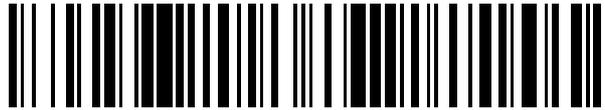


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 672 338**

21 Número de solicitud: 201830106

51 Int. Cl.:

**H01P 5/18** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**07.02.2018**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**13.06.2018**

71 Solicitantes:

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  
(100.0%)**

**Ctro. Apoyo a la Innovación, la Investigación y la  
Transferencia de Tecnología CTT, Edif. 6G,  
Camino de Vera, s/n  
46022 Valencia ES**

72 Inventor/es:

**BAQUERO ESCUDERO, Mariano;  
BORIA ESBERT, Vicente Enrique;  
GUGLIELMI, Marco y  
SÁNCHEZ ESCUDEROS, Daniel**

74 Agente/Representante:

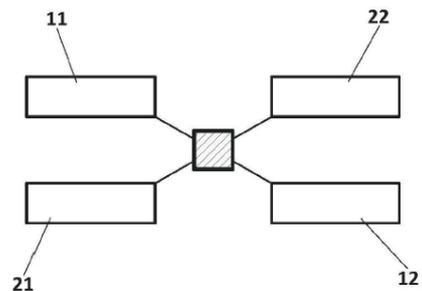
**PONS ARIÑO, Ángel**

54 Título: **DISPOSITIVO DE CRUCE DE MICROONDAS**

57 Resumen:

Dispositivo de cruce de microondas.

En este documento se describe un dispositivo de cruce de microondas que permite que dos señales de microondas se crucen de forma relativa sin que exista, de manera ideal o teórica, un intercambio de potencia o acoplamiento cruzado. El dispositivo objeto de la invención descrita en este documento presenta al menos dos posibles realizaciones basadas en el mismo concepto inventivo, una de ellas presenta cuatro puertos con entradas y salidas en guía rectangular que permite el cruce de dos señales de microondas con un mínimo de interferencia; mientras que la otra presenta cuatro puertos con entradas y salidas en guía de onda doble caballón (doble-ridge) que permite el cruce de dos señales (canales) de microondas con un mínimo de interferencia.



**FIG. 1**

**DISPOSITIVO DE CRUCE DE MICROONDAS**

**DESCRIPCIÓN**

5 **OBJETO DE LA INVENCION**

El objeto de la invención se enmarca en el campo técnico de las telecomunicaciones.

10 Más concretamente, el objeto de la invención va dirigido a su empleo como elemento de una red de conformado de haz compacta, que facilite el cruce de unos canales con otros a lo largo de la red de distribución. De hecho, el objeto de la invención aquí descrita tiene especial utilidad en aplicaciones relacionadas con los satélites de telecomunicaciones que emplean antenas de múltiples haces; cuyos elementos radiantes están intercalados y requieren redes de alimentación con dispositivos de cruce de microondas.

15

**ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

20 Un dispositivo de cruce de microondas (*crossover*, en inglés) es un tipo especial de dispositivo que permite que dos señales de microondas se crucen de forma relativa sin que exista (idealmente) un intercambio de potencia (sin *cross-coupling* o acoplamiento cruzado). Este tipo de dispositivo es necesario cuando se diseñan componentes de microondas muy compactos, donde el espacio es limitado, y donde las estructuras están forzadas por restricciones de ubicación.

25 Esta configuración permite un incremento considerable de la capacidad del sistema con respecto a la cobertura contorneada, implementando un esquema de reutilización de frecuencias en diferentes haces puntuales. Dicho funcionamiento requiere la radiación de múltiples haces independientes que se deben generar en el plano focal del reflector del satélite. Con el fin de generar todos estos haces, se deben implementar redes avanzadas y compactas de formación de haces, de modo que todas las antenas de alimentación se alimenten correctamente con una estructura compacta y de bajo peso.

30

35 Una red de conformado de haz puede definirse de forma general como una red capaz de generar la distribución de amplitud y de fase de radiofrecuencia (RF) necesarias

para la excitación de cada elemento en una agrupación de antenas. Por ejemplo, la agrupación de antenas puede estar alimentada por una matriz de Butler, en la que los dispositivos de cruce de microondas son elementos clave para que todos los elementos radiantes estén en el mismo plano físico. En esta aplicación, el haz de la antena se dirige en una dirección específica del espacio dependiendo del puerto de entrada.

En la literatura técnica de circuitos planares se pueden encontrar muchas soluciones para dispositivos crossover. La estrategia más común en los circuitos planares se basa en el uso de algún tipo de circuito en forma de anillo (ver por ejemplo referencias en documentos tales como:

- "A novel compact planar crossover with simple design procedure", Liu Xin, Yu Cuiping, Liu Yuanan, Li Shulan, Wu Fan, Su Ming, Proceedings of 2010 Asia-Pacific Microwave Conference, pp. 1633-1636
- "Development Of Finite Ground Coplanar (FGC) Waveguide 90 Degree Crossover Junctions With Low Coupling", George E. Ponchak, Emmanouil Tentzeris, 2000 IEEE MTT-S Digest, pp. 1891-1894.
- "A planar balanced crossover", Yi-Hsin Pang, Everett D. Lin, Yen-Yin Chen, IEEE Transactions on Microwave Theory And Techniques, vol. 64, no. 6, pp. 1812-1821, June 2016.
- "Compact single-/dual-band planar crossovers based on strong coupled lines", Wenjie Feng, Tianyu Zhang, Wenquan Che, Quan Xue, IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology, vol. 6, no. 6, pp. 854-863, June 2016.

La mayoría de *crossovers* planares, sin embargo, presentan una banda de operación estrecha, y también presentan altas pérdidas de inserción. Esto los hace inadecuados en la práctica para aplicaciones espaciales (banda Ku y superiores). Por otra parte, la tecnología en guía de onda, que es la elegida para la invención descrita en este documento, presenta un buen comportamiento en alta potencia y, por consiguiente, es la opción más ampliamente utilizada para las redes de salida de los satélites de comunicaciones.

Una alternativa intermedia que combina las ventajas de la tecnología planar con la de guía de onda es la tecnología de guía de onda integrada en sustrato (SIW). En la literatura técnica se puede encontrar un número limitado de contribuciones con

*crossovers* en tecnología SIW, tal y como se desprende de:

- "Ultra-compact millimeter-wave substrate integrated waveguide crossover structure utilizing simultaneous electric and magnetic coupling", Ajay Babu Guntupalli, Tarek Djerafi, Ke Wu, 2012 MTT-S Digest, 2012, pp. 1-3.
- 5     • "60 GHz substrate integrated waveguide crossover structure", Tarek Djerafi, Ke Wu, Proceedings of the 39th European Microwave Conference, pp. 1014-1017, 2009.
- y todas ellas utilizan pares de acopladores direccionales.

10     En "Low loss waveguide four-port crossover circuit and its feed application for cross-slot antenna", K. Chang, M. Li, K. A. Hummer, R. A. Speciale, Electronics Letters, vol. 27, no. 11, pp. 997-998, 23/5/1991 se propone un *crossover* en guía de onda basado en una guía de ondas circular, el cual se ocupa solamente de la alimentación de un único elemento radiante de ranura transversal.

15

A día de hoy se conocen filtros de microondas que producen un cruce de guía de onda en este sentido. Se conoce el contenido del documento EP0315064 A2, el cual hace referencia a un *crossover* para la construcción de una matriz de Butler que comprende una estructura de guía de onda rectangular dividida por una pared que se extiende a lo largo del eje central y la divide en dos guías de onda rectangulares y coplanares; donde la pared central dispone de sendas aperturas de longitud la mitad de la longitud de onda de la guía y separadas aproximadamente la mitad de la longitud de onda de la guía. Dicho dispositivo dispone, además, de estructuras de acoplo de impedancias localizadas en las paredes laterales en posiciones enfrentadas a las aperturas de la pared central, es decir, se compone de dos acopladores introduciendo cada uno un desfase de 90°. En estas condiciones se produce un *crossover* de una guía de onda a la adyacente.

20

25

El documento US5274839 A divulga un acoplador 0-dB obtenido mediante un par de canales de guías de onda rectangulares paralelos cuyas terminaciones definen dos puertos de entrada y dos de salida. Entre ambos canales se extienden cinco ramas de guía onda de longitud la cuarta parte de la longitud de onda de la guía (figuras 5, 6; y 11; columna 8, líneas 9-68).

30

35

El documento "Generalized Multiport Waveguide Switches Based on Multiple Short-Circuit Loads in Power-Divider Junctions" de Ruiz-Cruz et al. presenta conmutadores

de guía de onda multipuertos basados en cargas de cortocircuito integradas en guías de onda rectangulares tipo *ridge* cruzadas. La conmutación se consigue con cargas de cortocircuito y circuito abierto a lo largo de la guía en guías de onda rectangulares *ridge*. Se presenta una clase completa de SP4T basada en este concepto, y en particular el tipo T que requiere la realización de un crossover se fabrica y prueba para banda Ku, con aislamiento mayor de 30 dB y pérdidas de retorno de 23 dB.

## DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

10 El objeto de la invención va dirigido a un dispositivo que implementa funciones integradas de filtro de microondas y *crossover* en guía de onda rectangular y en guía de doble caballón (*doble-ridge* por su nomenclatura anglosajona de uso común en el campo técnico de la invención).

15 El objeto de la invención permite intercambiar la posición de los puertos de salida de los dos filtros en paralelo con respecto a la posición de sus puertos de entrada en el mismo volumen ocupado por los dos filtros; es decir, sin extenderse al espacio circundante, mientras se filtran las señales independientemente a lo largo de los dos canales. De este modo se puede obtener el dispositivo de cruce más compacto posible, incluyendo además las funciones de filtrado.

20 Para ello se propone un dispositivo que combina las funciones de filtro de microondas y cruce de señales, tal y como se muestra en la figura 1. El dispositivo está formado por dos filtros (que podemos denominar por ejemplo: "a" y "b") divididos en dos partes (en la figura 1, elementos 11 y 12 para el filtro "a", y elementos 21 y 22 para el filtro "b") conectadas a través de una cavidad común (recuadro rayado en la figura 1). Las distintas partes de los filtros están situadas de tal forma que la cavidad común implementa un cruce de guías de ondas para guiar la señal desde la parte 1-a (elemento 11 en figura 1) a la parte 1-b (elemento 12 en figura 1) del primer filtro, y desde la parte 2-a (elemento 21 en figura 1) a la parte 2-b (elemento 22 en figura 1) del segundo filtro, sin acoplo de energía de un filtro a otro. Este documento describe varias implementaciones de la función de cruce.

35 El dispositivo objeto de la invención presenta dos posibles realizaciones alternativas como solución al problema planteado.

En una posible implementación del objeto de la invención se tiene un dispositivo de microondas de cuatro puertos con entradas y salidas en guía rectangular que permite el cruce de dos señales de microondas con un mínimo de interferencia. El dispositivo está diseñado de tal manera que los dos canales de señal exhiban un comportamiento tipo filtro de microondas, donde la frecuencia central, el ancho de banda y el orden de los filtros se pueden diseñar y fabricar de acuerdo con las especificaciones del sistema en el que el dispositivo tenga que operar.

En una implementación alternativa del objeto de la invención se tiene un dispositivo de microondas de cuatro puertos con entradas y salidas en guía de onda doble caballón (*doble-ridge*) que permite el cruce de dos señales (canales) de microondas con un mínimo de interferencia. El dispositivo está diseñado de tal forma que los dos canales de señal exhiben un comportamiento tipo filtro de microondas, donde la frecuencia central, el ancho de banda y el orden de los filtros se pueden diseñar y fabricar de acuerdo con las especificaciones del sistema en el que el dispositivo tenga que operar.

### **DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figura 1.- Muestra una vista esquemática del objeto de la invención.

Figura 2.- Muestra una vista en perspectiva del dispositivo de la invención en su realización basada en filtros con puertos rectangulares operando a distintas frecuencias; definiendo dos filtros cruzados en guía rectangular para diferentes frecuencias cuya respuesta se aprecia en la gráfica incluida en esta figura 2.

Figura 3.- Muestra una vista en perspectiva del dispositivo de la invención en su realización usando dos filtros de tres polos con ventanas inductivas; definiendo dos filtros cruzados en guía rectangular sintonizados a la misma frecuencia central cuya respuesta se aprecia en la gráfica incluida en esta figura 3.

Figura 4.- Muestra una vista en perspectiva del dispositivo de la invención en su realización usando filtros de guía de onda con doble caballón (*double-ridge*) operando a distintas frecuencias; definiendo dos filtros cruzados en guía con doble caballón con diferentes frecuencias centrales cuya respuesta se aprecia en la gráfica incluida en esta figura 4.

Figura 5.- Muestra un detalle del elemento de acoplo empleado en el dispositivo en guía de onda con doble caballón (*double-ridge*) de la figura 4.

Figura 6.- Muestra una vista en perspectiva del dispositivo de la invención en su realización usando filtros cruzados con doble caballón (*double-ridge*) operando a la misma frecuencia central, cuya respuesta se aprecia en la gráfica incluida en esta figura 6.

#### **REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION**

La invención descrita en este documento puede emplearse en los satélites de telecomunicaciones que emplean antenas de múltiples haces puntuales (*spot-beams*); como un elemento clave para implementar las redes de alimentación de estas antenas. De este modo, se tiene que una realización preferente del objeto de la invención propuesta, se tiene un dispositivo que combina las funciones de filtro de microondas y cruce de señales, se muestra en la figura 1; donde se aprecia la estructura basada en dos filtros (1,2) preferiblemente basados en guías rectangulares, diseñado para operar preferentemente a dos frecuencias centrales diferentes y preferentemente con el mismo ancho de banda, con un resonador cruzado central compartido que actúa como cavidad (3) central de los dos filtros (1,2) tal y como se aprecia en la figura 2 o en la figura 3.

En la implementación mostrada en la figura 2, el dispositivo está formado por un primer filtro (1) y un segundo filtro (2), los cuales respectivamente se dividen en dos partes dando lugar a: una primera parte del primer filtro (11), una segunda parte del primer filtro (12), una primera parte del primer filtro (21) y una segunda parte del segundo filtro (22), conectadas a través de la cavidad (3) común. Las partes (11,12,21,22) de los filtros (1,2) están situadas de tal forma que la cavidad (3) común implementa un cruce de guía de ondas para guiar la señal desde la primera parte del primer filtro (11) a la segunda parte del primer filtro (12), y desde la primera parte del

segundo filtro (21) a la segunda parte del segundo filtro (22), sin acoplo de energía entre filtros (1,2).

5 En una realización preferente del objeto de la invención, se tiene que el dispositivo actúa como un elemento de cruce en guía rectangular cuyos filtros (1,2) se encuentran dispuestos ortogonalmente formando una cruz. En este dispositivo (ver figura 2) los filtros en guía rectangular se configuran para operar a dos frecuencias centrales diferentes y con el mismo ancho de banda, cuyo resonador compartido (3) actúa como  
10 cavidad central de los dos filtros (1,2). Si el cruce central es simétrico, no hay acoplo entre los dos filtros (1,2), y la señal puede cruzar el camino del otro filtro sin interferencias. La Fig. 2 muestra un ejemplo usando un filtro de tres polos con ventanas inductivas (4).

15 La estructura mostrada en la figura 2 proporciona más de 25 dB de aislamiento entre los dos caminos (canales) de la señal. En una posible realización alternativa del objeto de la invención, se procede a incrementar el orden de filtros (1,2) para así obtener un mayor nivel de aislamiento.

20 La realización mostrada en la figura 2 se basa en dos filtros (1,2) que preferentemente tienen el mismo ancho de banda. No obstante, en posibles realizaciones alternativas del objeto de la invención se pueden tener filtros (1,2) con respectivos anchos de banda distintos entre sí.

25 El resonador cruzado mostrado en la estructura de la figura 2 actúa como resonador central de los dos filtros. Se puede obtener el mismo funcionamiento básico si el resonador empleado como elemento de cruce es cualquier otro resonador de cualquiera de los dos filtros.

30 En una posible realización alternativa del objeto de la invención, mostrada en la figura 3, el dispositivo de la invención tiene como característica la implementación del cruce de las dos señales de microondas preferentemente a la misma frecuencia. En la figura 3 se muestra asimismo una gráfica donde se aprecia la respuesta obtenida.

35 En otra realización todavía más alternativa del objeto de la invención, se tiene que el dispositivo aquí descrito comprende filtros (1,2) cruzados en guía de onda de doble caballón (o *double ridge*) tal y como se aprecia en las figuras 4 a 6; funcionando como

dispositivo de microondas de cuatro puertos con entradas y salidas en guía de onda de doble caballón (*ridge*), que permite el cruce de dos señales (canales) de microondas con un mínimo de interferencia.

5 Además, el dispositivo objeto de la invención puede estar configurado de forma que los dos canales de señal exhiban un comportamiento tipo filtro de microondas, donde la frecuencia central, el ancho de banda y el orden de los filtros (1,2) se pueden diseñar y fabricar de acuerdo con las especificaciones del sistema en el que el dispositivo tenga que operar.

10

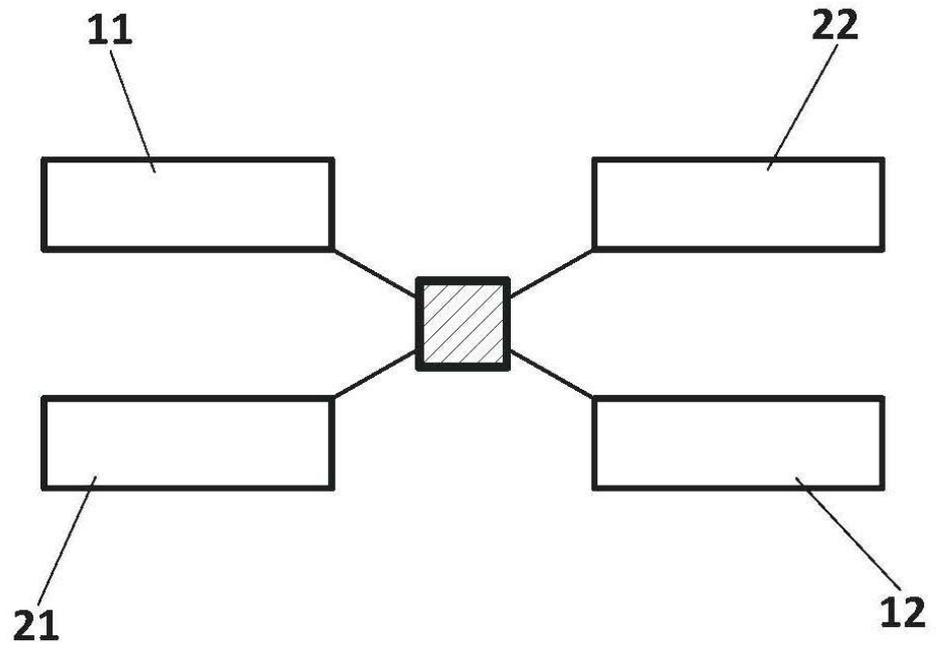
En los dispositivos de cruce mostrados en las figuras 4 y 6, se emplea como elemento de cruce una sección de guía rectangular (ver detalles en la figura 5) que es parte del inversor central (o elemento de acople) de ambos filtros. Se puede obtener el mismo funcionamiento básico si el inversor empleado como elemento de cruce es cualquier otro inversor de cualquiera de los dos filtros (1,2).

15

**REIVINDICACIONES**

- 5
- 10
- 15
- 20
- 25
- 30
- 35
1. Dispositivo de cruce de microondas, caracterizado porque comprende dos filtros (1,2) cruzados y que a su vez comprenden una serie de estructuras de filtrado que se cruzan en una cavidad (3) común a ambos filtros (1,2) que es un resonador; donde el primer filtro (1) comprende una primera parte del primer filtro (11) y una segunda parte del primer filtro (12), y el segundo filtro (2) comprende una primera parte del segundo filtro (21) y una segunda parte del segundo filtro (22), estando la cavidad (3) común ubicada en un punto de cruce central entre los filtros (1,2), estando dicho punto de cruce central definido en una zona de cruce entre los filtros (1,2) definida entre la primera parte del primer filtro (11) y la segunda parte del primer filtro (12), de tal manera que el cruce central definido es simétrico.
  2. Dispositivo de cruce de microondas, según reivindicación 1, caracterizado porque los filtros (1,2) se encuentran dispuestos cruzados ortogonalmente formando una cruz, estando la cavidad (3) ubicada en su intersección.
  3. Dispositivo de cruce de microondas, según reivindicación 1, caracterizado porque la primera parte del primer filtro (11) y la segunda parte del primer filtro (1) se encuentran dispuestas alineadas y contiguas.
  4. Dispositivo de cruce de microondas, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque los filtros (1,2) son filtros estándar en guía rectangular con resonadores implementados mediante secciones de guía rectangular vacía.
  5. Dispositivo de cruce de microondas, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque las estructuras de filtrado están basadas en acoples capacitivos o en acoples inductivos.
  6. Dispositivo de cruce de microondas, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque los filtros (1,2) operan a la misma frecuencia.

7. Dispositivo de cruce de microondas, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque los filtros (1,2) tienen diferentes respectivos anchos de banda.
- 5 8. Dispositivo de cruce de microondas, caracterizado porque comprende dos filtros (1,2) que a su vez comprenden una serie de estructuras de filtrado que se cruzan en un elemento de acople común a ambos filtros (1,2); donde el primer filtro (1) comprende una primera parte del primer filtro (11) y una segunda parte del primer filtro (12), y el segundo filtro (2) comprende una primera parte del segundo filtro (21) y una segunda parte del segundo filtro (22).
- 10 9. Dispositivo de cruce de microondas, según reivindicación 8 caracterizado porque la primera parte del segundo filtro (21) y la segunda parte del segundo filtro (22) se encuentran dispuestas alineadas y contiguas.
- 15 10. Dispositivo de cruce de microondas, según reivindicación 8 o 9, caracterizado porque los filtros (1,2) son filtros en guía de onda con doble caballón (*double-ridge*) donde los resonadores se implementan con secciones de guía de onda de doble caballón (*double-ridge*).
- 20 11. Dispositivo de cruce de microondas, según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10 caracterizado porque los filtros (1,2) se encuentran adaptados para operar a la misma frecuencia.
- 25 12. Dispositivo de cruce de microondas, según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10 caracterizado porque los filtros (1,2) tienen diferentes respectivos anchos de banda.



**FIG. 1**

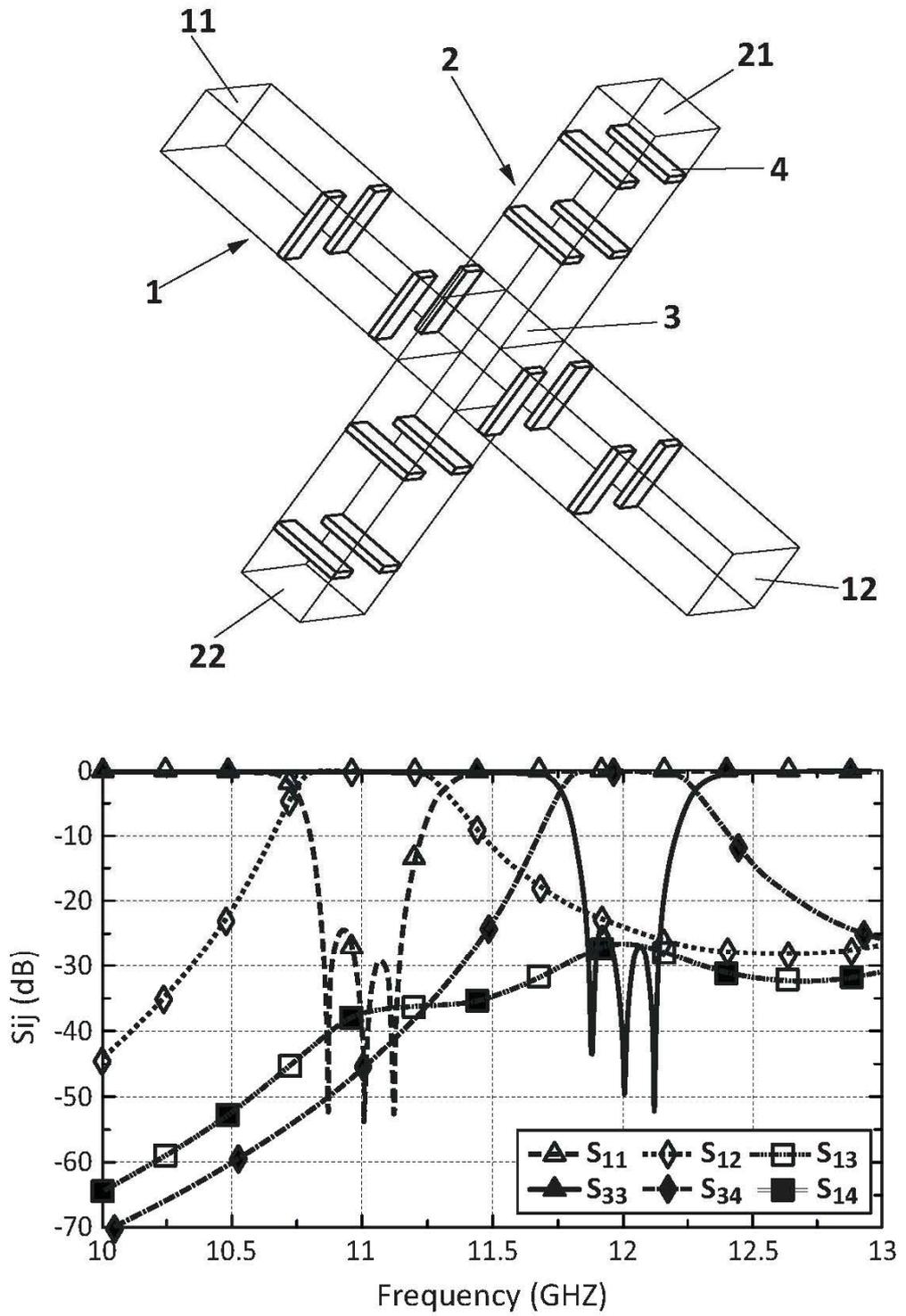
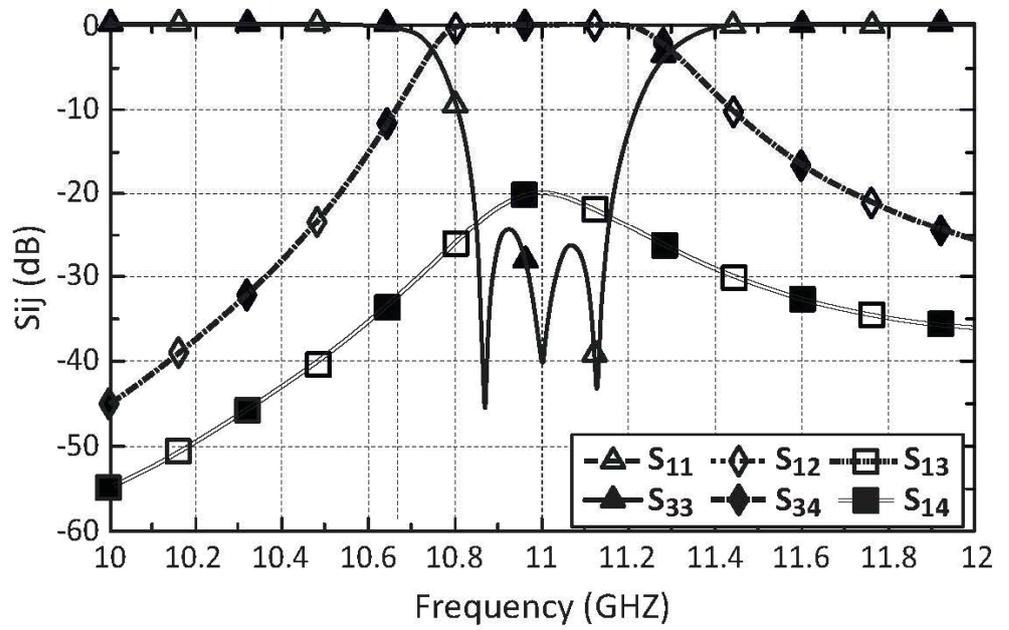
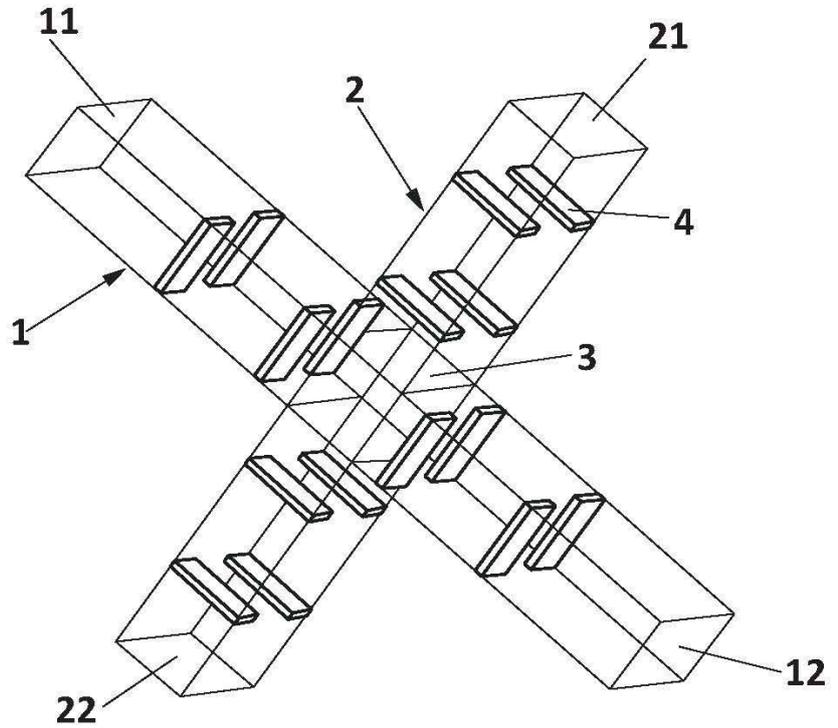


FIG. 2



**FIG. 3**

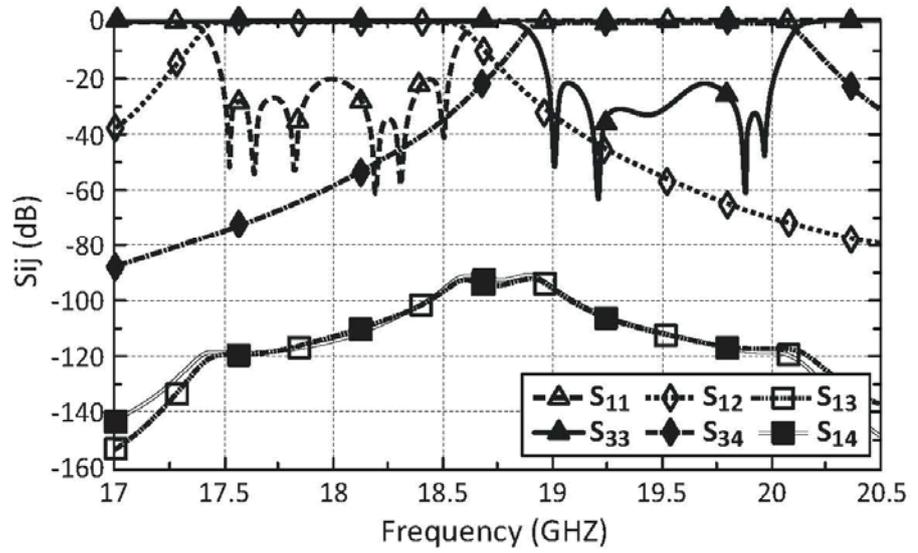
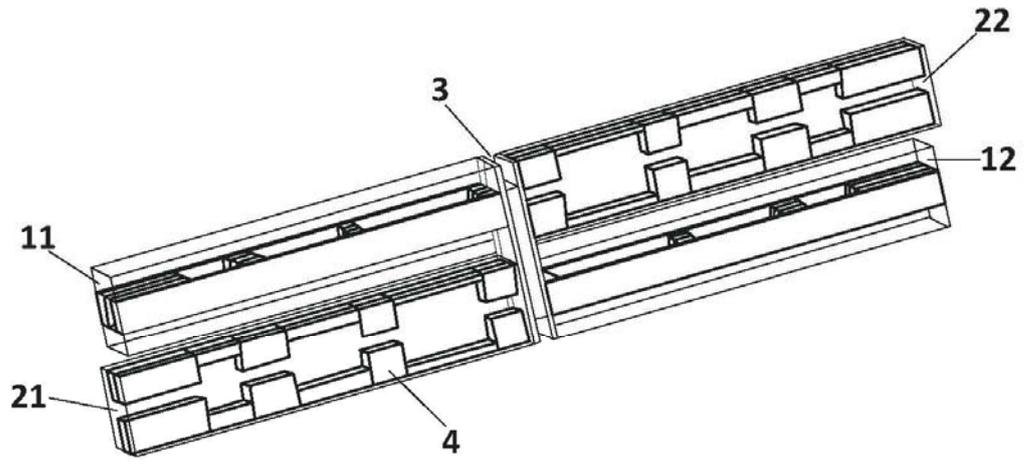
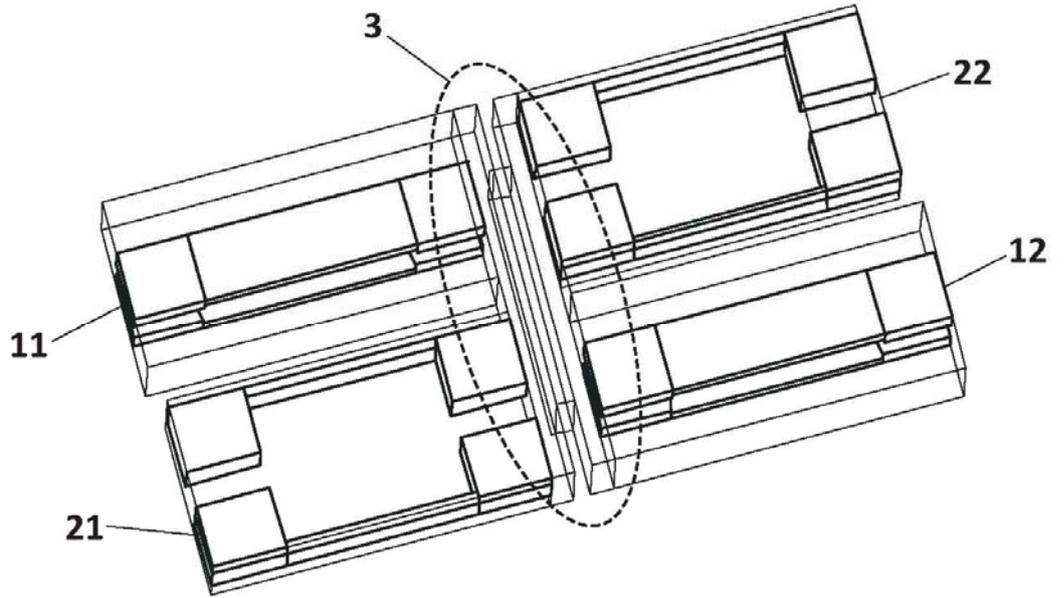


FIG. 4



**FIG. 5**

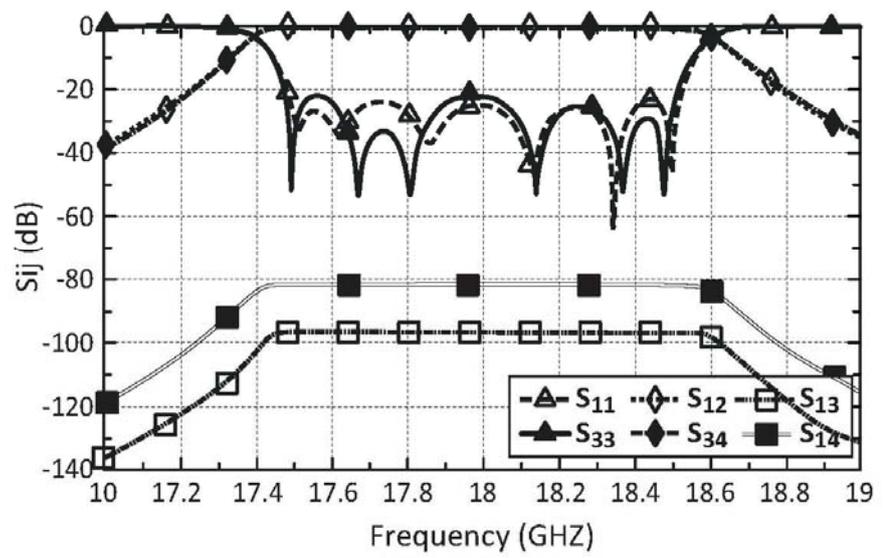
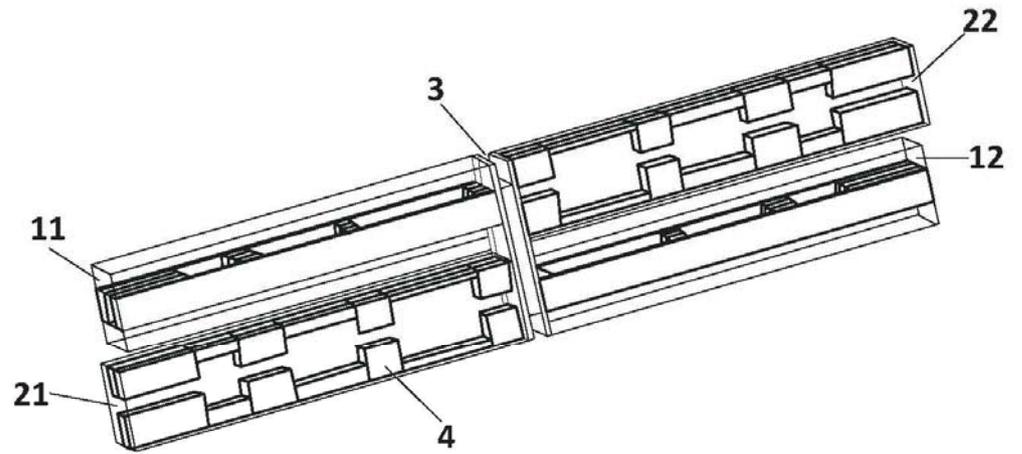


FIG. 6



- ②<sup>1</sup> N.º solicitud: 201830106  
 ②<sup>2</sup> Fecha de presentación de la solicitud: 07.02.2018  
 ③<sup>2</sup> Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤<sup>1</sup> Int. Cl.: **H01P5/18** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤ <sup>6</sup> Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	EP 0315064 A2 (HUGHES AIRCRAFT CO) 10/05/1989, Columna 2, línea 41 a columna 12, línea 39; figuras 1-8.	1-12
A	US 5274839 A (KULARAJAH RATNARAJAH et al.) 28/12/1993, Columna 7, línea 160;10 a columna 10, línea 56; figuras 1-11.	1-12
A	JORGE A RUIZ-CRUZ et al. Generalized Multiport Waveguide Switches Based on Multiple Short-Circuit Loads in Power-Divider Junctions. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 20111201 Plenum, USA. , 01/12/2011, Vol. 59, Páginas 3347 - 3355, XP011389175 ISSN 0018-9480, <doi:10.1109/TMTT.2011.2170089>	1-12

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia  
 Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría  
 A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita  
 P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud  
 E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

**El presente informe ha sido realizado**

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe  
04.06.2018

Examinador  
J. Botella Maldonado

Página  
1/2

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

H01P

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

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