(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 272 145**

(21) Número de solicitud: 200403096

(51) Int. Cl.:
H01P 1/203 (2006.01)

(12) SOLICITUD DE PATENTE A1

(22) Fecha de presentación: **28.12.2004**

(43) Fecha de publicación de la solicitud: **16.04.2007**

(43) Fecha de publicación del folleto de la solicitud: **16.04.2007**

(71) Solicitante/s:
Universitat Autònoma de Barcelona (titular al 40%)
08193 Bellaterra, Barcelona, ES
Universidad de Sevilla (titular al 20%);
Universidad Pública de Navarra (titular al 20%) **y**
CONSULTORA NAVARRA DE TELECOMUNICACIONES, S.L. (titular al 20%)

(72) Inventor/es: **Bonache Albacete, Jorge;**
Martín Antolín, Juan Fernando;
García García, Juan José;
Gil Galí, Ignacio;
Marqués Sillero, Ricardo;
Martel Villagrán, Jesús;
Freire Rosales, Manuel José;
Baena Doello, Juan Domingo;
Falcone Lanas, Francisco;
Lopetegi Beregaña, José María;
Gómez Laso, Miguel Ángel y
Marcotegui Iturmendi, José Antonio

(74) Agente: **Ponti Sales, Adelaida**

(54) Título: **Filtros planares para microondas y ondas milimétricas que contienen resonadores de anillos abiertos.**

(57) Resumen:
Filtros planares para microondas y ondas milimétricas que contienen resonadores de anillos abiertos.
Comprenden un medio de transmisión planar que incluye una tira conductora, plano de masa metálico y substrato dieléctrico.
Se caracterizan por el hecho de que comprenden por lo menos una etapa consistente en un resonador de anillos abiertos, un elemento para el control del ancho de banda de tal etapa y un elemento de acoplamiento entre etapas.
Se consigue realizar filtros de reducidas dimensiones, controlar el ancho de banda, controlar de forma efectiva el nivel de selectividad en la banda de transición superior y eliminar bandas espurias.

ES 2 272 145 A1

DESCRIPCIÓN

Filtros planares para microondas y ondas milimétricas que contienen resonadores de anillos abiertos.

La presente invención se refiere a filtros planares de microondas y de ondas milimétricas implementados mediante líneas de transmisión y etapas acopladas que contienen resonadores de anillos abiertos.

Antecedentes de la invención

Son conocidas estructuras basadas en resonadores distribuidos para la síntesis de filtros de microondas y de ondas milimétricas, ya sean de rechazo de banda, pasa banda, de paso alto o de paso bajo. Dichas estructuras se basan en el hecho de que para determinadas frecuencias se producen resonancias dinámicas, a partir de las cuales, y mediante un acoplo conveniente entre los resonadores que forman la estructura, es posible la generación de las respuestas antes mencionadas. En estas estructuras las dimensiones escalan con la longitud de onda a la frecuencia característica del filtro, y además se producen bandas de frecuencia espurias, estando éstas relacionadas con la dependencia periódica de los parámetros eléctricos de la estructura, tales como la impedancia de línea, con la frecuencia.

También son conocidas estructuras de filtrado frecuencial basadas en líneas de transmisión y en resonadores concentrados, tales como resonadores de anillos abiertos o resonadores de anillos abiertos complementarios y topologías de ellos derivadas. En tales estructuras, los resonadores de anillos abiertos o los resonadores de anillos abiertos complementarios se disponen de manera tal que se produzca un determinado acoplamiento magnético y/o eléctrico entre dichos resonadores y las líneas de transmisión, de manera tal que en la vecindad de la frecuencia de resonancia de los mencionados resonadores se producen bandas de rechazo o de paso, siendo necesario en este último caso que además se introduzcan elementos adicionales tales como brechas capacitivas (en inglés, "gaps capacitivos") en configuración serie con la línea de transmisión y/o uniones metálicas entre la tira conductora y el plano de masa metálico. En estas estructuras, se consiguen respuestas frecuenciales selectivas en frecuencia, pero en ningún caso se tiene control sobre la respuesta frecuencial, que permita sintetizar respuestas conocidas (o aproximaciones estándar) con ancho de banda controlable.

Una limitación de las mencionadas estructuras basadas en resonadores distribuidos para su uso como filtros es el hecho de que sus dimensiones pueden ser considerables por cuanto éstas dependen de la longitud de onda a la frecuencia característica del filtro. Además, en tales estructuras se producen bandas de frecuencia espurias que pueden ocurrir a frecuencias relativamente cercanas a la banda de interés.

Una limitación de las mencionadas estructuras basadas en resonadores concentrados de anillos abiertos o de anillos abiertos complementarios, radica en el hecho de que mediante tales estructuras no se controla a voluntad la respuesta frecuencial del filtro, ya sea el ancho de banda, o el nivel de rechazo fuera de la banda de paso, o la selectividad frecuencial, o al menos no se controla de forma simultanea.

Otra importante limitación de todas las estructuras mencionadas anteriormente se refiere al hecho de que mediante las mismas es difícil conseguir sintetizar respuestas con grandes anchos de banda.

Para la generación de respuestas con gran ancho de banda son conocidas estructuras basadas en la disposición en cascada de celdas consistentes en elementos concentrados mediante los cuales se obtienen respuestas de paso alto y de paso bajo, pero en ningún caso dichas celdas consisten en resonadores de anillos abiertos, mediante los cuales se consiga controlar a voluntad el ancho de banda gracias al nivel de acoplamiento entre los mismos.

Descripción de la invención

El objetivo de la presente invención es resolver los inconvenientes mencionados referidos a las estructuras basadas en líneas de transmisión y resonadores de anillos abiertos, desarrollando filtros operativos a frecuencias de microondas y ondas milimétricas, basados en tales resonadores de anillos abiertos, en los cuales se puede controlar el ancho de banda y la respuesta frecuencial, y pueden ser implementados en tecnología planar, ya sea en substratos de microondas o milimétricas de bajas pérdidas, en substratos multicapa, o bien mediante tecnologías microelectrónicas de fabricación.

De acuerdo con este objetivo, los filtros de la presente invención se caracterizan por el hecho de que comprenden un medio de transmisión planar, o línea de transmisión, que comprende una tira conductora, plano de masa metálico y substrato dieléctrico, por el hecho de que comprende al menos un resonador de anillos abiertos y un elemento adicional para el control del ancho de banda del filtro (típicamente una conexión metálica entre la tira conductora y el plano de masa metálico) y por el hecho de que se controla el nivel de acoplamiento entre los resonadores que forman parte del filtro ya sea mediante el uso de secciones de línea de transmisión de anchura controlable y/o longitud eléctrica controlable o mediante gaps capacitivos, en todos los casos emulándose un inversor de admitancias para controlar el citado nivel de acoplamiento.

Estas características permiten realizar filtros de reducidas dimensiones, debido a que las dimensiones de los resonadores de anillos abiertos son menores que la longitud de onda a la frecuencia de resonancia de los mismos. Además, gracias a la combinación de los citados resonadores de anillos abiertos con elementos adicionales tales como uniones metálicas entre el plano de masa metálico y la tira conductora, se consigue controlar el ancho de banda de los filtros e incluso se puede controlar de forma efectiva el nivel de selectividad en la banda de transición superior, o bien se pueden eliminar bandas espurias, gracias a la presencia de ceros de transmisión, cuya posición se puede controlar a voluntad.

Además, en la medida que los dieléctricos y metales utilizados para su fabricación tengan bajos niveles de pérdidas y resistividad, respectivamente, los filtros objeto de la presente invención presentan bajas pérdidas de inserción en la banda de paso, su diseño es simple y su proceso de fabricación es compatible con las tecnologías de fabricación de circuitos impresos e integrados.

Preferiblemente los resonadores de anillos abiertos son complementarios, están grabados en el plano de masa metálico o en la tira conductora y están acoplados eléctricamente a la línea de transmisión. Dichos resonadores de anillos abiertos complementarios pueden ser de geometría circular o poliédrica en general, y pueden tener uno o más cortes en cada anillo del par. Alternativamente, los resonadores se pueden implementar mediante espirales complementarias, igual-

mente grabadas en el plano de masa metálico o en la tira conductora. Para conseguir controlar el ancho de banda de forma efectiva, además se dispone un elemento metálico (en inglés, "stub") a modo de inducción entre la tira conductora y el plano de masa metálico. Además se controla el acoplamiento entre los diferentes resonadores que forman la estructura mediante inversores de impedancia que pueden ser implementados mediante gaps capacitivos grabados en la tira conductora.

Alternativamente, los inversores de impedancia se pueden implementar mediante líneas de transmisión de anchura y/o longitud eléctrica controlable dispuestas entre resonadores adyacentes. Para compactar la estructura, tales líneas de transmisión se pueden grabar mediante meandros.

Según otra realización, los resonadores concentrados se implementan mediante resonadores de anillos abiertos metálicos, los cuales están magnéticamente acoplados a la línea de transmisión planar. Dichos resonadores de anillos abiertos pueden ser de geometría circular o poliédrica en general, y pueden tener uno o más cortes en cada anillo del par. Alternativamente, los resonadores se pueden implementar mediante espirales metálicas, o bien mediante anillos grabados en diferentes niveles de metal para conseguir un mayor acoplo capacitivo entre los anillos que forman el resonador y por tanto un mayor nivel de miniaturización de tales resonadores.

Ventajosamente los anillos abiertos poseen las aberturas de cada anillo en la misma posición y se encuentran topológicamente conectados de forma cruzada en las aberturas, obteniéndose la topología correspondiente a una espiral.

Con el objeto de controlar el ancho de banda del filtro se disponen gaps capacitivos en la tira conductora y elementos de acoplamiento entre etapas resonadoras que consisten en uniones metálicas entre la tira conductora y el plano de masa metálico o bien líneas de transmisión de anchura y/o longitud eléctrica controlable, comportándose como filtro pasa banda de ancho de banda controlable.

Preferiblemente, la línea de transmisión planar es de tipo microtira (en inglés, "microstrip"), coplanar, cinta (en inglés "stripline"), o variantes de las mismas. Gracias a esta característica, los filtros se pueden implementar en cualquier tipo de tecnología planar, compatible con los procesos de fabricación de circuitos impresos o integrados.

Ventajosamente, los filtros de la presente invención permiten sintetizar respuestas con bandas de paso ultra anchas y con la presencia de espurios frecuenciales alejados de la banda frecuencial de interés. Adicionalmente, se puede añadir en las etapas de entrada y/o salida del filtro resonadores de anillos cortados o resonadores de anillos cortados complementarios para eliminar dichos espurios frecuenciales.

Breve descripción de los dibujos

Para mayor comprensión de cuanto se ha expuesto, se acompañan unos dibujos en los que, esquemáticamente y sólo a título de ejemplo no limitativo, se representa una realización preferida de los filtros objeto de la presente invención y la respuesta frecuencial correspondiente.

En dichos dibujos,

La figura 1a muestra la cara anterior de una realización preferida para un filtro pasa banda de tres etapas de resonadores de anillos abiertos complementarios, implementado mediante tecnología microtira.

La figura 1b muestra la cara posterior de una realización preferida para un filtro pasa banda de tres etapas de resonadores de anillos abiertos complementarios, implementado mediante tecnología microtira.

La figura 1c muestra una vista en perspectiva de una realización preferida para un filtro pasa banda de tres etapas de resonadores de anillos abiertos complementarios, implementado mediante tecnología microtira.

La figura 2a muestra un gráfico de la respuesta frecuencial medida del filtro de la invención correspondiente a la realización preferida.

La figura 2b muestra un detalle de la banda de paso de la respuesta frecuencial medida del filtro de la invención correspondiente a la realización preferida.

Descripción de una realización preferida

Las figuras 1a, 1b y 1c de la presente invención muestran un filtro pasa banda implementado en tecnología microtira. Se muestra la cara anterior 1 y posterior 2 del substrato dieléctrico 3. En la cara posterior del substrato se han grabado resonadores de anillos cortados complementarios 4 en el plano de masa metálico 5. En la cara anterior los gaps capacitivos 6 se disponen en serie con la tira conductora 7 y las uniones metálicas entre la tira conductora y el plano de masa metálico se realizan mediante tiras (o "stubs") 8 en el extremo de las cuales se perfora el substrato y se metaliza formándose una vía 9 para conseguir el contacto eléctrico entre los niveles de metal superior e inferior.

Alternativamente, los resonadores de anillos cortados complementarios pueden tener geometría poliédrica y/o pueden presentar más de una abertura y/o pueden realizarse en configuración de espiral.

Alternativamente, entre los resonadores de anillos complementarios, se pueden sustituir los gaps capacitivos por secciones de línea de transmisión de anchura y/o longitud eléctrica controlable.

Alternativamente el filtro se puede implementar mediante cualquier otro tipo de medio de transmisión planar y mediante resonadores de anillos abiertos metálicos en acoplamiento magnético con la línea de transmisión. En este caso, los resonadores de anillos abiertos metálicos se grabarán de manera que se magnifique tal acoplamiento magnético. También en este caso, se dispondrán gaps capacitivos serie y/o uniones metálicas ("stubs") y/o líneas de transmisión entre los resonadores de anchura y/o longitud eléctrica controlable, al efecto de poder controlar las características del filtro.

La figura 2a muestra el gráfico correspondiente a la respuesta frecuencial 10 del filtro 1 descrito en la presente invención con tres etapas de resonadores de anillos abiertos complementarios, donde se observan los bajos valores de pérdidas en la banda de paso. Un detalle de la mencionada banda de paso se muestra en el gráfico de la figura 2b.

A pesar de que se ha descrito y representado una realización concreta de la presente invención, es evidente que el experto en la materia podrá introducir variantes y modificaciones, o sustituir los detalles por otros técnicamente equivalentes, sin apartarse del ámbito de protección definido por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Filtro para microondas y ondas milimétricas, que comprende un medio de transmisión planar que incluye una tira conductora (7), plano de masa metálico (5) y substrato dieléctrico (3), **caracterizado** por el hecho de que comprende por lo menos una etapa consistente en un resonador de anillos abiertos, un elemento para el control del ancho de banda de tal etapa y un elemento de acoplamiento entre etapas.

2. Filtro según la reivindicación 1, **caracterizado** por el hecho de que dicho medio de transmisión planar está basado en líneas de transmisión convencionales (microtira, coplanar, cinta) o variantes de las mismas.

3. Filtro según las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado** por el hecho de que el/los resonadores de anillos abiertos son complementarios y están grabados en el plano de masa metálico (5) o bien en la tira conductora (7).

4. Filtro según la reivindicación 3, **caracterizado** por el hecho de que existen uniones metálicas entre la tira conductora (7) y el plano de masa metálico (5) y elementos de acoplamiento entre etapas resonadoras que consisten en gaps capacitivos (6) grabados en la tira conductora (7) o bien líneas de transmisión de anchura y/o longitud eléctrica controlable, comportándose como filtro pasa banda de ancho de banda controlable.

5. Filtro según las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado** por el hecho de que el/los resonadores de anillos abiertos son metálicos y están grabados de manera que se produzca acoplamiento magnético entre la tira conductora y tales resonadores de anillos abiertos metálicos.

6. Filtro según la reivindicación 5, **caracterizado** por el hecho de que existen gaps capacitivos (6) en la tira conductora (7) y elementos de acoplamiento entre etapas resonadoras que consisten en uniones metálicas entre la tira conductora (7) y el plano de masa metálico (5) o bien líneas de transmisión de anchura y/o longitud eléctrica controlable, comportándose como filtro pasa banda de ancho de banda controlable.

7. Filtro según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por el hecho de que los anillos abiertos son de geometría circular o poliédrica, presentan una pluralidad de aberturas y o elementos metálicos grabados en uno o más niveles de metal.

8. Filtro según las reivindicaciones 1, 2, 3, 4, 5 o 6, **caracterizado** por el hecho de que los anillos abiertos poseen las aberturas de cada anillo en la misma posición y se encuentran topológicamente conectados de forma cruzada en las aberturas, obteniéndose la topología correspondiente a una espiral.

Fig.1a

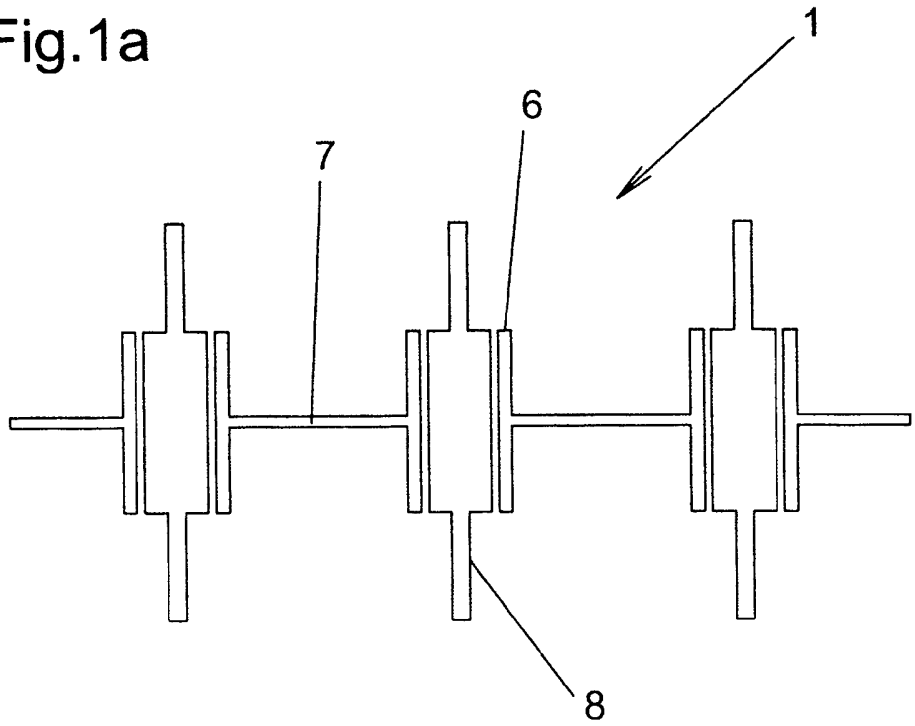


Fig.1b

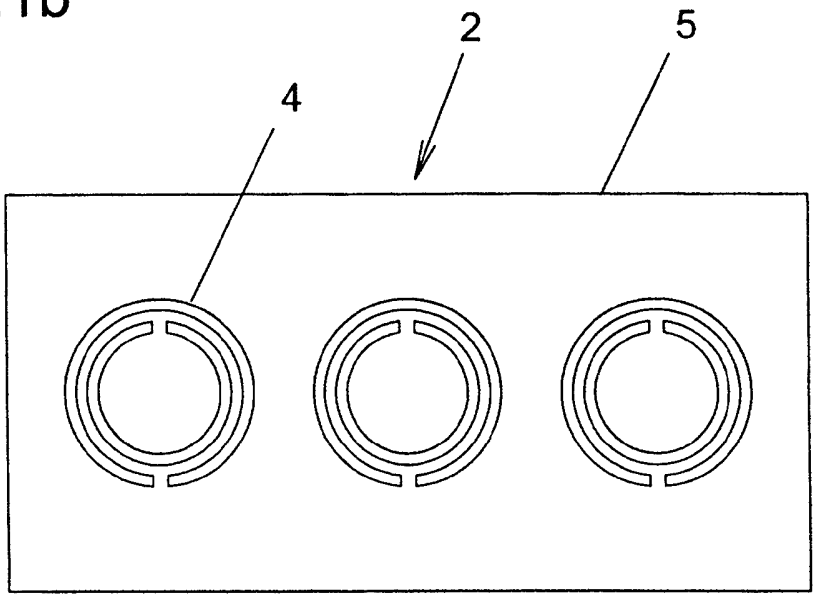


Fig.1c

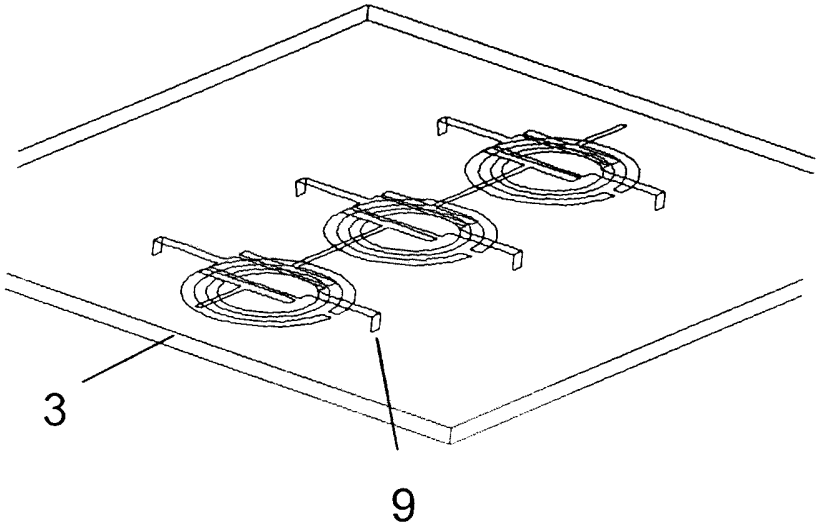


Fig.2a

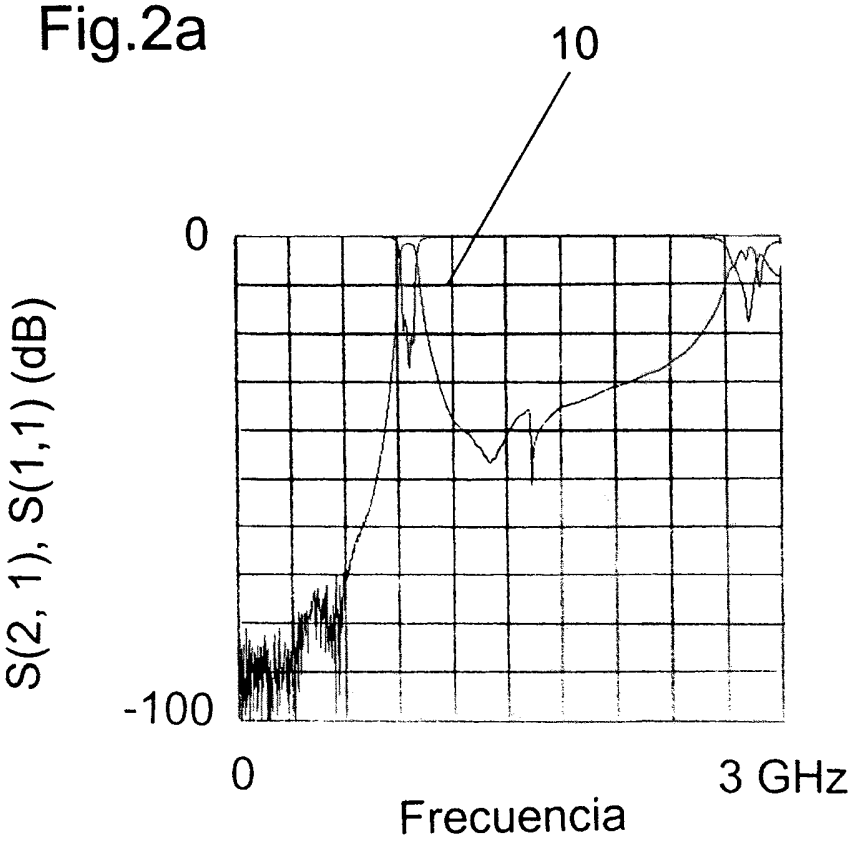
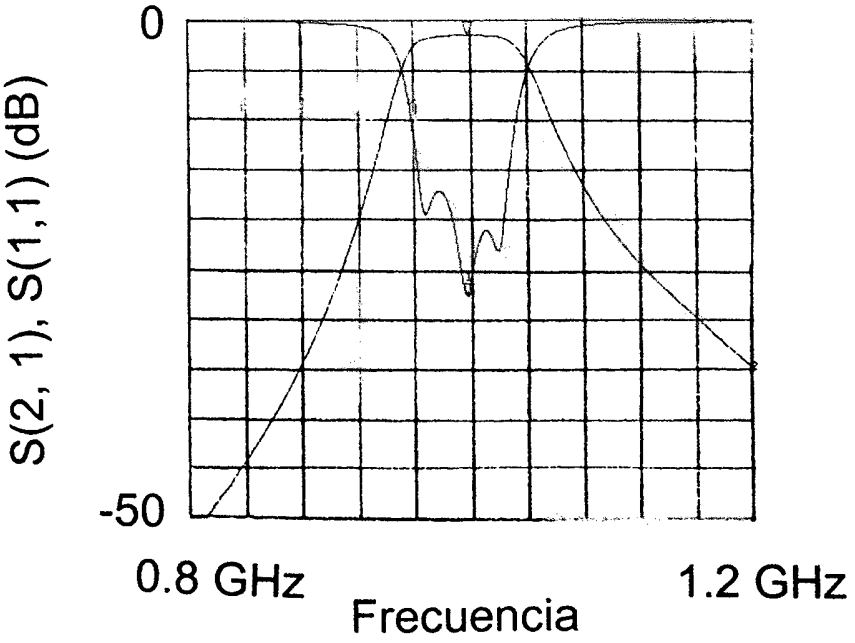

10
0
-100
S(2, 1), S(1,1) (dB)
0
3 GHz
Frecuencia

Fig.2b


0
-50
S(2, 1), S(1,1) (dB)
0.8 GHz
1.2 GHz
Frecuencia

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) ES 2 272 145

(21) Nº de solicitud: 200403096

(22) Fecha de presentación de la solicitud: **28.12.2004**

(32) Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

(51) **Int. Cl.:** ***H01P 1/203*** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 6825742 B1 (LUQUE) 30.11.2004, todo el documento.	1-8
A	US 5057803 A (OOI et al.) 15.10.1991, todo el documento.	1-8
A	US 6157274 A (TADA et al.) 05.12.2000, todo el documento.	1-8
A	WO 2004105175 A1 (THE CIRCLE FOR THE PROMOTION OF SCIENCE AND ENGINEERING) 02.12.2004, resumen; figuras. Recuperado de: Base de datos EPOQUE.	1-8

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	Examinador	Página
29.03.2007	J. Botella Maldonado	1/1