tanto, el método y el aparato de producción son adecuados tanto para la producción de prototipos de bajo volumen, la producción de pequeñas series de piezas personalizadas como para la producción en masa de grandes series.

35 40 Preferentemente, el troquel está provisto de un collar en el que se puede insertar la parte conformable de material. El troquel puede comprender una placa de base y un collar, estando el collar provisto como un elemento separado, dispuesto con holgura sobre la placa de base.

45 50 El troquel puede comprender además al menos una capa de troquel que comprende orificios pasantes que forman dichos rebajes. En una realización preferida, el troquel comprende al menos dos capas de troquel intercaladas que comprenden orificios pasantes. Por ello, las capas intercaladas pueden disponerse para proporcionar diversas alturas y/o formas de los elementos sobresalientes. Por ejemplo, dichas capas de troquel intercaladas se pueden usar para la realización rentable de elementos sobresalientes que tienen alturas variables, tales como áreas de elementos sobresalientes de diferentes alturas, o la realización de elementos sobresalientes que tienen dimensiones de anchura variables, tales como siendo cónicos, teniendo una anchura gradualmente decreciente, o similares. También se puede usar para formar crestas, transiciones escalonadas, etc. Preferentemente, la al menos una capa de troquel está dispuesta dentro del collar.

55 Los rebajes están dispuestos, preferentemente, para formar un conjunto de elementos sobresalientes dispuestos de forma periódica o cuasiperiódica sobre la parte de RF.

La matriz puede estar provista de un collar en el que se pueda insertar la pieza de material conformable.

60 El troquel puede comprender además una placa de base y un collar, estando el collar provisto como un elemento separado, dispuesto con holgura sobre la placa de base.

65 Preferentemente, el troquel comprende además al menos una capa de troquel que comprende orificios pasantes que forman dichos rebajes.

El troquel comprende, preferentemente, al menos dos capas de troquel intercaladas que comprenden orificios pasantes.

La al menos una capa de troquel puede estar dispuesta además dentro del collar.

5 En otra línea de realizaciones, la etapa de proporcionar una capa conductora que tiene un conjunto de elementos sobresalientes dispuestos de forma periódica o cuasiperiódica conectados fijamente a la misma comprende:

10 proporcionar una primera capa conductora, por ejemplo, dispuesta como una capa metalizada sobre un sustrato;  
proporcionar una pluralidad de elementos de guía de ondas monolíticos, que tienen, cada uno, una base y dedos sobresalientes que se extienden hacia arriba desde la base; y  
conectar de forma conductora los elementos de guía de ondas con la primera capa conductora, y dispuestos para formar una guía de ondas a lo largo de la primera capa conductora.

15 La etapa de conectar de forma conductora los elementos de guía de ondas con la primera capa conductora se realiza ventajosamente mediante tecnología de recogida y colocación. Por ello, se puede usar un equipo de recogida y colocación convencional y conocido de por sí. Dicho equipo se usa comúnmente para la colocación y producción de circuitos electrónicos dispuestos sobre PCB. Sin embargo, ahora se ha descubierto que el mismo equipo o un equipo similar también se puede usar de manera muy eficiente para la producción de guías de ondas de hueco y partes de RF similares. Mediante el uso de una base en los elementos de la guía de ondas y/o una cresta de dimensiones suficientes, se proporciona un área de elevación que permite que los elementos se eleven de forma neumática, y la base proporciona además una estabilidad suficiente de los elementos en una posición colocada, antes de soldar.

20 La etapa de conectar de forma conductora los elementos de guía de ondas con la primera capa conductora comprende, preferentemente, las subetapas de:

recoger y colocar elementos de guía de ondas con un sistema de colocación de vacío sobre dicha primera capa conductora, de modo que los elementos de guía de ondas se adhieran a la primera capa conductora; y  
30 calentar la primera capa conductora a una temperatura elevada, conectando así los elementos de guía de ondas a la primera capa conductora por medio de soldadura.

Los inventores de la presente invención han descubierto ahora que se puede obtener un rendimiento similar o mejor que el conocido anteriormente de una manera mucho más rentable usando elementos de guía de ondas que se pueden disponer sobre una primera capa conductora, tal como un sustrato metalizado mediante, por ejemplo, tecnología de colocación de montaje en superficie, tal como la tecnología de recogida y colocación. Por ello, es, por ejemplo, posible realizar redes de distribución corporativas a bajo coste de fabricación y con suficiente precisión a 60 GHz y frecuencias más altas.

40 A lo largo de otra línea de realizaciones, la etapa de proporcionar una capa conductora que tiene un conjunto de elementos sobresalientes dispuestos de forma periódica o cuasiperiódica conectados fijamente a la misma comprende:

proporcionar una primera capa conductora; y  
conectar fijamente un conjunto de elementos sobresalientes dispuestos de forma periódica o cuasiperiódica a la primera capa conductora, en el que dichos elementos sobresalientes están todos conectados eléctricamente entre sí a través de dicha capa conductora a la cual están conectados fijamente, y en el que dichos elementos sobresalientes están formados por matriz de rejilla de tecnología de montaje en superficie, tal como una tecnología de matriz de rejilla de clavijas, matriz de rejilla de columnas y/o matriz de rejilla de bolas.

50 La etapa de proporcionar elementos sobresalientes sobre la primera capa conductora implica, preferentemente, las etapas de:

producir un patrón de la disposición de los elementos sobresalientes y posibles trayectorias de guía de ondas en la primera capa conductora;  
disponer las partes para conectarlas a la primera capa conductora en una plantilla; y  
55 conectar las partes a la primera capa conductora.

Estas y otras características y ventajas de la presente invención se aclararán más en lo sucesivo con referencia a las realizaciones descritas a continuación. Concretamente, la invención se ha descrito en lo que antecede en términos de una terminología que implica una antena transmisora, pero, naturalmente, la misma antena también se puede usar para recibir, o tanto para recibir como para transmitir, ondas electromagnéticas. El rendimiento de la parte del sistema de antena que solo contiene componentes pasivos es el mismo tanto para la transmisión como para la recepción, como resultado de la reciprocidad. Por tanto, cualquier término usado para describir la antena anterior debe interpretarse de manera amplia, permitiendo que la radiación electromagnética se transfiera en cualquiera o en ambas direcciones. Por ejemplo, el término red de distribución no debe interpretarse únicamente para su uso en una antena transmisora, sino que también puede funcionar como una red combinada para su uso en una antena receptora.

Breve descripción de los dibujos

Con fines ilustrativos, la invención se describirá con mayor detalle en lo sucesivo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que las figuras 19 y 36-39 divulgan dispositivos que están dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Las figuras restantes divulgan dispositivos y aparatos similares que no están dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. No obstante, estos ejemplos son útiles para la comprensión de la presente invención. En particular:

- 5 La figura 1 es una vista lateral en perspectiva que muestra una guía de ondas de hueco según un ejemplo que no forma parte de la presente invención;
- 10 La figura 2 es una vista lateral en perspectiva que muestra una cavidad circular de una guía de ondas de hueco según otro ejemplo que no forma parte de la presente invención;
- La figura 3 es una ilustración esquemática de una antena en matriz según un ejemplo que no está dentro del alcance de la presente invención, donde la figura 3a es una vista en despiece ordenado de una submatriz/subconjunto de dicha antena, la figura 3b es una vista en perspectiva de una antena que comprende cuatro de dichas submatrices/subconjuntos, y la figura 3c es una vista en perspectiva de una forma alternativa de realizar la antena de la figura 3b;
- 15 La figura 4 es una vista superior de una red de distribución ilustrativa utilizable, por ejemplo, en la antena de la figura 3;
- La figura 5 es una vista en perspectiva y en despiece ordenado de tres capas diferentes de una antena que hace uso de una guía de ondas de hueco de microcinta invertida;
- 20 La figura 6 es una vista en primer plano de un puerto de entrada de una guía de ondas de hueco de cresta según una realización adicional de la presente invención;
- Las figuras 7 y 8 son vistas en perspectiva de filtros de guía de ondas de hueco parcialmente desmontados según ejemplos que no forman parte de la presente invención;
- 25 La figura 9 es una ilustración de cadenas de amplificador MMIC empaquetadas con guía de ondas de hueco, según un ejemplo que no forma parte de la presente invención, y donde la figura 9a es una vista en perspectiva esquemática vista desde el lateral y la figura 9b es una vista lateral;
- La figura 10 es una vista esquemática en despiece ordenado de un equipo de fabricación para dispositivos de microondas según una realización de la presente invención;
- 30 La figura 11 es una vista superior de la capa de conformación a presión de la figura 10;
- La figura 12 es una vista en perspectiva del troquel ensamblado de la figura 10;
- La figura 13 es una vista en perspectiva del equipo de fabricación de la figura 10 en una disposición ensamblada;
- La figura 14 es una vista esquemática en despiece ordenado de un equipo de fabricación para dispositivos de microondas tales como los dispositivos de microondas según otra realización de la presente invención;
- 35 Las figuras 15 y 16 son vistas superiores que ilustran las dos capas de información a presión en la realización de la figura 14;
- La figura 17 es una vista en perspectiva que muestra una parte de RF producible mediante el equipo de fabricación de la figura 14;
- La figura 18a es una vista lateral en perspectiva de una guía de ondas de hueco de ranura según un ejemplo que no forma parte de la presente invención, y la figura 18b muestra una vista en sección transversal de la misma guía de ondas;
- 40 La figura 19a es una vista lateral en perspectiva de una guía de ondas de hueco de cresta según otra realización de la presente invención, y la figura 19b muestra una vista en sección transversal de la misma guía de ondas;
- La figura 20 es una vista lateral en perspectiva que muestra un elemento de formación de guía de ondas según un primer ejemplo que no forma parte de la presente invención, en la que la figura de la derecha muestra el elemento de formación de guía de ondas y la figura de la izquierda muestra una preforma perforada para la formación del elemento de guía de ondas de la figura de la derecha;
- 45 La figura 21 es una vista superior en perspectiva de una guía de ondas parcialmente ensamblada, hecha mediante los elementos de guía de ondas de la figura 20;
- 50 La figura 22 es una vista en sección transversal de la guía de ondas de la figura 21;
- Las figuras 23-26 ilustran elementos de guía de ondas de un tipo similar al de la figura 20, pero que tienen diferentes geometrías;
- Las figuras 27-30 son vistas esquemáticas en sección transversal que ilustran diversas formas de usar elementos de guía de ondas para formar diferentes tipos de guías de ondas;
- 55 Las figuras 31-32 ilustran diferentes ejemplos de elementos de guía de ondas, que no forman parte de la presente invención, que tienen dos filas de dedos sobresalientes a lo largo de cada lado;
- Las figuras 33-35 son ilustraciones esquemáticas de cómo se pueden combinar diferentes elementos de guía de ondas en partes de guía de ondas más complejas;
- Las figuras 36, 37 y 38 son vistas superiores en perspectiva que ilustran realizaciones de elementos de guía de ondas que tienen una cresta maciza, para formar guías de ondas de hueco de cresta;
- 60 La figura 39 es una vista esquemática en sección transversal de un elemento de guía de ondas similar al de la figura 31, pero que tiene la base formada en una cresta no maciza;
- La figura 40 es una vista superior esquemática que ilustra el uso de elementos de guía de ondas para conectarse a un circuito integrado;
- 65 La figura 41 es una vista superior esquemática que ilustra el uso de elementos de guía de ondas para formar una rejilla de dedos sobresalientes

Las figuras 42 ilustran un ejemplo de una red pasiva, que no forma parte de la presente invención; y  
 Las figuras 43 ilustran un ejemplo de realización con componentes activos, que no forma parte de la presente invención.

## 5 Descripción detallada

En un primer ejemplo, como se ilustra en la figura 1, se ilustra un ejemplo de una guía de ondas rectangular. La guía de ondas comprende una primera capa conductora 1 y una segunda capa conductora 2 (aquí hecha semitransparente, para una mayor visibilidad). Las capas conductoras están dispuestas a una distancia constante  $h$  entre sí, formando así un hueco entre ellas.

Esta guía de ondas se asemeja a una SIW convencional con orificios de paso metalizados en una PCB con una capa de metal (tierra) en ambos lados, plano de tierra superior (parte superior) e inferior (parte inferior). Sin embargo, aquí no hay sustrato dieléctrico entre las capas conductoras, y los orificios de paso metalizados se sustituyen por una parte monolítica que comprende una capa conductora y elementos sobresalientes 3 que se extienden desde esta primera capa conductora e integrados fijamente monolítica con ella. La segunda capa conductora 2 descansa sobre los elementos sobresalientes 3, y también está conectada a estos, por ejemplo, por medio de soldadura. Los elementos sobresalientes 3 están hechos de material conductor, tal como metal. También pueden estar hechos de plásticos metalizados o cerámica.

Además, las primera y segunda capas conductoras pueden unirse entre sí por medio de un reborde, que se extiende alrededor de la periferia de una de las capas conductoras. El reborde no se ilustra, para una mayor visibilidad.

De manera similar a una guía de ondas SIW, aquí se forma una guía de ondas entre los elementos conductores, extendiéndose aquí entre los primer y segundo puertos 4.

En este ejemplo, se ilustra una guía de ondas recta muy simple y recta. Sin embargo, se pueden realizar trayectorias más complicadas de la misma manera, incluidas curvas, ramas, etc.

La figura 18 ilustra una realización similar de una guía de ondas de hueco de ranura, pero en lugar de tener elementos sobresalientes circulares (como en la figura 1), los elementos sobresalientes tienen aquí una geometría de sección transversal rectangular o cuadrada.

La figura 19 ilustra otra realización similar, pero aquí la guía de ondas de hueco forma una guía de ondas de hueco de cresta, con una cresta que se extiende desde una de las capas conductoras y forma la trayectoria de guía de ondas en la guía de ondas.

La figura 2 ilustra una cavidad circular de una guía de ondas de hueco. Esto se realiza de una manera similar a la de la guía de ondas recta antes descrita de la figura 1, y comprende una primera y segunda capas conductoras 1, 2, dispuestas con un hueco entre ellas, y elementos sobresalientes que se extienden entre las capas conductoras, y conectados a estas capas. Los elementos sobresalientes están conectados monolíticamente a una de las capas conductoras. Los elementos sobresalientes 3 están dispuestos aquí a lo largo de una trayectoria circular, encerrando una cavidad circular. Además, en esta realización ilustrativa, se proporciona una disposición de alimentación 6 y una abertura de ranura radiante en forma de X 5.

Esta cavidad circular de la guía de ondas funciona de manera similar a la cavidad circular de SIW.

Con referencia a la figura 3, ahora se analizará un ejemplo de una antena en matriz plana. Esta antena se asemeja estructural y funcionalmente a una antena conocida de la técnica anterior.

La figura 3a muestra la estructura multicapa de un subconjunto en una vista en despiece ordenado. El subconjunto comprende una capa de guía de ondas de hueco inferior 31 con un primer plano de tierra/capa conductora 32, y una textura formada por elementos sobresalientes 33 y una estructura de cresta 34, formando juntos una guía de ondas de hueco entre el primer plano de tierra 32 y un segundo plano de tierra/capa conductora 35. El segundo plano de tierra 35 está dispuesto aquí sobre una segunda capa de guía de ondas superior 36, que también comprende un tercer plano de tierra/capa conductora superior 37. La segunda capa de guía de ondas también puede formarse como una capa de guía de ondas de hueco. Se forma así un hueco entre el primer y el segundo planos de tierra y entre el segundo y el tercer planos de tierra, respectivamente, formando así dos capas de guías de ondas. El segundo plano de tierra inferior 35 de la capa superior tiene una ranura de acoplamiento 38, y la superior tiene 4 ranuras radiantes 39, y entre los dos planos de tierra hay una cavidad de guía de ondas de hueco. La figura 3a muestra solo una submatriz que forma la celda unitaria (elemento) de una matriz grande. La figura 3b muestra una matriz de 4 de dichas submatrices, dispuestas una al lado de otra en una configuración rectangular. Puede haber matrices aún más grandes de dichas submatrices para formar una antena más directiva.

Entre las submatrices, se proporciona en una dirección una separación, formando así ranuras alargadas en la placa metálica superior. Los elementos sobresalientes/clavijas están dispuestos a lo largo de ambos lados de las ranuras. Esto forma ondulaciones entre las submatrices en el plano E.

5 En la figura 3c, se muestra un ejemplo alternativo, en el que la capa conductora superior, que incluye varias submatrices, está formada como una placa metálica continua. Esta placa metálica tiene, preferentemente, un grosor suficiente para permitir que se formen ranuras en ella. Por ello, las ondulaciones alargadas que tienen efectos similares a los de las ranuras de la figura 3b se pueden realizar en cambio como ranuras alargadas que se extienden entre las celdas unitarias.

10 Cualquiera o ambas de las capas de guía de ondas entre la primera y segunda capa conductora y la segunda y tercera capa conductora, respectivamente, pueden formarse como guías de ondas de hueco monolíticas como se analizó anteriormente, sin ningún sustrato entre los dos planos de tierra metálicos, y con elementos sobresalientes que se extienden entre las dos capas conductoras. A continuación, los orificios de paso convencionales, como se analiza en [13], serán en cambio clavijas metálicas o similares, que están formadas monolíticamente entre las dos placas metálicas, dentro de cada celda unitaria de toda la matriz de antenas.

20 En la figura 4, se ilustra una vista superior de un ejemplo de la textura en la capa de guía de ondas de hueco inferior de la antena de la figura 3. Esto muestra una red de distribución 41 en tecnología de guía de ondas de hueco de cresta, para ondas en el hueco entre las dos capas conductoras inferiores. La estructura de la cresta forma una denominada red de distribución corporativa ramificada desde un puerto de entrada 42 a cuatro puertos de salida 43. La red de distribución puede ser mucho más grande que esto con muchos más puertos de salida para alimentar una matriz más grande. En contraste con la antena de [13], los orificios de paso dispuestos para proporcionar una textura de parada se forman aquí como elementos sobresalientes 44 formados monolíticamente de la manera descrita anteriormente. Por ello, no hay o no hay parcialmente ningún sustrato y los orificios de paso se reemplazan por los elementos sobresalientes/clavijas. La estructura de cresta puede formarse de la misma manera, para disponerse monolíticamente sobre la capa conductora. Por ello, la cresta se convierte en una cresta maciza. Como alternativa, la cresta puede estirarse como una delgada tira de metal, una microcinta, soportada por clavijas.

30 Con referencia a la figura 5, se analizará ahora otra realización de una antena. Esta antena comprende tres capas, ilustradas por separado en una vista en despiece ordenado. La capa superior 51 (izquierda) comprende una matriz de elementos de bocina radiantes 52 formados en ella. La capa intermedia 53 está dispuesta a una distancia de la capa superior 51, de modo que se proporciona un hueco hacia la capa superior. Esta capa intermedia 53 comprende una red de distribución de microcinta 54 dispuesta sobre un sustrato que no tiene plano de tierra. Las ondas se propagan en el hueco de aire entre la capa superior y la media, y por encima de las trayectorias de microcinta. Una capa inferior 55 (derecha) está dispuesta debajo de y en contacto con la capa intermedia 53. Esta capa inferior comprende una serie de elementos sobresalientes 56, tales como clavijas metálicas, fabricadas monolíticamente de la manera analizada anteriormente sobre una capa conductora 57. La capa conductora puede formarse como una capa metálica separada o como una superficie metálica de un plano de tierra superior de una PCB. Los elementos sobresalientes están conectados integralmente a la capa conductora de tal manera que se garantiza el contacto metálico entre las bases de todos los elementos sobresalientes.

45 Por tanto, esta antena se asemeja funcional y estructuralmente a una antena divulgada en la técnica anterior. Sin embargo, mientras que esta antena conocida se realizó mediante el fresado para formar una red de guía de ondas de hueco de microcinta invertida, el presente ejemplo proporciona una red de distribución realizada como una guía de ondas de hueco formada monolíticamente, lo que conlleva muchas ventajas, como se ha analizado a fondo en las secciones anteriores de esta solicitud.

50 La figura 6 proporciona una vista en primer plano de un puerto de entrada de una guía de ondas de hueco de microcinta-cresta en una capa inferior que muestra una transición a una guía de ondas rectangular a través de una ranura 63 en el plano de tierra. En esta realización, no hay sustrato dieléctrico presente, y los orificios de paso usados convencionalmente se reemplazan por elementos sobresalientes 61, conectados monolíticamente a una capa conductora 62 de tal manera que hay contacto eléctrico entre todos los elementos sobresalientes 61. Por tanto, se proporciona una guía de ondas de hueco de microcinta. La superficie superior de metal está retirada para mayor claridad. La microcinta soportada por clavijas, es decir, la microcinta-cresta, también puede ser reemplazada por una cresta maciza de la misma manera que se analizó anteriormente en relación con la figura 4.

60 La figura 7 ilustra un ejemplo de un filtro de guía de ondas de hueco, estructural y funcionalmente similar a un filtro conocido de la técnica anterior. Sin embargo, contrariamente al filtro de guía de ondas divulgado en este documento, los elementos sobresalientes 71 dispuestos sobre una capa conductora inferior 72 están formados aquí por elementos sobresalientes formados monolítica e integralmente de la manera analizada anteriormente. Una capa conductora superior 73 está dispuesta por encima de los elementos sobresalientes, de la misma manera que se divulga en [12]. Por tanto, esto se convierte en un filtro de guía de ondas con hueco de ranura.

65 La figura 8 proporciona otro ejemplo de un filtro de guía de ondas, que también puede denominarse filtro de hueco-guía de ondas-microcinta empaquetado. Este filtro se asemeja funcional y estructuralmente al filtro divulgado en [15].

Sin embargo, contrariamente al filtro divulgado en [15], el filtro aquí está empaquetado por una superficie que tiene elementos sobresalientes, en la que los elementos sobresalientes 81 previstos sobre una capa conductora 82 se realizan de la manera descrita anteriormente. Se ilustran dos tapas alternativas, que comprenden un número y una disposición diferentes de los elementos sobresalientes 81.

Con referencia a la figura 9, se analizará un ejemplo que proporciona un paquete para uno o más circuitos integrados. En este ejemplo, los circuitos integrados son módulos amplificadores MMIC 91, dispuestos en una configuración de cadena sobre una placa inferior 92, aquí realizada como una PCB que tiene un sustrato principal superior, provisto de un plano de tierra inferior 93. Se proporciona una tapa, formada por una capa conductora 95, por ejemplo, hecha de aluminio o cualquier otro metal adecuado. La tapa se puede conectar a la placa inferior 92 por medio de un marco circundante o similar.

La tapa también está provista de elementos sobresalientes 96, 97, que sobresalen hacia la placa inferior 92. Esto es funcional y estructuralmente similar a un paquete divulgado en la técnica anterior. Los elementos sobresalientes son, preferentemente, de diferentes alturas, de modo que los elementos superpuestos a los circuitos integrados 91 son de menor altura, y los elementos superpuestos a las zonas laterales fuera de los circuitos integrados son de mayor altura. Por ello, se forman orificios en la superficie presentada por los elementos sobresalientes, en los que se insertan los circuitos integrados. Los elementos sobresalientes están en contacto eléctrico con la capa superior 95 y están conectados eléctricamente entre sí mediante esta capa. Además, pero no se muestra en las figuras, al menos algunos de los elementos sobresalientes pueden estar en contacto también con la placa inferior 92, y también posiblemente con los módulos de circuito integrado 91.

Aquí, y al contrario de la divulgación en [16], los elementos sobresalientes se forman en la capa superior 95 monolíticamente. En consecuencia, este empaquetamiento es un ejemplo del uso de la guía de ondas de hueco como se analizó anteriormente como tecnología de empaquetamiento, según la presente invención.

Las realizaciones ilustrativas analizadas anteriormente, tales como otras realizaciones de dispositivos de microondas según la invención, se pueden fabricar y producir de diversas formas. Por ejemplo, es posible usar técnicas de fabricación convencionales, tales como perforación, fresado y similares.

Sin embargo, según una línea preferida de realizaciones, los dispositivos de microondas, y en particular los elementos sobresalientes, están formados por PGA, BGA u otras matrices de rejilla de tecnología de montaje en superficie (SMT), tales como CGA y similares.

Según otra línea preferida de realizaciones, los dispositivos de microondas se pueden producir usando una técnica de conformación a presión o dimensionado por estampado que se analizará con más detalle en lo sucesivo, de este modo elementos sobresalientes integrados monolíticamente.

Según aún otra línea preferida de realizaciones, los dispositivos de microondas se producen mediante tecnología de recogida y colocación y usando elementos de guía de ondas estandarizados o personalizados. Esto también se analiza con más detalle en lo sucesivo.

Concretamente, todas estas tres técnicas preferidas pueden usarse no solo para formar los dispositivos de microondas donde todos los elementos sobresalientes están en contacto conductor también con la otra capa conductora, sino que también pueden usarse para formar y producir guías de ondas de hueco convencionales y similares, donde se proporciona un hueco entre los elementos sobresalientes y la capa/superficie conductora suprayacente.

A continuación, se describirá con más detalle un equipo y un método para la fabricación de dispositivos de microondas y partes de RF formados monolíticamente, con referencia a las figuras 10-17.

Con referencia a la figura 10, un primer ejemplo de un aparato para producir una parte de RF comprende un troquel que comprende una capa de troquel 104 provista de una pluralidad de rebajes que forman el negativo de los elementos sobresalientes de la parte de RF. En la figura 11 se ilustra un ejemplo de dicha capa de troquel 104. Esta capa de troquel 104 comprende una matriz de rejilla de orificios pasantes dispersados uniformemente, para formar una matriz de rejilla correspondiente de elementos sobresalientes. Los rebajes tienen aquí una forma rectangular, pero también se pueden usar otras formas, tales como circular, elíptica, hexagonal o similares. Además, no es necesario que los rebajes tengan una sección transversal uniforme sobre la altura de la capa de troquel. Los rebajes pueden ser cilíndricos, pero también pueden ser cónicos o asumir otras formas con diámetros variables.

El troquel comprende además un collar 103 dispuesto alrededor de dicha al menos una capa de troquel. El collar y la capa de troquel están dimensionados, preferentemente, para que la capa de troquel encaje bien con el interior del collar. En la figura 12, se ilustra la capa de troquel dispuesta dentro del collar.

El troquel comprende además una placa de base 105 sobre la que están dispuestos la capa de troquel y el collar. En caso de que el troquel comprenda orificios pasantes, la placa de base formará el fondo de las cavidades proporcionadas por los orificios pasantes.

Una pieza conformable 102 de material se dispone además dentro del collar, para presionarla sobre la capa de troquel 104. Se puede aplicar presión directamente a la pieza conformable de material, pero preferentemente, se dispone un cuño 101 encima de la pieza conformable de material, con el fin de distribuir la presión de manera uniforme. Preferentemente, el cuño también está dispuesto para que se pueda insertar en el collar y tenga un ajuste perfecto con el interior del collar. En la figura 13, el cuño 101 dispuesto encima de la pieza conformable de material en el collar 103 se ilustra en una disposición ensamblada.

La disposición analizada anteriormente puede disponerse en una disposición de prensado convencional, tal como una prensa mecánica o hidráulica, para aplicar presión sobre el cuño y la placa de base del troquel, comprimiendo así la pieza de material conformable para adaptarse a las cavidades de la al menos una capa de troquel.

La prensa de troquel multicapa o la disposición de dimensionado por estampado descrita anteriormente puede proporcionar elementos sobresalientes/clavijas, crestas y otras estructuras sobresalientes en la pieza conformable de material que tiene la misma altura. Se pueden obtener orificios pasantes, por ejemplo, por medio de perforación. En caso de que se usen rebajes no pasantes en la capa de troquel, esta disposición también se puede usar para producir dichas estructuras sobresalientes que tienen alturas variables.

Sin embargo, para producir estructuras sobresalientes que tengan alturas variables, también es posible usar varias capas de troquel, teniendo cada una de las cuales orificios pasantes. Un ejemplo de este tipo se analizará ahora con referencia a las figuras 14-17.

Con referencia a la vista en despiece ordenado de la figura 14, este aparato comprende las mismas capas/componentes que en la realización analizada anteriormente. Sin embargo, aquí se proporcionan dos capas de troquel independientes 104a y 104b. En las figuras 15 y 16 se ilustran ejemplos de dichas capas de troquel. La capa de troquel 104a (mostrada en la figura 15) que está dispuesta la más cercana de la pieza conformable de material 102 está provista de una pluralidad de orificios pasantes. La otra capa de troquel 104b (mostrada en la figura 16), que está más alejada de la pieza conformable de material 102, comprende menos rebajes. Los rebajes de la segunda capa de troquel 104b están correlacionados preferentemente con los rebajes correspondientes en la primera capa de troquel 104a. Por ello, algunos rebajes de la primera capa de troquel terminarán en el encuentro con la segunda capa de troquel, para formar elementos sobresalientes cortos, mientras que algunos se extenderán también dentro de la segunda capa de troquel, para formar elementos sobresalientes altos. Por ello, mediante la formación adecuada de la capa de troquel, es relativamente sencillo producir elementos sobresalientes de diversas alturas,

Un ejemplo de una parte de RF que tiene elementos sobresalientes de alturas variables, según los ejemplos de las capas de troquel ilustradas en las figuras 15 y 16, se muestra en la figura 17.

En lo analizado anteriormente, el cuño 101, el collar 103, la o las capas de troquel 104 y la placa de base 105 se ejemplifican como elementos separados, estando dispuestos de forma desmontable uno encima de otro. Sin embargo, estos elementos también pueden estar conectados entre sí de forma permanente o desmontable, o formarse como unidades integradas, en diversas combinaciones. Por ejemplo, la placa de base 105 y el collar 103 pueden proporcionarse como una unidad combinada, la capa de troquel puede estar conectada al collar y/o la placa de base, etc.

El prensado en el que se aplica presión para formar el material conformable de conformidad con la capa de troquel se puede realizar a temperatura ambiente. Sin embargo, para facilitar la formación, especialmente cuando se usan materiales relativamente duros, también se puede aplicar calor al material conformable. Por ejemplo, si se usa aluminio como material conformable, el material se puede calentar a unos pocos cientos de grados C, o incluso hasta 500 grados C. Si se usa estaño, el material se puede calentar a 100-150 grados C. Al aplicar calor, la formación puede ser más rápida y se necesita menos presión.

Para facilitar la retirada del material conformable del troquel/capa de troquel después de la conformación, los rebajes pueden hacerse ligeramente cónicos o similares. También es posible aplicar calor o frío al troquel y al material conformable. Dado que los diferentes materiales tienen diferentes coeficientes de expansión térmica, el troquel y el material conformable se contraerán y expandirán de manera diferente cuando se aplique frío o calor. Por ejemplo, el estaño tiene un coeficiente de expansión térmica mucho más bajo que el acero, por lo que si el troquel está hecho de acero y el material conformable de estaño, la retirada se facilitará mucho con el enfriamiento. El enfriamiento puede, por ejemplo, hacerse sumergiendo en o exponiendo de otra manera el troquel y/o el material conformable a nitrógeno líquido.

Los elementos/dedos sobresalientes 3 también se pueden proporcionar en forma de elementos de guía de ondas monolíticos 106, y estos elementos se analizarán ahora más a fondo.

Cada elemento de guía de ondas comprende una base 161 y dedos 3 que sobresalen desde la base, preferentemente en una dirección esencialmente ortogonal. Un ejemplo de un elemento de guía de ondas de este tipo se ilustra en la figura de la derecha de la figura 20. Aquí, la base 161 tiene una forma rectangular alargada, y se proporcionan dedos

sobresalientes en ambos lados longitudinales. Este elemento de guía de ondas se puede producir perforando una pieza en bruto en forma de centro rectangular y lengüetas que se extienden desde los lados longitudinales, como se ilustra en la figura de la izquierda de la figura 20. Las lengüetas pueden entonces doblarse hacia arriba, por ejemplo, mediante conformación por presión, a la posición erecta de la figura de la derecha de la figura 20.

5 Estos elementos de guía de ondas se pueden recoger y colocar sobre el sustrato que tiene una capa conductora, como se ilustra esquemáticamente en la figura 21, donde seis elementos del tipo analizado en relación con la figura 20 se han dispuesto a lo largo de una trayectoria en T. La recogida y colocación de dichos elementos puede realizarse mediante un equipo de recogida y colocación conocido de por sí. Preferentemente, los elementos de guía de ondas se proporcionan sobre cintas, bandejas o similares, y se recogen mediante una disposición de recogida, por ejemplo, usando ventosas neumáticas. A continuación, los elementos de la guía de ondas se colocan sobre el sustrato. El sustrato tiene, preferentemente, una superficie adherente, para mantener los elementos de guía de ondas colocados en su lugar durante el ensamblaje. Cuando todos los elementos de guía de ondas se han colocado correctamente, se fija la conexión entre los elementos de la guía de ondas y el sustrato. Por ejemplo, se podría disponer una pasta de soldar sobre el sustrato antes de la colocación, que sea adherente para mantener los elementos colocados en la posición correcta durante el ensamblaje, y que fije el elemento cuando el sustrato sea posteriormente tratado con calor a una temperatura elevada, por ejemplo, aplicando calentamiento por infrarrojos al sustrato, o mediante tratamiento en un horno.

20 Los elementos de guía de ondas están hechos, preferentemente, de metal, pero también pueden estar hechos de, por ejemplo, materiales plásticos o similares, que están provistos de superficies metalizadas.

25 La figura 22 ilustra esquemáticamente una guía de ondas formada de esta manera, en una vista esquemática en sección transversal. La guía de ondas comprende un sustrato inferior, en este ejemplo que comprende una capa de sustrato inferior 111, una capa metálica conductora 112 opcional encima de dicha capa de sustrato inferior y una capa de soldadura o pasta de soldadura 113. Un elemento de guía de ondas 106 está dispuesto encima de la capa de soldadura o pasta de soldadura 113 y, en consecuencia, el elemento de guía de ondas está en contacto eléctrico y conductor con la capa conductora del sustrato, y fijada al sustrato por medio de soldadura. La capa de sustrato inferior puede estar hecha de metal, por lo que en sí misma servirá como capa conductora. En este caso, se puede omitir la capa conductora 112. Encima del elemento de guía de ondas, está dispuesta la segunda capa conductora 104, como se analizó anteriormente, de tal manera que haya al menos parcialmente contacto entre los elementos sobresalientes y las segundas capas conductoras, y de manera que se forme un hueco entre las capas conductoras que encierran los dedos sobresalientes de los elementos de guía de ondas entre ellas.

35 El elemento de guía de ondas de la figura 20 está dispuesto para proporcionar una sección de guía de ondas recta. Sin embargo, se pueden proporcionar geometrías más complejas esencialmente de la misma manera. Algunos ejemplos de dichas geometrías alternativas se ilustran en las figuras 23-26.

40 La figura 23 ilustra una sección de guía de ondas curva, en la que la placa de base forma una curva, y con dedos sobresalientes a lo largo de los lados.

La figura 24 es una sección de guía de ondas recta similar a la de la figura 20, pero que tiene menos dedos sobresalientes a lo largo de los lados longitudinales.

45 La figura 25 ilustra elementos de guía de ondas aún más cortos. Dichos elementos de guía de ondas cortos pueden comprender cuatro, seis u ocho dedos sobresalientes cada uno, con 2-4 dedos en cada lado longitudinal. Dichos elementos de guía de ondas cortos pueden combinarse de diversas formas para proporcionar guías de ondas en el centro o disponerse a lo largo de los lados de las guías de ondas, etc. En lo sucesivo se proporcionan algunos ejemplos de esto.

50 La figura 26 ilustra una geometría más compleja, que proporciona un divisor, donde una guía de ondas entrante se divide en dos guías de ondas salientes, o viceversa.

55 La formación de guías de ondas mediante el uso de dichos elementos de guía de ondas se puede realizar de diversas formas, y en lo sucesivo se proporcionan algunos ejemplos, con referencia a las figuras 27-30.

60 En la figura 27, un elemento de guía de ondas forma la guía de ondas a lo largo de la placa de base, estando los dedos sobresalientes dispuestos a los lados de esta guía de ondas. Por ello, las ondas se propagan a lo largo de la base, y solo se proporciona una única fila de dedos sobresalientes a cada lado. Dichas realizaciones funcionan para algunas realizaciones, en particular si los dedos sobresalientes están en contacto conductor con la primera y la segunda capa conductora, pero a menudo se prefiere proporcionar dos o más filas de dedos sobresalientes a lo largo de cada lado.

65 En la figura 28, dos elementos formadores de guías de ondas se colocan paralelos entre sí y con una distancia de separación entre ellos. En esta realización, las ondas se propagan a lo largo de la distancia de separación y los elementos de guía de ondas forman filas dobles de dedos sobresalientes a lo largo de cada lado.

- 5 En la figura 29, un elemento formador de guía de ondas que tiene dedos sobresalientes a lo largo de cada lado longitudinal se usa como guía de ondas, de una manera similar a la realización de la figura 27. Sin embargo, además, elementos de guía de ondas adicionales que tienen dedos sobresalientes sólo en un lado están dispuestos paralelos al elemento de guía de ondas central, proporcionando así filas dobles de dedos sobresalientes a lo largo de la guía de ondas. Los elementos de guía de ondas adicionales también pueden tener dedos sobresalientes en cada lado, proporcionando así tres filas de dedos sobresalientes a lo largo de cada lado de la guía de ondas, como se ilustra en la figura 30.
- 10 Sin embargo, los elementos de guía de ondas también pueden comprender dos o más filas de dedos sobresalientes. Algunos ejemplos de dichos elementos de guía de ondas se analizan en lo sucesivo, en relación con las figuras 31 y 32.
- 15 En el ejemplo de la figura 31, se proporciona una guía de ondas similar a la analizada en relación con la figura 20, formándose lengüetas en el borde de la base. Sin embargo, en esta realización, las lengüetas se doblan hacia arriba a lo largo de dos líneas de plegado diferentes en cada lado, de modo que una de cada dos lengüetas está situada más lejos de la línea central del elemento de guía de ondas. Por ello, se obtienen dos filas de dedos sobresalientes escalonados.
- 20 En los ejemplos de la figura 32, las lengüetas se perforan en cambio dentro del perímetro de la placa de base, por lo que se pueden obtener dos o más filas de dedos sobresalientes en una disposición escalonada o no escalonada. En los ejemplos ilustrativos de la figura 32, se proporcionan dos filas de dedos sobresalientes a lo largo de cada lado longitudinal, y en una disposición no escalonada. En los ejemplos de las figuras 32 a y b, el área de base entre los dedos sobresalientes puede servir como un área de elevación cuando se usa el ensamblaje de recogida y colocación.
- 25 Sin embargo, para algunas aplicaciones, el área de base entre los dedos puede ser insuficiente. Por ejemplo, el área de base puede tener dimensiones demasiado limitadas para ciertos equipos de recogida y colocación, el elemento de guía de ondas puede necesitar una base más estable, etc. Con este fin, el área de base puede extenderse más allá de una o ambas filas de dedos sobresalientes, para formar un área de base adicional. Un ejemplo de este tipo, en el que la base se extiende más allá de las filas de dedos sobresalientes en un lado, se ilustra en las figuras 32 c y d.
- 30 Dichas áreas de base adicionales en uno o varios lados se pueden usar naturalmente en cualquier tipo de elemento de guía de ondas, y este concepto no se limita al elemento de guía de ondas particular de la figura 32.
- 35 Los elementos de guía de ondas analizados hasta ahora tienen dedos sobresalientes distribuidos de manera relativamente uniforme a lo largo de los lados. Sin embargo, también son factibles otras configuraciones. Por ejemplo, los dedos sobresalientes pueden estar dispuestos sólo en los extremos del elemento de guía de ondas, como en el ejemplo ilustrado esquemáticamente en la figura 33. Sin embargo, también son factibles muchas otras configuraciones.
- 40 Además, los elementos de guía de ondas pueden comprender una combinación de dedos sobresalientes que se proporcionan como lengüetas que se extienden desde los bordes, y lengüetas que se perforan dentro de la placa de base. Además, pequeños elementos de guía de ondas, teniendo cada uno una configuración relativamente simple, se pueden ensamblar entre sí para formar geometrías más complejas.
- 45 Como ejemplo, la figura 34 es una ilustración de un divisor de potencia T que tiene tres puertos, en el que cada puerto está formado por un elemento de guía de ondas del tipo analizado en relación con la figura 33, y un elemento de guía de ondas central está formado por una combinación de dedos sobresalientes internos y externos.
- 50 Como otro ejemplo, la figura 35 es una ilustración de una esquina en ángulo recto, que tiene dos puertos, cada uno formado por un elemento de guía de ondas del tipo analizado en relación con la figura 33, y un elemento de guía de ondas central formado por una combinación de dedos sobresalientes internos y externos.
- 55 Los dos dispositivos de microondas anteriores son simplemente ejemplos, y se pueden obtener otras geometrías incluso más complejas de la misma manera. Por ejemplo, los componentes especiales del excitador de antena que se ubicarán debajo de las ranuras de acoplamiento se pueden obtener de la misma manera.
- 60 Hasta aquí, se han analizado diversos ejemplos de elementos de guía de ondas destinados principalmente a guías de ondas de hueco de ranura. Sin embargo, colocando dichos elementos de guía de ondas alrededor de una cresta, o proporcionando una cresta en la base de estos elementos, la mayoría de estos elementos de guía de ondas también se pueden usar para formar guías de ondas de hueco de cresta. Además, son factibles muchos otros ejemplos de elementos de guía de ondas para formar guías de ondas de hueco de cresta, algunos de los cuales se analizarán brevemente en lo sucesivo.
- 65 En la figura 36, se ilustra un elemento de formación de guía de ondas simple para formar una sección recta de una guía de ondas de cresta. El elemento de guía de ondas comprende una base 161 y dedos sobresalientes 3, tales como clavijas, pilares o similares. Además, se proporciona una cresta 107, a lo largo de la cual se pueden propagar las ondas. La cresta es aquí una cresta maciza. Elementos tales como este pueden, por ejemplo, producirse por

grabado, electroerosión, moldeo, tal como moldeo por inyección, y similares. El elemento de guía de ondas puede estar hecho de metal o estar provisto de una superficie conductora metalizada.

5 Este tipo de elementos de cresta se pueden recoger y colocar de una manera similar a como se analizó anteriormente, usando por ejemplo, la superficie superior de la cresta como una superficie de elevación para recoger los elementos, por ejemplo, por medio de ventosas neumáticas.

10 Sin embargo, la cresta no necesita ser maciza. Un ejemplo de un elemento de guía de ondas de este tipo, que se asemeja al elemento de la figura 36, se ilustra esquemáticamente en la vista en sección transversal de la figura 37. Aquí, el elemento de guía de ondas se forma de manera similar a las realizaciones de la figura 31, con filas dobles de dedos sobresalientes, formados como lengüetas dobladas hacia arriba, a lo largo de cada lado longitudinal. Sin embargo, contrariamente a la realización de la figura 31, la base se forma aquí en una forma doblada, para formar una cresta de forma rectangular a lo largo del centro de la base. Por ello, la cresta está provista de paredes laterales macizas y una superficie superior, pero no está rellena en el medio.

15 La realización de la figura 38 es similar a la realización de la figura 36, pero comprende una forma algo más compleja, que tiene una cresta central que se extiende desde un lado hacia una abertura, que funciona como un puerto de acoplamiento, en el sustrato. Aquí, la cresta está provista, preferentemente, de una anchura no uniforme, formando así una transición hacia la abertura de acoplamiento. Este elemento se puede usar como puerto de entrada o salida de una guía de ondas de hueco de cresta

20 La realización de la figura 39 es una red de distribución ramificada formada con tecnología de guía de ondas de hueco de cresta. La estructura de la cresta forma una denominada red de distribución corporativa ramificada desde un puerto de entrada a cuatro puertos de salida. La red de distribución puede ser mucho más grande que esto con muchos más puertos de salida para alimentar una matriz más grande. En contraste con la antena de [13], la textura de parada se forma aquí como elementos/dedos sobresalientes. La cresta es, preferentemente, una cresta maciza.

25 Ahora se han analizado algunos ejemplos de elementos de guía de ondas. Sin embargo, el destinatario experto debería reconocer que son factibles muchas otras realizaciones y variaciones. Por ello, puede proporcionarse una gama de elementos de guía de ondas estandarizados y usarse para la formación de todo o partes de esencialmente cualquier tipo de guía de ondas o parte de RF. Dado que los elementos estandarizados se pueden usar, y se pueden recoger y colocar, por ejemplo, Los equipos ordinarios de recogida y colocación, las guías de ondas y las partes de RF pueden fabricarse de manera muy rentable, tanto en series pequeñas como grandes. Las partes de RF pueden incluso fabricarse a medida de forma rápida y rentable.

30 En lo sucesivo se han analizado algunos ejemplos de partes de RF. Sin embargo, se pueden producir muchos otros tipos de partes de RF conocidas de por sí usando elementos de guía de ondas de la manera analizada anteriormente. Por ejemplo, se puede formar una cavidad circular de una guía de ondas rectangular de esta manera, por ejemplo, usando elementos de guía de ondas curvos, de modo que los dedos/elementos sobresalientes estén dispuestos a lo largo de una trayectoria circular, encerrando una cavidad circular. Además, en dicha realización, se puede proporcionar una disposición de alimentación dentro de la cavidad, así como una abertura radiante, tal como una abertura de ranura radiante en forma de X.

35 También es posible producir partes de RF para formar antenas en matriz plana con esta tecnología. Por ejemplo, las antenas se pueden producir de forma rentable de esta manera. Una o varias de las capas de guía de ondas de dicha antena se pueden fabricar como una guía de ondas como se analizó anteriormente, sin ningún sustrato entre los dos planos de tierra metálicos, y con dedos/elementos sobresalientes que se extienden entre las dos capas conductoras, formados por elementos de guía de ondas con bases unidas al sustrato. A continuación, los orificios de paso convencionales, como se analiza en [13], serán en su lugar dedos, tales como clavijas metálicas o similares, que forman una cavidad de guía de ondas entre las dos placas metálicas, dentro de cada celda unitaria de toda la matriz de antenas.

40 La parte de RF también puede ser un filtro de guía de ondas de hueco. Sin embargo, contrariamente al filtro de guía de ondas divulgado en este documento, los dedos/elementos sobresalientes se disponen ahora sobre una capa conductora inferior mediante el uso de los elementos de guía de ondas analizados anteriormente.

45 La parte de RF también puede usarse para formar una conexión hacia y desde un circuito integrado, y en particular MMIC, tales como módulos amplificadores MMIC. Un ejemplo de este tipo se ilustra esquemáticamente en la figura 40. Aquí, un circuito integrado está dispuesto sobre un sustrato, tal como una PCB. Los elementos de guía de ondas, como se analizó anteriormente, pueden colocarse después para formar guías de ondas que conduzcan hacia/desde el circuito integrado, y para formar una transición entre la guía de ondas y el circuito integrado. En el ejemplo ilustrativo, un MMIC 181 está conectado a elementos de guía de ondas 182 por un elemento de transición 183. Puede disponerse una tapa encima del sustrato, para formar la superficie conductora superior de las guías de ondas.

65 Además, los elementos de guía de ondas del tipo general analizado anteriormente también pueden proporcionar rejillas de dedos sobresalientes, para su uso, por ejemplo, para empaquetamiento. Dichas rejillas pueden, por ejemplo,

formarse proporcionando elementos de guía de ondas que tienen una, dos o más filas de dedos sobresalientes uno al lado del otro sobre un sustrato. Un ejemplo de este tipo se ilustra esquemáticamente en la figura 41. En caso de que las filas de la rejilla estén dispuestas tan cerca que no quede suficiente espacio para elevar neumáticamente los elementos de la guía de ondas, una extensión de la placa de base puede extenderse hacia afuera en uno de los lados, para funcionar como un área de elevación, como se ilustra esquemáticamente en la figura 41.

Las figuras 42 a y b ilustran dos vistas en perspectiva diferentes de una red pasiva que comprende una guía de ondas ramificada y proporcionan un ejemplo de cómo se pueden combinar diversos tipos de elementos de guía de ondas para producir realizaciones más complejas. En el ejemplo ilustrativo de la figura 42, la red de guía de ondas comprende un elemento de guía de ondas ramificado similar al de la figura 26, seguido de elementos de guía de ondas rectos, similares al de la figura 24, y posteriormente seguidos de elementos de guía de ondas curvos, similares al de la figura 23. Además, una pluralidad de elementos de guía de ondas más pequeños, similares a los de la figura 25, están dispuestos alrededor del perímetro de la guía de ondas, para proporcionar dedos sobresalientes adicionales fuera de la primera fila de dedos sobresalientes proporcionados por los elementos de guía de ondas analizados anteriormente. Por ello, cada sección de guía de ondas está provista de dos o más filas de dedos sobresalientes en cada lado en todas, o al menos en la mayoría de, las posiciones.

Las figuras 43 a y b ilustran un ejemplo de un componente activo, similar a la realización de la figura 40, pero ilustrado con mayor detalle. En este ejemplo, se proporcionan dos componentes activos 181', tales como MMIC. Los componentes activos 181' están en los puertos de entrada/salida conectados a una pluralidad de líneas de entrada/salida, tales como líneas de microcinta 184 para proporcionar voltajes de polarización al MMIC. Además, algunos puertos de entrada/salida de RF están conectados a líneas de transmisión de guía de ondas de hueco, a través de elementos de transición 183'. Las guías de ondas de hueco se ilustran aquí como guías de ondas rectas, que están formadas, por ejemplo, por elementos similares al analizado en relación con las figuras 20 y 24. Sin embargo, también se pueden usar líneas o redes de transmisión de guías de ondas más complejas. Además, una pluralidad de elementos de guía de ondas más pequeños, aquí del tipo ilustrado en la figura 25, se proporcionan alrededor tanto de las guías de ondas de hueco como de los componentes activos, para mejorar el rendimiento de las guías de ondas de hueco y proporcionar blindaje entre los componentes. Además, se pueden proporcionar elementos adicionales, tales como componentes pasivos 186 y similares.

Tanto la red pasiva ilustrada en la figura 42 como la red de componentes activos de la figura 43 son simplemente ejemplos, y el lector experto apreciará que también son factibles otras realizaciones de una manera similar, para obtener la misma u otra funcionalidad.

La invención se ha descrito ahora con referencia a realizaciones específicas. Sin embargo, son factibles varias variaciones de la tecnología de la guía de ondas y el empaquetamiento de RF en el sistema de antena. Por ejemplo, una multitud de elementos de guía de ondas diferentes utilizables para formar diversos tipos de guías de ondas y otras partes de RF son factibles, ya sea para su uso como elementos estandarizados o para fines específicos o incluso para personalizarlos para ciertos usos y aplicaciones. Además, aunque se prefiere el montaje por medio de equipo de recogida y colocación, también se pueden usar otros tipos de colocación de tecnología de montaje en superficie, y los elementos de guía de ondas también se pueden montar de otras formas. Además, la realización aquí divulgada de elementos sobresalientes se puede usar en muchos otros sistemas y aparatos de antenas en los que se han usado o podrían contemplarse guías de ondas de hueco convencionales. Se debe considerar que dichas y otras modificaciones obvias están dentro del alcance de la presente invención, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas. Cabe destacar que las realizaciones mencionadas anteriormente ilustran, pero no limitan la invención y que los expertos en la materia podrán diseñar muchas realizaciones alternativas sin desviarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

### Referencias

- [1] J. Hirokawa y M. Ando, "Efficiency of 76-GHz post-wall waveguide-fed parallel-plate slot arrays", IEEE Trans. Antenna Propag., vol.48, no. 11, págs. 1742-1745, noviembre de 2000.
- [2] Per-Simon Kildal, "Waveguides and transmission lines in gaps between parallel conducting surfaces", solicitud de patente No. PCT/EP2009/057743, 22 de junio de 2009.
- [3] P.-S. Kildal, E. Alfonso, A. Valero-Nogueira, E. Rajo-Iglesias, "Local metamaterial-based waveguides in gaps between parallel metal plates", IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 8, págs. 84-87, 2009.
- [4] P.-S. Kildal, A. Uz Zaman, E. Rajo-Iglesias, E. Alfonso y A. Valero-Nogueira, "Design and experimental verification of ridge gap waveguides in bed of nails for parallel plate mode suppression", IET Microwaves, Antennas & Propagation, vol.5, n.º3, págs. 262-270, marzo de 2011.
- [5] E. Rajo-Iglesias, P.-S. Kildal, "Numerical studies of bandwidth of parallel plate cut-off realized by bed of nails, corrugations and mushroom-type EBG for use in gap waveguides", IET Microwaves, Antennas & Propagation, vol.5, no.3, págs. 282-289, marzo de 2011.
- [6] P.-S. Kildal, "Three metamaterial-based gap waveguides between parallel metal plates for mm/submm waves", 3rd European Conference on Antennas and Propagation, Berlín, marzo de 2009.
- [7] E. Rajo-Iglesias, P.-S. Kildal, "Numerical studies of bandwidth of parallel plate cut-off realized by bed of nails, corrugations and mushroom-type EBG for use in gap waveguides", IET Microwaves, Antennas & Propagation, vol.5, no.3, págs. 282-289, marzo de 2011.

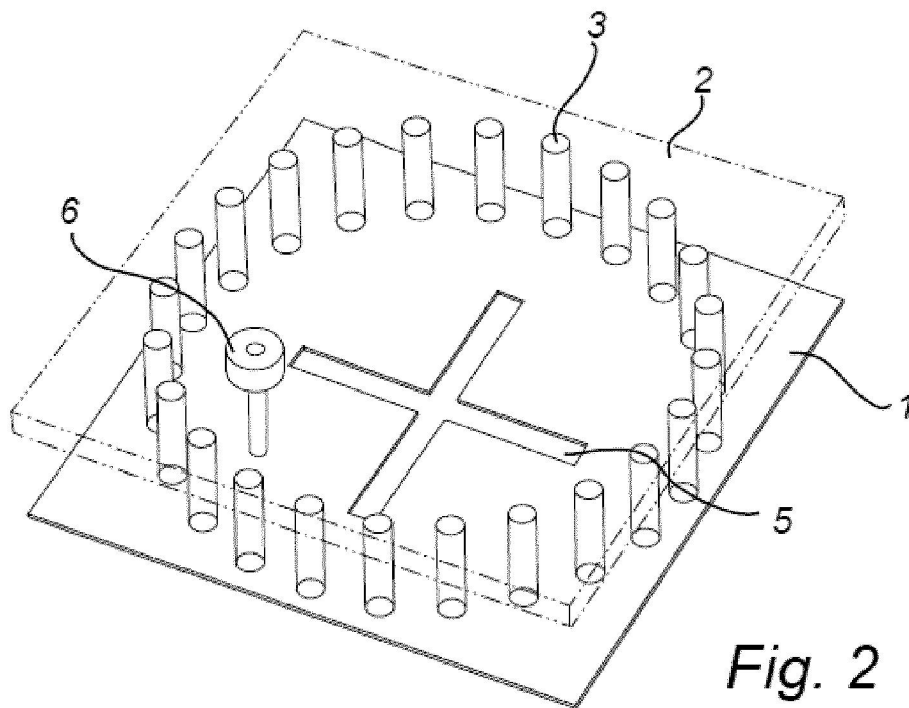
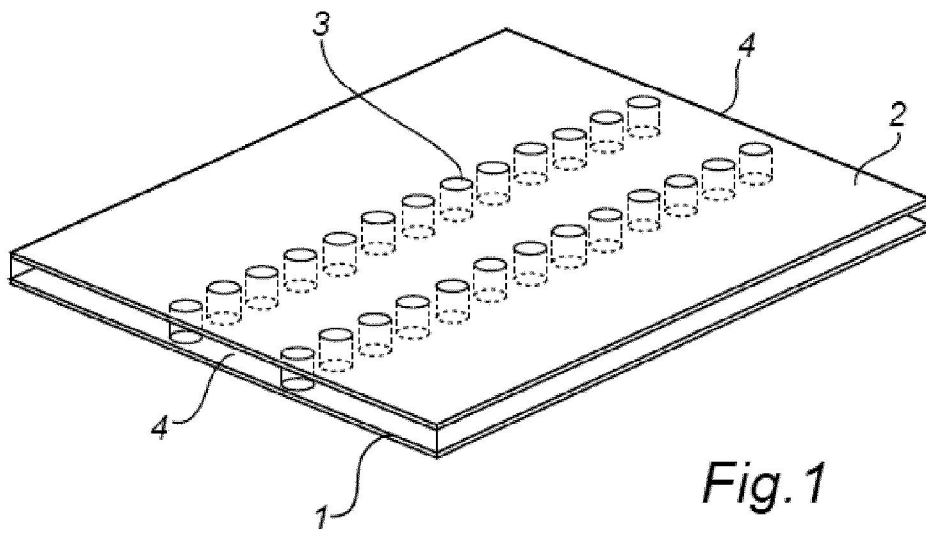
- [8] A. Valero-Nogueira, J. Domenech, M. Baquero, J. I. Herranz, E. Alfonso y A. Vila, "Gap waveguides using a suspended strip on a bed of nails", *IEEE Antennas and Wireless Propag. Letters*, vol.10, págs. 1006-1009, 2011.
- [9] E. Pucci, E. Rajo-Iglesias, P.-S. Kildal, "New Microstrip Gap Waveguide on Mushroom-Type EBG for Packaging of Microwave Components", *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, Vol. 22, No. 3, págs. 129-131, marzo de 2012.
- 5 [10] E. Pucci, E. Rajo-Iglesias, J.-L. Vasquez-Roy, P.-S. Kildal, "Planar Dual-Mode Horn Array with Corporate-Feed Network in Inverted Microstrip Gap Waveguide", aceptado para publicación en *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, marzo de 2014.
- [11] E. Pucci, A. U. Zaman, E. Rajo-Iglesias, P.-S. Kildal, "New low loss inverted microstrip line using gap waveguide technology for slot antenna applications", 6th European Conference on Antennas and Propagation EuCAP 2011, Roma, 11-15 de abril de 2011.
- 10 [12] E. Pucci, E. Rajo-Iglesias, J.-L. Vazquez-Roy y P.-S. Kildal, "Design of a four-element horn antenna array fed by inverted microstrip gap waveguide", 2013 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation (IEEE AP-S 2013), Orlando, EE. UU., 7-12 de julio de 2013.
- 15 [13] Seyed Ali Razavi, Per-Simon Kildal, Liangliang Xiang, Haiguang Chen, Esperanza Alfonso, "Design of 60GHz Planar Array Antennas Using PCB-based Microstrip-Ridge Gap Waveguide and SIW", 8th European Conference on Antennas and Propagation EuCAP 2014, La Haya, Países Bajos, 6-11 de abril de 2014.
- [14] A. U. Zaman, A. Kishk y P.-S. Kildal, "Narrowband microwave filter using high Q groove gap waveguide resonators without sidewalls", *IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology*, Vol. 2, No. 11, págs. 1882-1889, noviembre de 2012.
- 20 [15] A. Algaba Brazález, A. Uz Zaman, P.-S. Kildal, "Improved Microstrip Filters Using PMC Packaging by Lid of Nails", *IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology*, Vol. 2, No. 7, julio de 2012.
- [16] A.U. Zaman, T. Vukusic, M. Alexanderson, P.-S. Kildal, "Gap Waveguide PMC Packaging for Improved Isolation of Circuit Components in High Frequency Microwave Modules", *IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology*, Vol. 4, N.º 1, págs. 16 - 25, 2014.
- 25

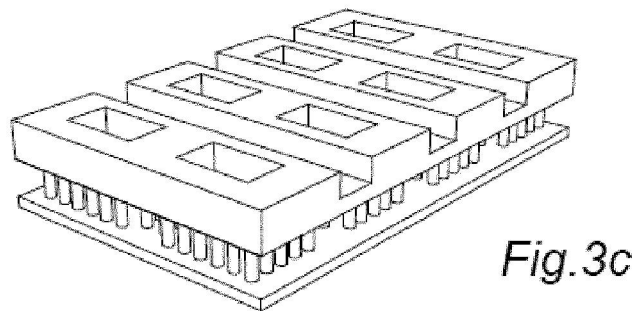
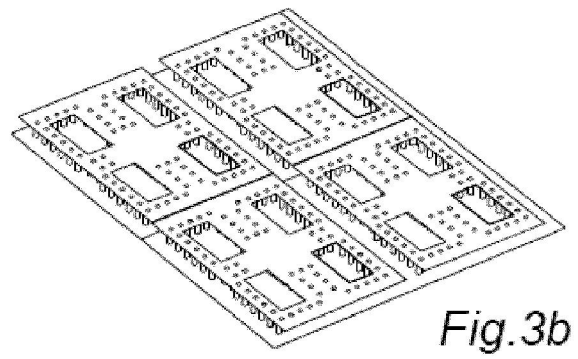
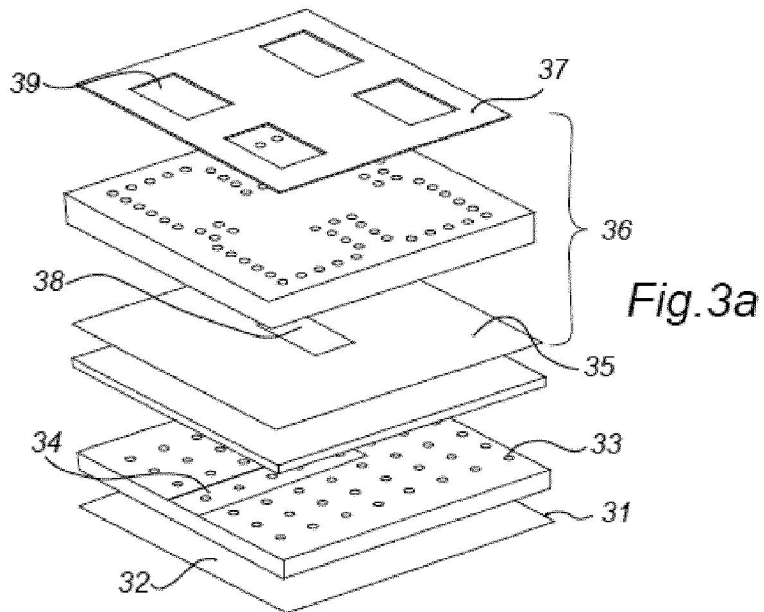
**REIVINDICACIONES**

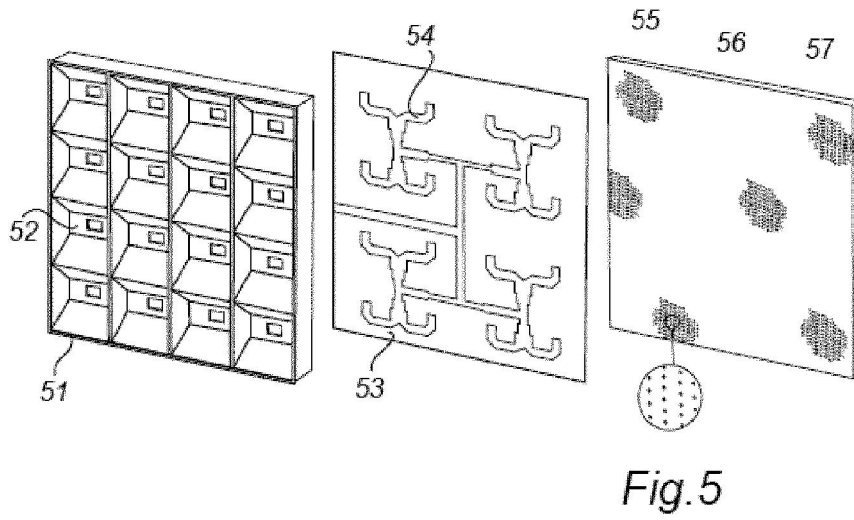
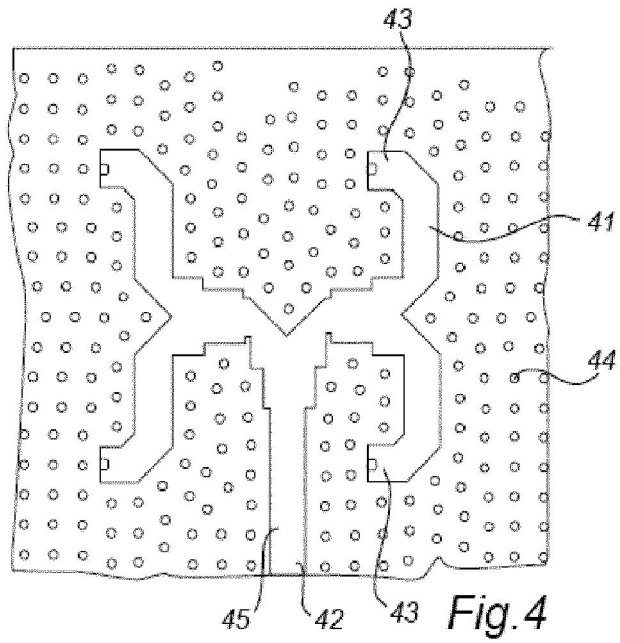
- 5 1. Un dispositivo de microondas, tal como una guía de ondas, línea de transmisión, circuito de guía de ondas, circuito de línea de transmisión o parte de radiofrecuencia (RF) de un sistema de antena, comprendiendo el dispositivo de microondas:
- dos capas conductoras dispuestas con un hueco entre ellas, llenándose el hueco entre las capas conductoras con aire y sin ningún sustrato dieléctrico;
- 10 un conjunto de elementos sobresalientes dispuestos de forma periódica o cuasiperiódica conectados fijamente a al menos una de dichas capas conductoras, formando así una textura para detener la propagación de ondas en una banda de frecuencia de funcionamiento en otras direcciones distintas de a lo largo las trayectorias de guía de ondas previstas; y
- 15 al menos una cresta conductora provista sobre al menos una de dichas capas conductoras, no estando dicha cresta conductora en contacto eléctrico con la otra de dichas dos capas conductoras, formando así dicha cresta conductora dichas trayectorias de guía de ondas;
- en el que todos los elementos sobresalientes están conectados eléctricamente entre sí en sus bases al menos a través de dicha capa conductora a la que están conectados fijamente, y
- 20 en el que todos los elementos sobresalientes están en contacto conductor también con la otra capa conductora.
2. El dispositivo de microondas de la reivindicación 1, en el que dicha al menos una cresta conductora (34) forma dichas trayectorias de guía de ondas para una onda monomodo.
3. El dispositivo de microondas de la reivindicación 2, en el que los elementos sobresalientes están dispuestos en al menos una fila a cada lado de cada trayectoria de guía de ondas.
- 25 4. El dispositivo de microondas de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos algunos, y preferentemente todos, los elementos sobresalientes están en contacto mecánico con dicha otra capa conductora.
- 30 5. El dispositivo de microondas de la reivindicación 4, en el que al menos algunos de dichos elementos sobresalientes están unidos fijamente a dicha otra capa conductora, por ejemplo, por medio de soldadura o adhesión.
6. El dispositivo de microondas de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos elementos sobresalientes tienen alturas esencialmente idénticas, siendo la diferencia de altura máxima entre cualquier par de elementos sobresalientes menor de 0,02 mm, y siendo preferentemente menor de 0,01 mm.
- 35 7. El dispositivo de microondas de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las dos capas conductoras están conectadas entre sí para rigidez mediante una estructura mecánica a cierta distancia fuera de la región con ondas guiadas.
- 40 8. El dispositivo de microondas según la reivindicación 7, en el que la estructura mecánica está formada integral y preferentemente de forma monolítica sobre al menos una de las capas conductoras.
9. El dispositivo de microondas según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos parte de las dos capas conductoras son en su mayoría planas excepto por la estructura fina proporcionada por la al menos una cresta y la textura.
- 45 10. El dispositivo de microondas según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el conjunto de elementos sobresalientes dispuestos de forma periódica o cuasiperiódica se forman monolíticamente sobre una de dichas capas conductoras, por lo que cada elemento sobresaliente está fijado monolíticamente a la capa conductora, estando todos los elementos sobresalientes conectados eléctricamente entre sí en sus bases a través de dicha capa conductora a la que están conectados fijamente.
- 50 11. El dispositivo de microondas según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los elementos sobresalientes tienen dimensiones máximas de sección transversal de menos de la mitad de una longitud de onda en el aire a la frecuencia de funcionamiento, y/o en el que los elementos sobresalientes en la textura que detienen la propagación de ondas están separados por un espaciamiento que es menor que la mitad de una longitud de onda en el aire a la frecuencia de funcionamiento.
- 55 12. El dispositivo de microondas según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos una de las capas conductoras está provista de al menos una abertura, preferentemente en forma de una o más ranuras rectangulares, permitiendo dicha o dichas aberturas que la radiación sea transmitida a y/o recibida desde dicho dispositivo de microondas.
- 60 13. Una antena en matriz plana que comprende una red de distribución corporativa realizada por un dispositivo de microondas de una cualquiera de las reivindicaciones 1-12.
- 65

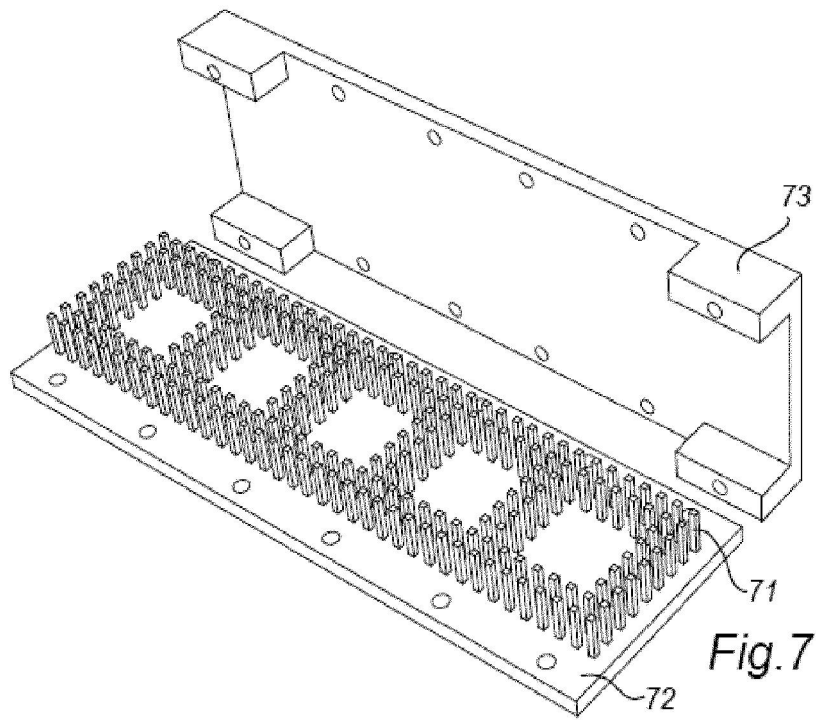
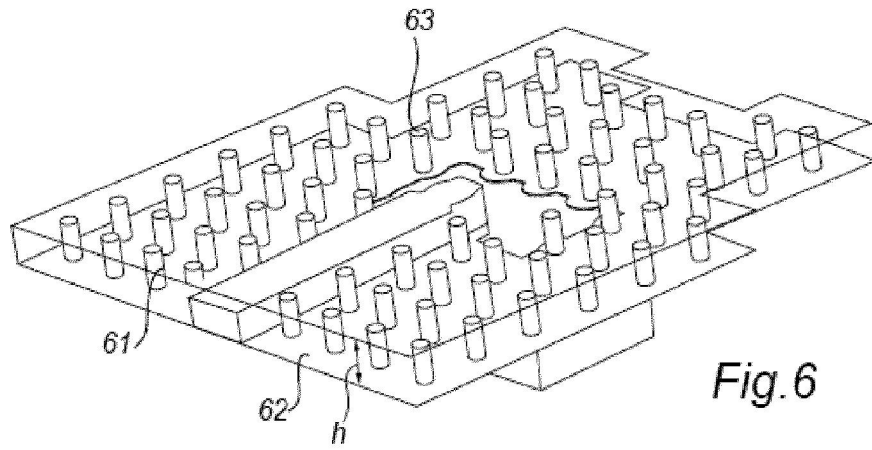
14. Un método para producir un dispositivo de microondas, tal como una guía de ondas, línea de transmisión, circuito de guía de ondas, circuito de línea de transmisión o parte de radiofrecuencia (RF) de un sistema de antena, comprendiendo el método:

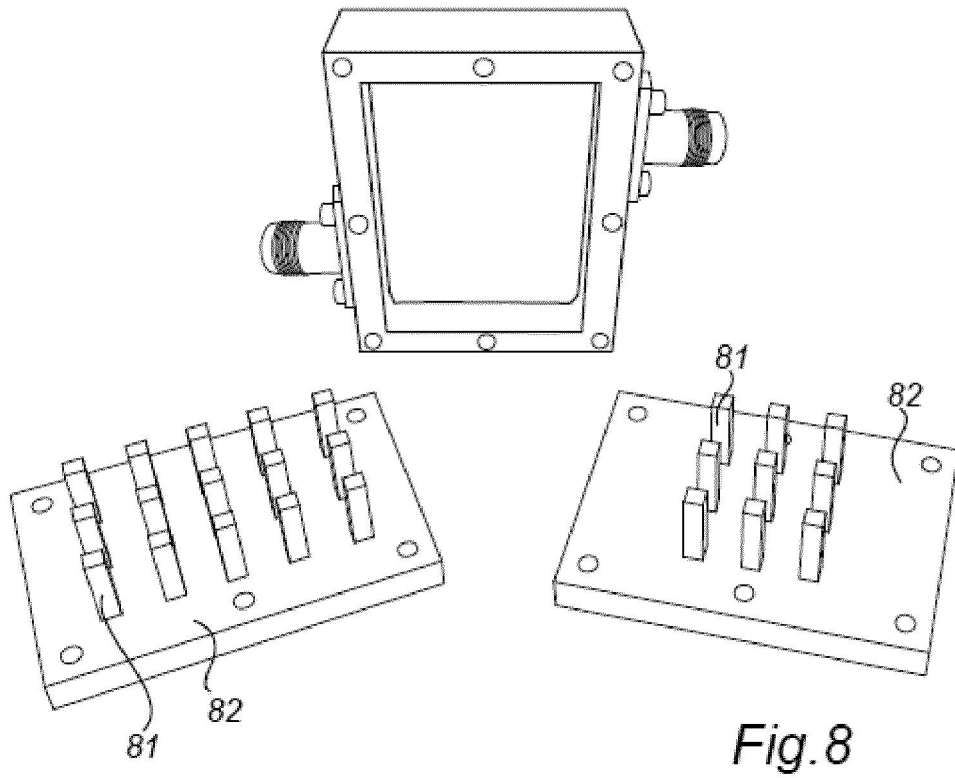
- 5 proporcionar una capa conductora que tiene un conjunto de elementos sobresalientes dispuestos de forma periódica o cuasiperiódica conectados fijamente a la misma, estando todos los elementos sobresalientes conectados eléctricamente entre sí en sus bases al menos a través de dicha capa conductora a la que están conectados fijamente;
- 10 disponer otra capa conductora sobre dicha capa conductora, encerrando así los elementos sobresalientes dentro del hueco formado entre las capas conductoras, llenándose el hueco entre las capas conductoras con aire y sin ningún sustrato dieléctrico;
- proporcionar al menos una cresta conductora sobre al menos una de dichas capas conductoras, no estando dicha cresta conductora en contacto eléctrico con la otra de dichas dos capas conductoras, formando así dicha cresta conductora una trayectoria de guía de ondas;
- 15 en el que los elementos sobresalientes forman una textura para detener la propagación de ondas en una banda de frecuencia de funcionamiento en otras direcciones distintas de a lo largo de dicha trayectoria de guía de ondas, y en el que todos los elementos sobresalientes están en contacto conductor también con la otra capa conductora.

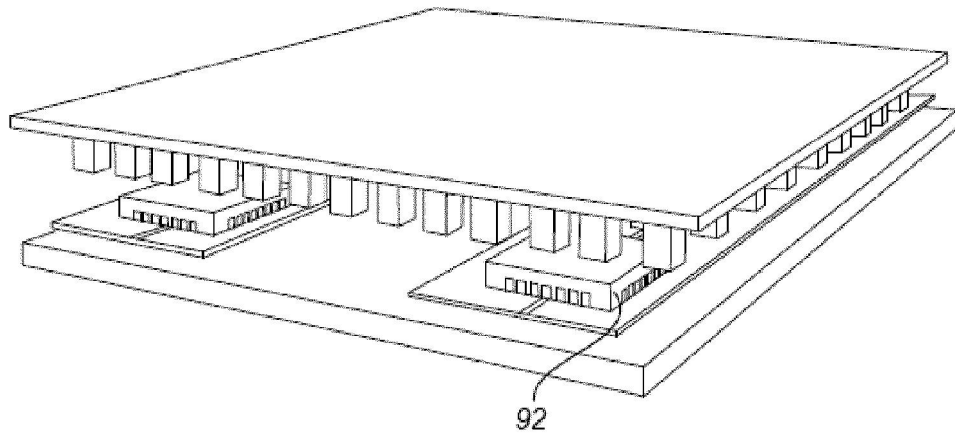




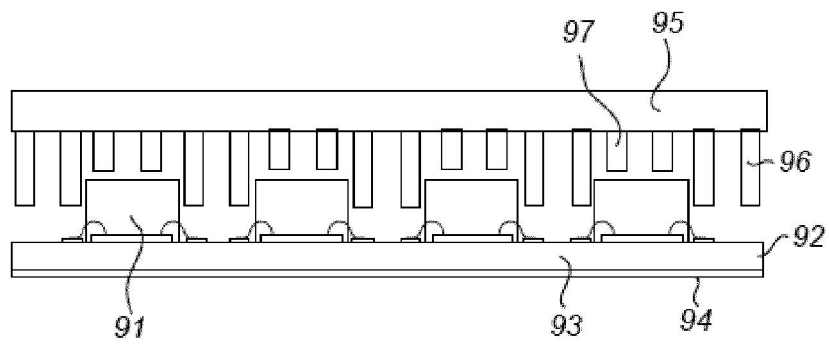




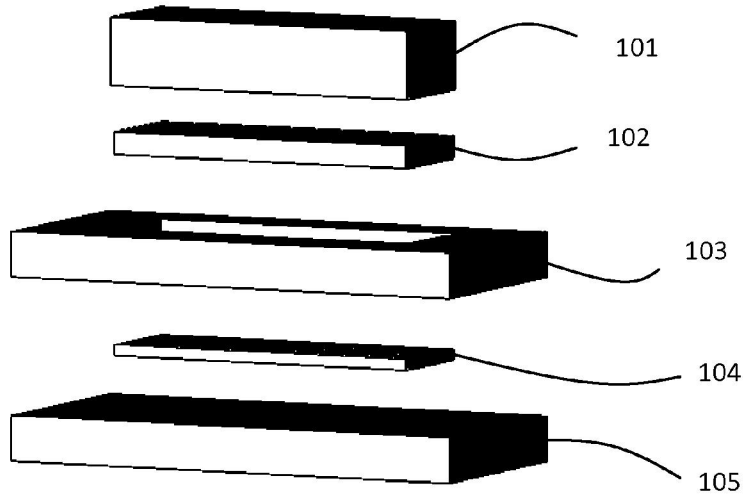




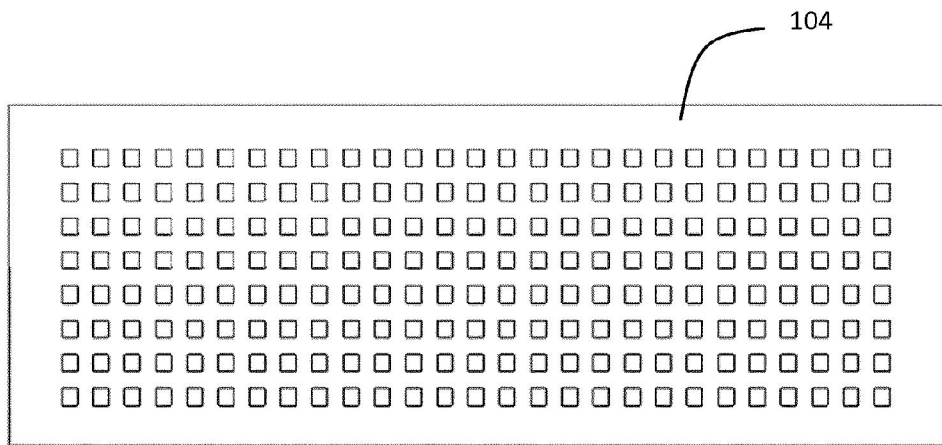
*Fig. 9a*



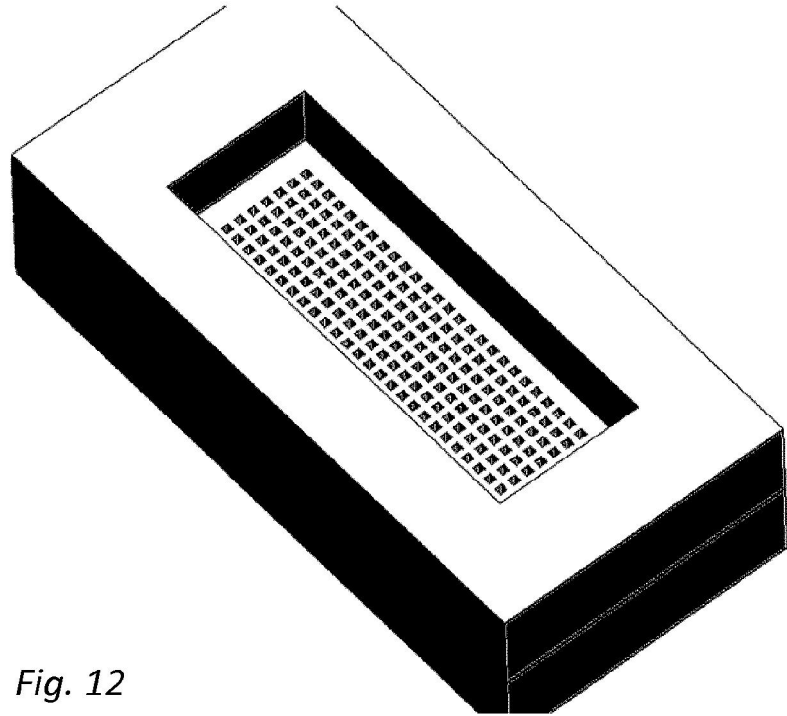
*Fig. 9b*



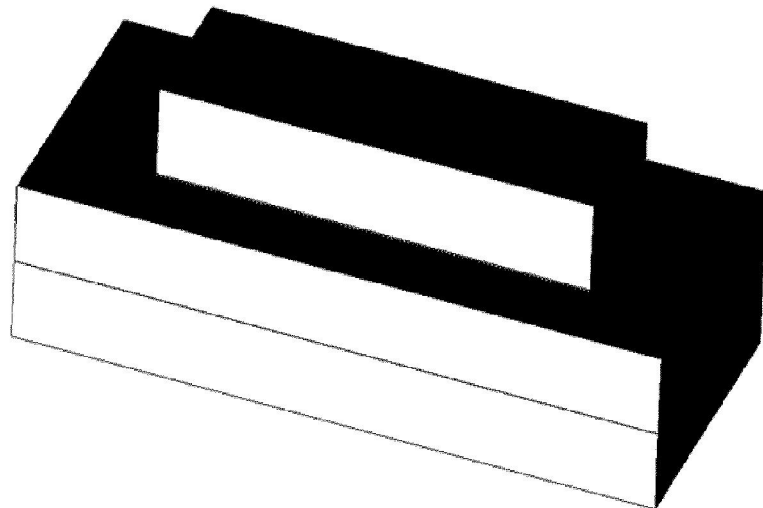
*Fig. 10*



*Fig. 11*



*Fig. 12*



*Fig. 13*

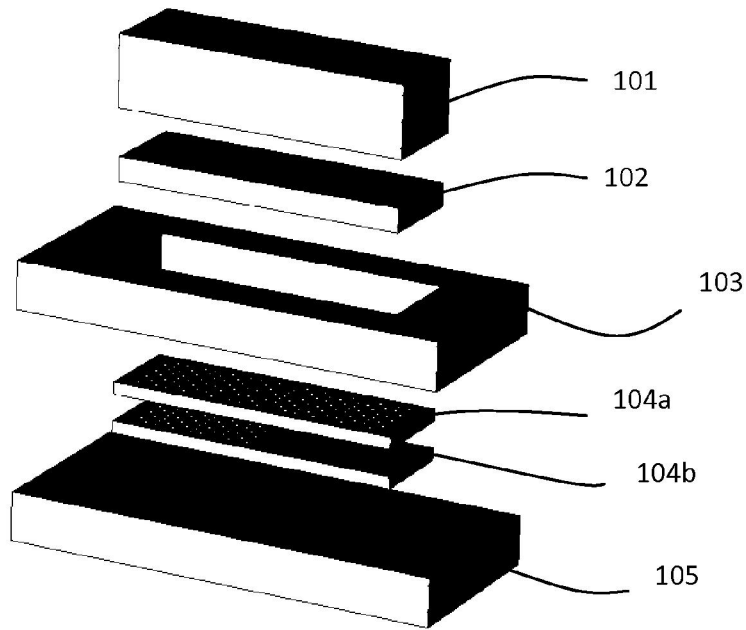


Fig. 14

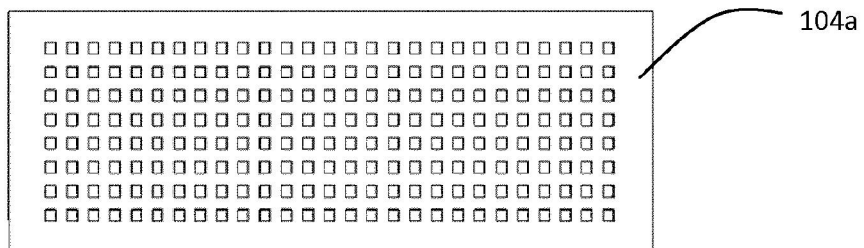
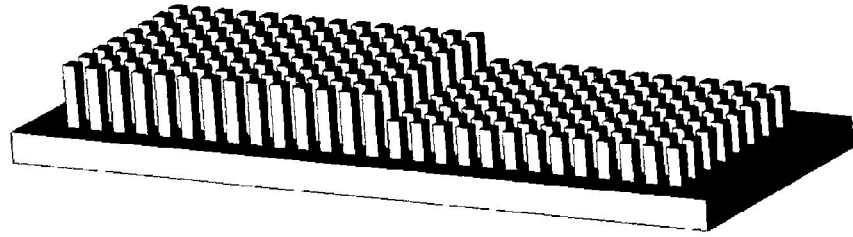


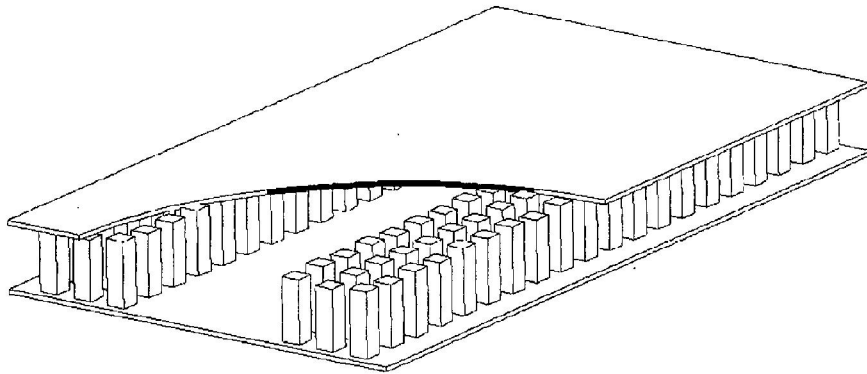
Fig. 15



Fig. 16



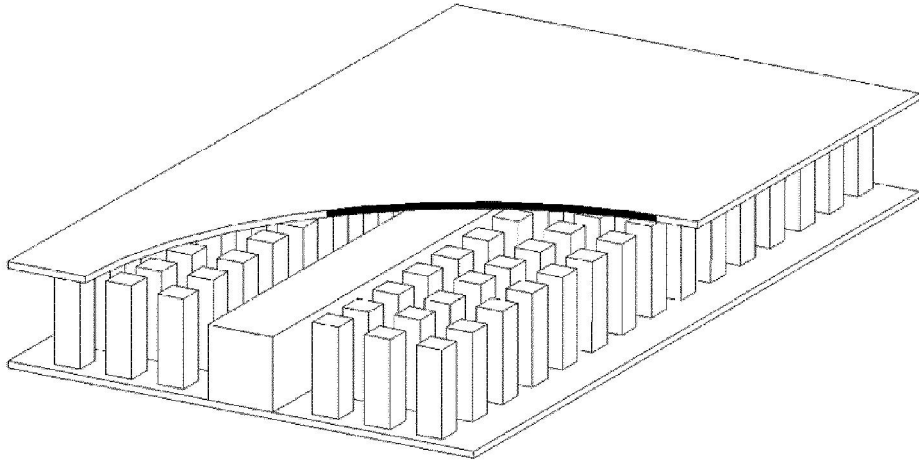
*Fig. 17*



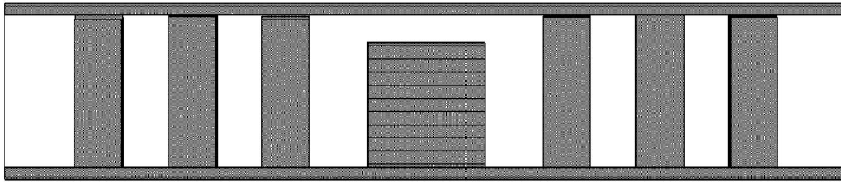
*Fig. 18a*



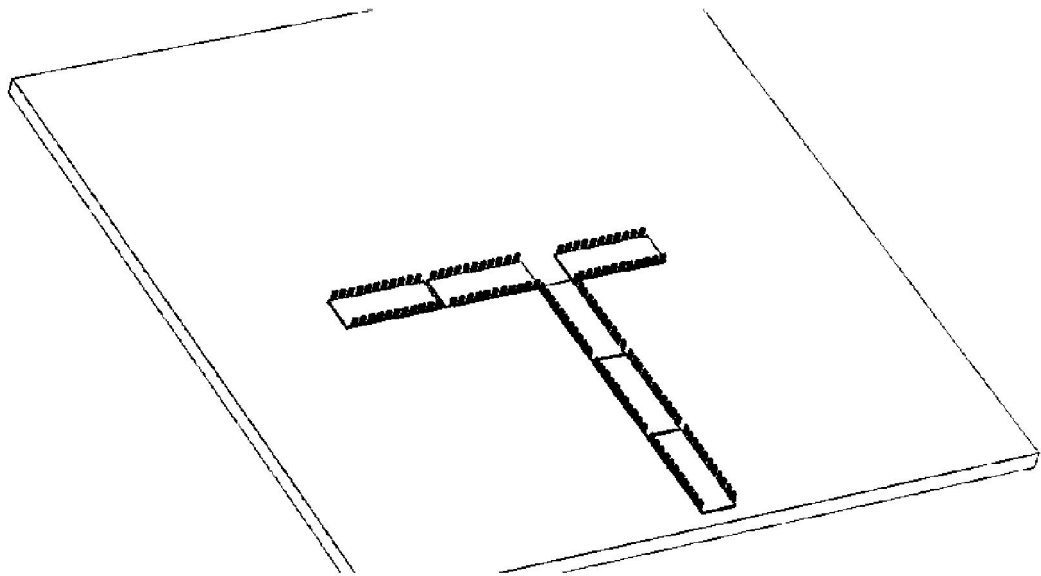
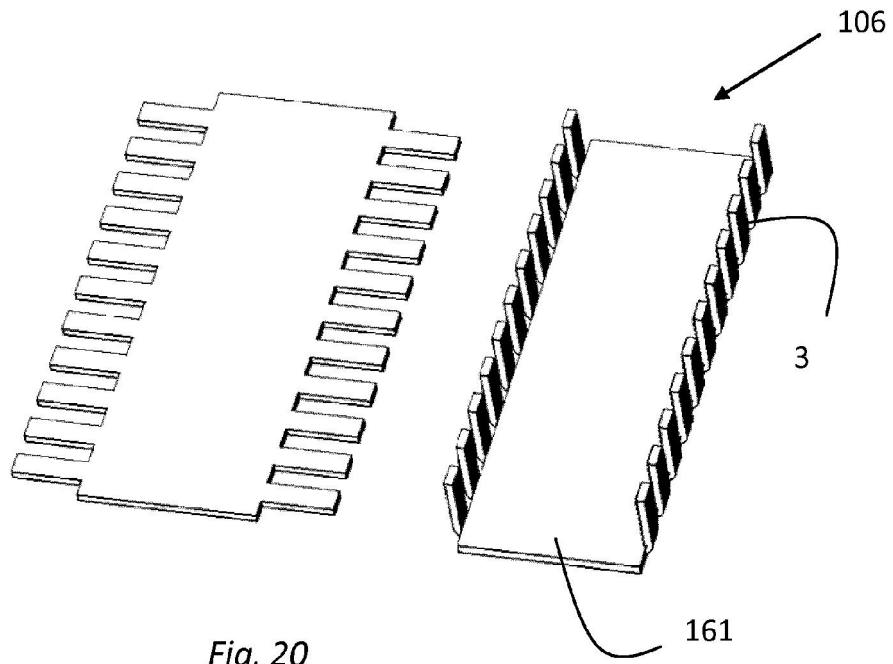
*Fig. 18b*



*Fig. 19a*



*Fig. 19b*



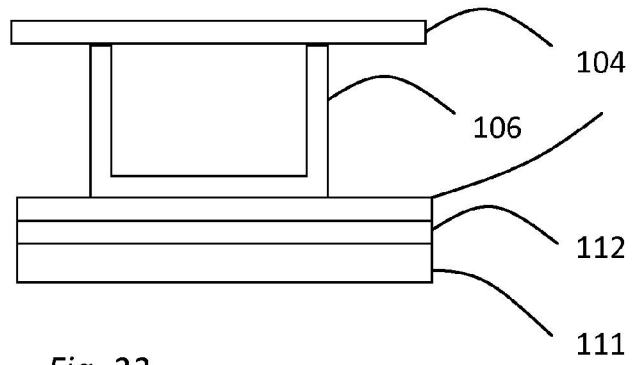


Fig. 22

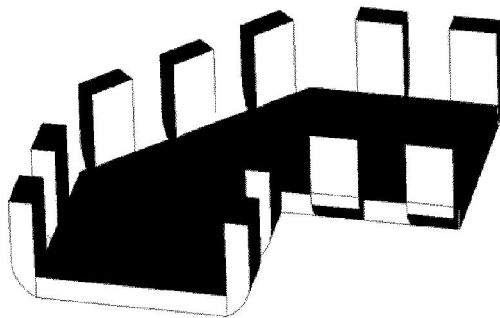


Fig. 23

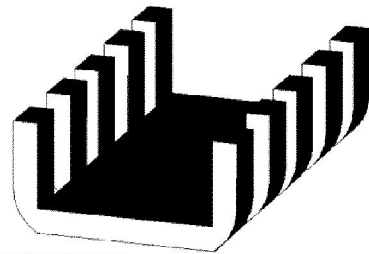


Fig. 24

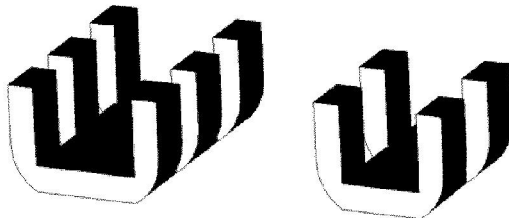
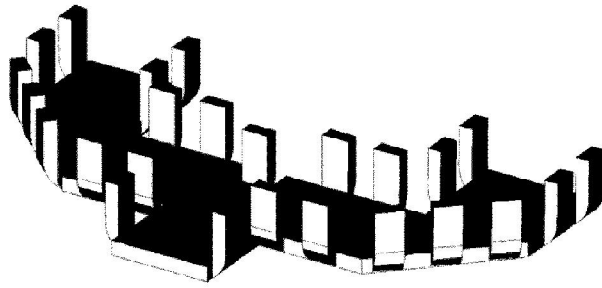
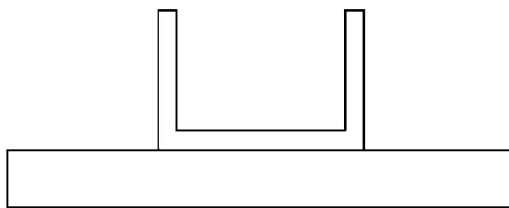


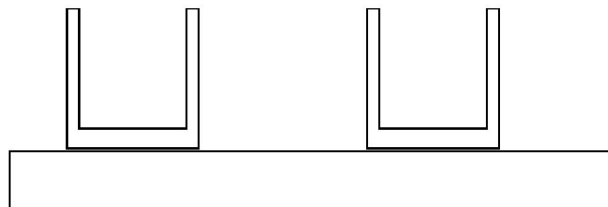
Fig. 25



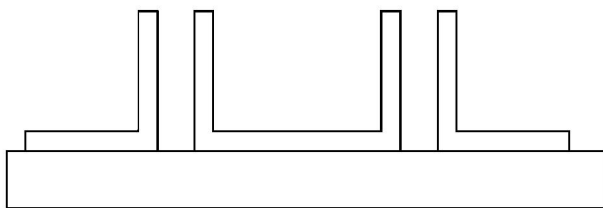
*Fig. 26*



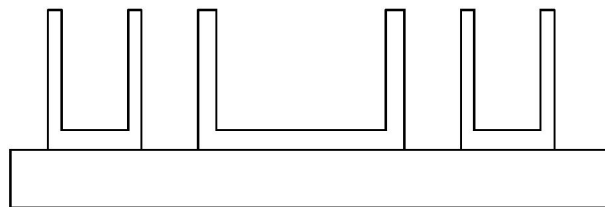
*Fig. 27*



*Fig. 28*



*Fig. 29*



*Fig. 30*

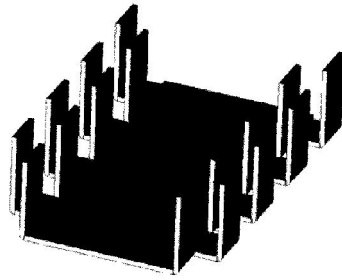


Fig. 31

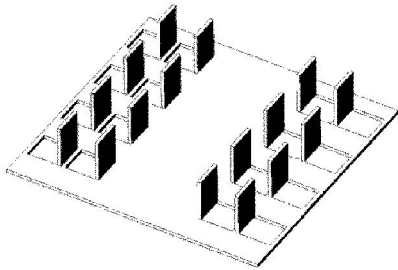


Fig. 32a

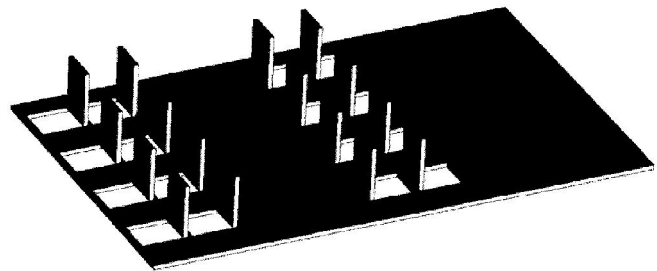


Fig. 32c

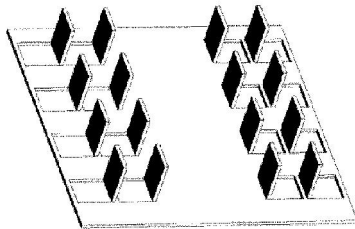


Fig. 32b

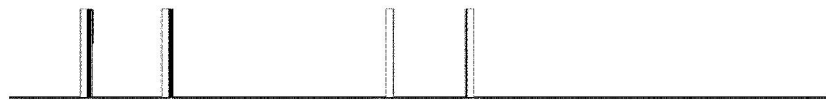


Fig. 32d

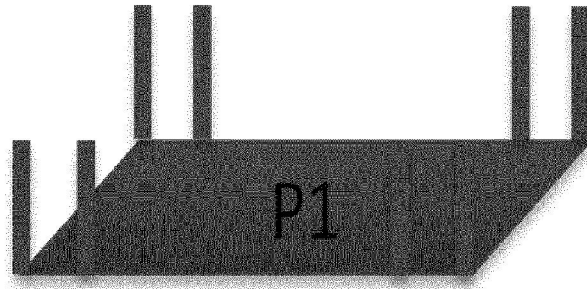


Fig. 33

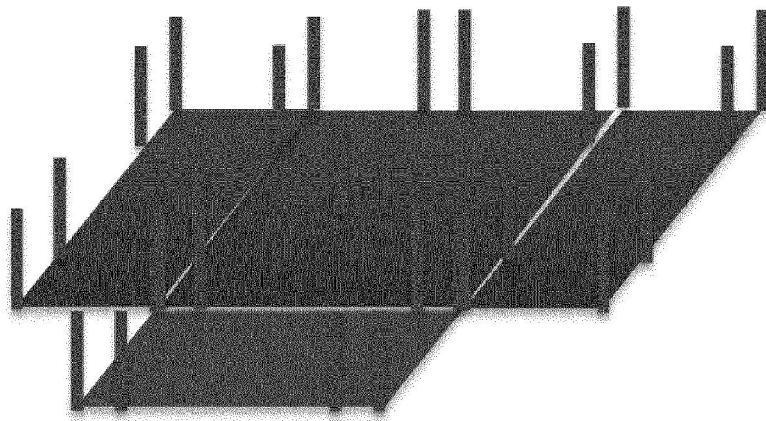


Fig. 34

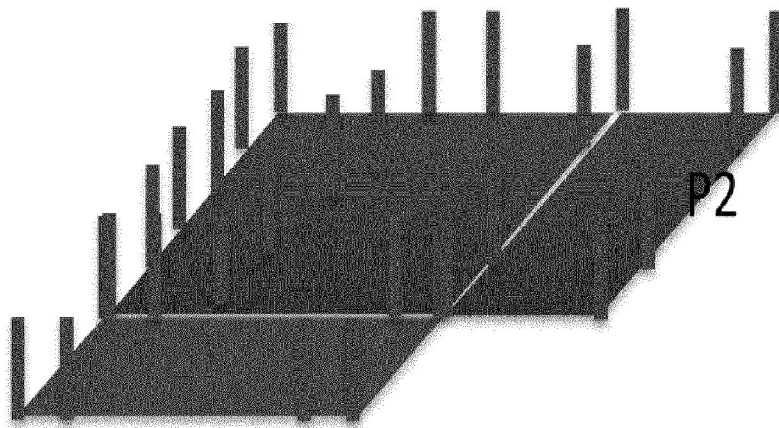


Fig. 35

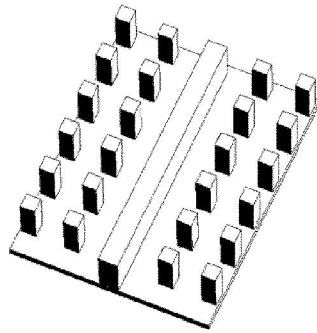


Fig. 36

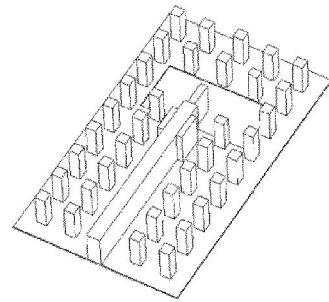


Fig. 37

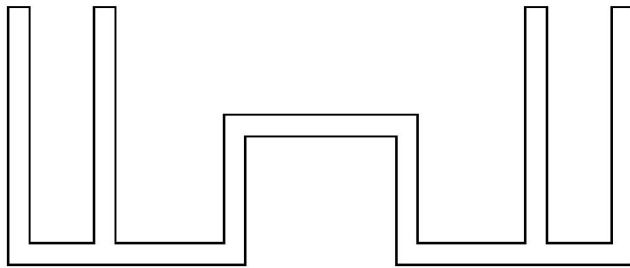


Fig. 38

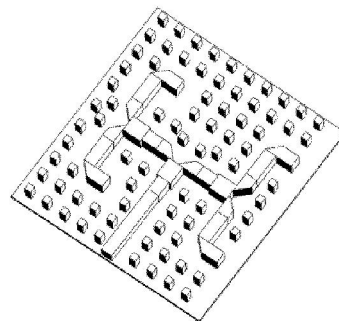
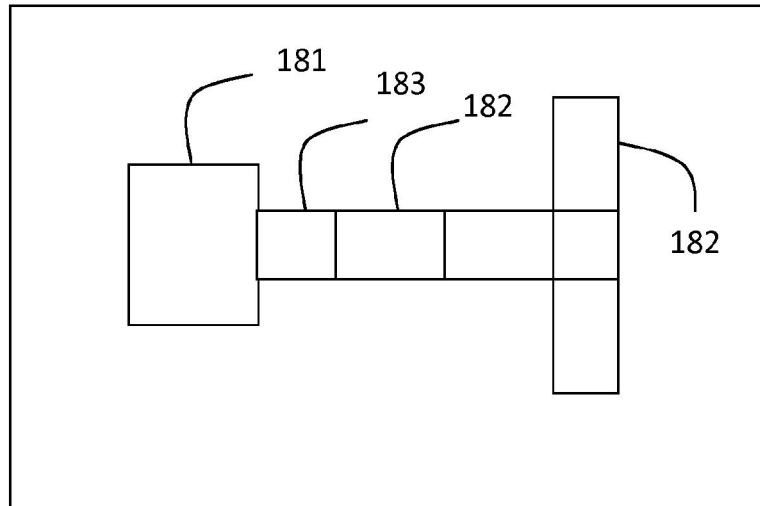
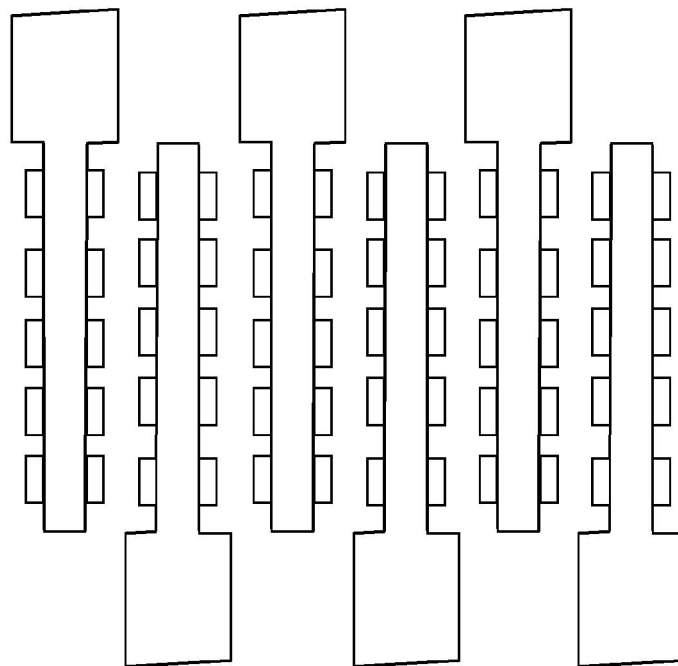


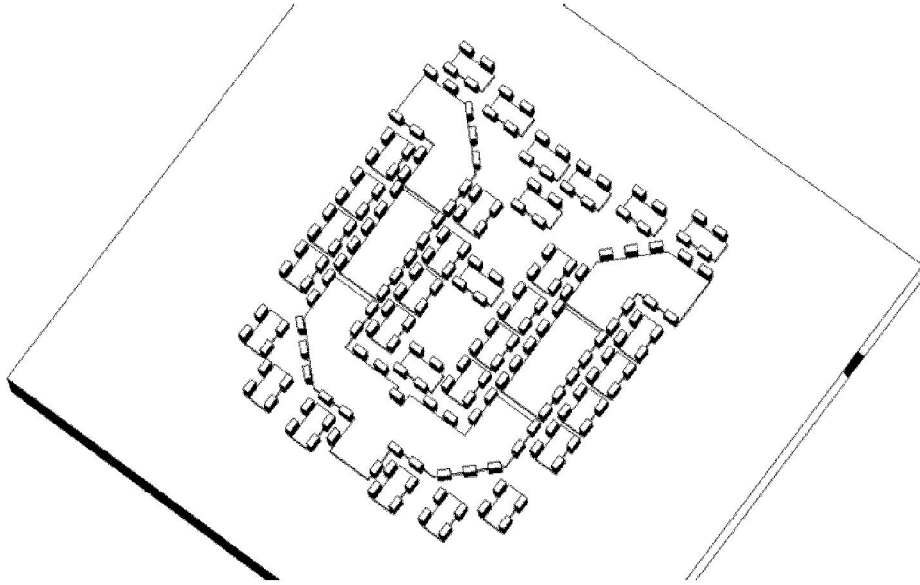
Fig. 39



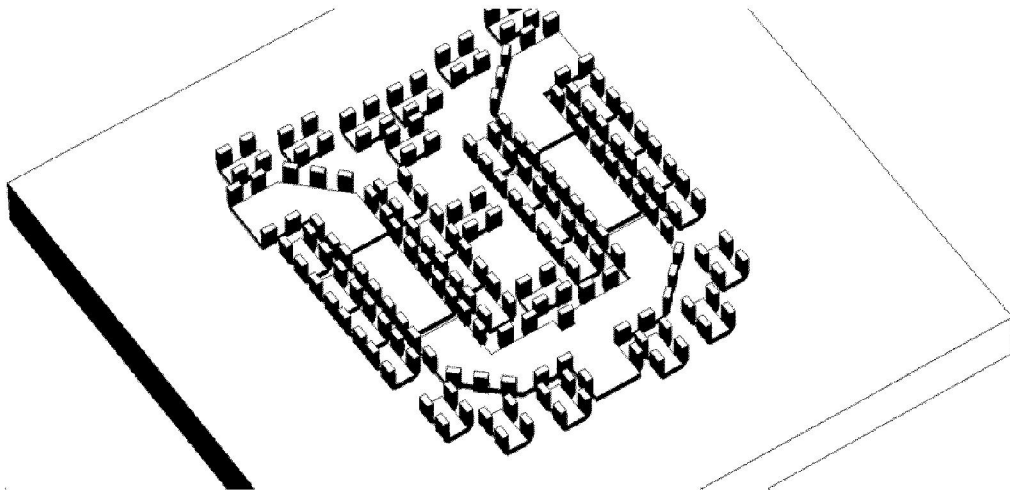
*Fig. 40*



*Fig. 41*



*Fig. 42a*



*Fig. 42b*

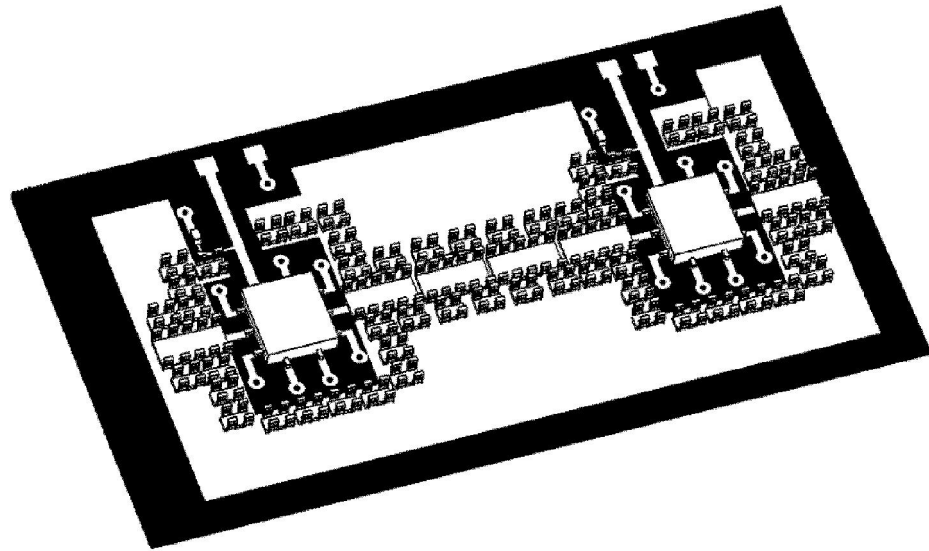


Fig. 43a

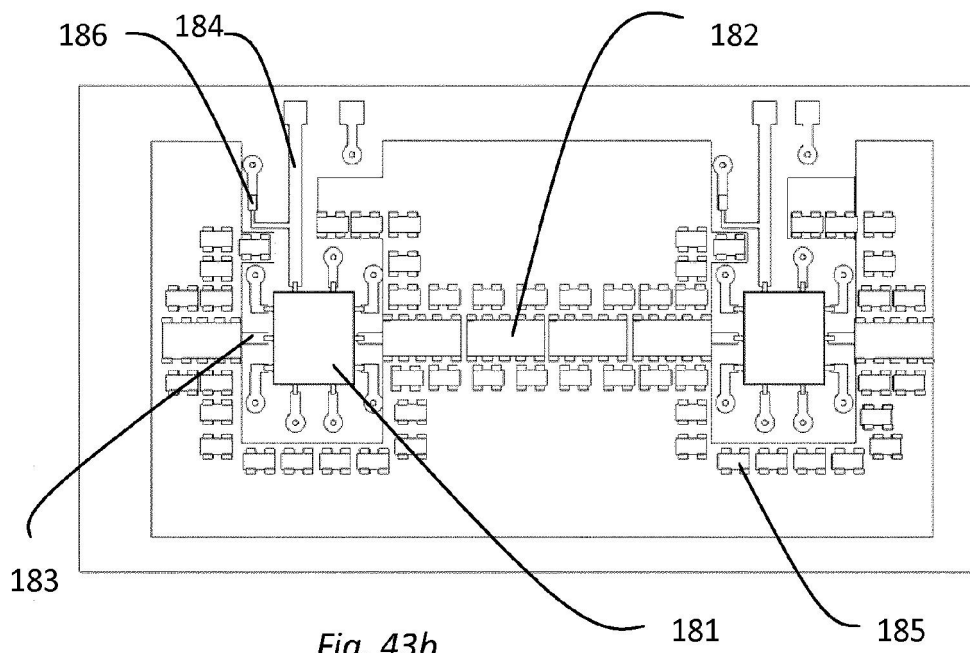


Fig. 43b