

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 531 940**

51 Int. Cl.:

H01P 1/207 (2006.01)

H01P 1/211 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.01.2009 E 09703203 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.12.2014 EP 2244330**

54 Título: **Filtro de paso bajo para señales electromagnéticas**

30 Prioridad:

21.01.2008 ES 200800127

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

20.03.2015

73 Titular/es:

**TESAT-SPACECOM GMBH & CO. KG (100.0%)
Gerber Strasse 49
71522 Backnang , DE**

72 Inventor/es:

**ARREGUI PADILLA, IVÁN;
ARNEDO GIL, ISRAEL;
LOPETEGUI BEREGAÑA, JOSÉ MARÍA;
GOMEZ LASO, MGUEL ANGEL y
MARCOTEGUI ITURMENDI, JOSÉ ANTONIO**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 531 940 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

Filtro de paso bajo para señales electromagnéticas

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere al tratamiento de señales electromagnéticas, proponiendo un filtro de paso bajo en una guía de ondas o línea de transmisión con un ancho de banda de rechazo grande y con características de diseño que permiten una alta potencia y una longitud reducida del dispositivo.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Existen técnicas de guías de ondas y de líneas de transmisión para diseñar dispositivos para el tratamiento de la frecuencia de señales electromagnéticas (filtros de microondas, redes de adaptación de impedancias y estructuras de acoplamiento; Matthai, Young and Jones; Artech House 1980, secciones 9 y 12), entre los que pueden señalarse los tipos de dispositivos siguientes:

15

- Filtros de pasabanda, basados en el uso de adaptadores de derivación denominados *stubs* de longitud $\lambda_g/2$ (en donde λ_g es la velocidad de fase dividida por la frecuencia de diseño) con una separación $\lambda_g/4$ entre ellos (Componentes de guías de ondas para sistemas de alimentación de antenas: Teoría y CAD; Uher, Bornemann y Rosemberg, Artech House, 1993, páginas 185-189).

20

- Filtros de rechazo de bandas, basados en el uso de adaptadores de derivación *stubs* de longitud $\lambda_g/4$ con una separación de $\lambda_g/4$ entre sí (componentes de guías de ondas para sistemas de alimentación de antenas: Teoría y CAD; Uher, Bornemann y Rosemberg, Artech House, 1993, páginas 185-189).

25

- Filtros de paso bajo del tipo ondulado para guías de ondas (componentes de guías de ondas para sistemas de alimentación de antenas: Teoría y CAD; Uher, Bornemann y Rosemberg, Artech House, 1993, páginas 200 - 207). Dichos filtros están estructurados como deformaciones u ondulaciones de la pared tubular del filtro. Aunque estos filtros se refieren como de paso bajo, todos los filtros de guías de ondas presentan la particularidad de que solamente permiten la transmisión de señales cuya frecuencia es mayor que una frecuencia determinada, referida como la frecuencia de corte. Para el caso concreto de la guía de ondas que presenta una sección rectangular, esta frecuencia de corte se determina (de forma analítica) por la anchura de la guía. Por ese motivo, incluso los así denominados filtros de paso bajo de guías de onda presentan un comportamiento funcional de pasabanda, de modo que la frecuencia inferior de la pasabanda se controla variando la frecuencia de corte de la guía.

30

35

El problema principal de los filtros de paso bajo diseñados con la técnica de filtros ondulados clásica es que la respuesta de paso bajo se mantiene tan larga como si se tratase de un funcionamiento en modo operativo único, es decir, cuando solamente el modo fundamental, que es el primero de los que pueden propagarse a través de la guía de onda, se propaga por intermedio del filtro.

40

Por lo tanto, si han de rechazarse las altas frecuencias en las guías de onda que tengan una sección rectangular (a modo de ejemplo, hasta el tercer armónico de la banda de paso), solamente es posible realizar esta operación con filtros más complejos tales como filtros de planchas calientes acanaladas (descrito, a modo de ejemplo, en la patente de Estados Unidos US 6285267) y concretamente diseñados para dicha función. Sin embargo, los diseños de planchas calientes acanaladas requieren la presencia de muy pequeñas separaciones físicas (separación en altura entre las paredes de la guía en el interior) de modo que solamente una cantidad reducida de potencia pueda pasar a través de ellas. Además, estos filtros de planchas calientes acanaladas necesitan tener una longitud relativamente larga con el fin de conseguir una transición brusca entre la banda de paso (gama de frecuencias que puede pasar a través de la guía) y la banda de rechazo (gama de frecuencias que la guía no permite pasar a través de ella).

45

50

En este sentido, la patente de los Estados Unidos US 2007024394 describe un dispositivo que está formado a partir de un filtro de paso bajo ondulado de alta potencia (que no permite rechazar hasta el tercer armónico), a cuya salida se añade una estructura basada en el fenómeno de reflexión de Bragg (dicho fenómeno explica que sea posible rechazar una frecuencia con un periodo adecuado en la perturbación que se realiza en la guía). De este modo, es posible rechazar hasta el tercer armónico, lo mismo que podría conseguirse con un diseño de plancha caliente acanalada, pero con una separación bastante alta en la estructura completa con el fin de permitir el paso de una gran cantidad de potencia. Sin embargo, la concatenación de las dos estructuras suele dar lugar a dispositivos de gran longitud. En este sentido, aunque sea posible considerar el rechazo de las bajas frecuencias también con la reflexión de Bragg y su dispensación por el filtro ondulado, el periodo que tendría que utilizarse en la estructura de Bragg sería largo y, con el fin de preservar las buenas características de frecuencias por un número suficiente de periodos, la longitud de la estructura de Bragg tendría que ser muy grande.

55

60

El documento DE 1 566 027 se refiere a un filtro para una guía de ondas con una serie de zonas rebajadas rectangulares de diferentes longitudes que forman una separación estrecha entre ellos.

65

El documento US 2006/0028296 A1 se refiere a un duplexor de guías de onda con un filtro de transmisión formado, de manera similar, a la del filtro del documento DE 1 566 027.

5 SUMARIO DE LA INVENCION

Según la invención, un filtro de paso bajo en conformidad con la reivindicación 1 con un ancho de banda de rechazo grande y con características de diseño que permiten que se ofrezca una alta potencia y una longitud reducida del dispositivo.

10 Este filtro, objeto de la invención, está preferentemente estructurado según una guía tubular que presenta una sección rectangular, en donde se determinan una serie continua de elementos de rechazo (elementos de parada), preferentemente utilizando adaptadores de derivación denominados *stubs* (secciones de guía transversales a la dirección de propagación) sin ninguna separación entre ellos a lo largo de la dirección de propagación, de modo que en dichas series de adaptadores de derivación *stubs* se aplica una ventana cuya función está geoméricamente definida por las series de las separaciones máximas de los adaptadores de derivación (envolvente exterior) y por la serie de las separaciones mínimas de dichos adaptadores de derivación (envolvente interior).

20 En la forma de realización del filtro, se determinan tres áreas diferenciadas estructuralmente a través de la guía, en una de las cuales, correspondiente al extremo de entrada del filtro, la envolvente interior disminuye progresivamente, mientras que la envolvente exterior aumenta progresivamente de manera muy ligera. En la segunda área, correspondiente a la parte intermedia de la longitud, la envolvente interior permanece constante, mientras que la envolvente exterior aumenta progresivamente de forma considerable. Y en la tercera área, correspondiente al extremo de salida del filtro, la envolvente interior aumenta progresivamente, mientras que la envolvente exterior disminuye progresivamente en una magnitud muy considerable.

25 Los adaptadores de derivación denominados *stubs* son preferentemente de forma sinusoidal porque las características óptimas del filtro se obtienen así en su rendimiento funcional. Sin embargo, otras formas (rectangular, triangular o incluso definida en puntos) son también posibles para los adaptadores de derivación *stubs* a condición de que funcionen como un elemento de rechazo.

30 Pérdidas de retorno admisibles en la banda de paso (debido a la formación progresiva de ventanas y a la topología suave de los *stubs*), una pendiente muy brusca entre la banda de paso y la banda de rechazo (debido al uso de *stubs* de $\lambda_g/4$) y una muy pequeña longitud total del dispositivo (debido al hecho de que no existe ninguna separación entre los *stubs*) se obtiene con el filtro de paso bajo de la invención.

35 Además, este filtro permite el rechazo de frecuencias hasta el tercer armónico de la banda de paso y al mismo tiempo, tiene perfiles suaves con una separación mínima que es bastante grande para permitir el paso de una gran cantidad de potencia. Además, si la potencia no es un requisito, el dispositivo puede diseñarse en una manera todavía más compacta.

40 En consecuencia, dicho filtro, objeto de la invención, tiene características ventajosas, con la adquisición de su propia identidad y carácter preferido con respecto a filtros convencionales de la misma aplicación.

45 BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 ilustra una vista en sección longitudinal esquemática de una forma de realización del filtro propuesto.

50 La Figura 2 es una ilustración en perspectiva el filtro de la figura anterior.

La Figura 3 es una repren gráfica de la respuesta de frecuencia del filtro propuesto, incluyendo la respuesta de rechazo y la respuesta de transmisión.

55 DESCRIPCION DETALLADA DE LA INVENCION

60 El objetivo de la invención se refiere a un filtro de tipo de paso bajo de guía de ondas previsto para el tratamiento de señales electromagnéticas, para la finalidad de limitar el paso de dichas señales en una banda de frecuencias determinada. Además de bloquear el paso en gamas de frecuencias en las que han fallado otras propuestas, con el filtro propuesto se preservar simultáneamente muy importantes características de uso práctico, tales como el tamaño compacto o la posibilidad de gestionar una alta potencia.

65 Este filtro, objeto de la presente invención, consiste en una guía metálica (1) que presenta una forma tubular rectangular, en las paredes superior e inferior en donde se define longitudinalmente una perturbación con conformaciones de adaptadores (*stubs*) que tienen un perfil sinusoidal (2) quedando consecuentemente situadas una frente a otra, con lo que actúan como elementos de rechazo.

5 Cuando un filtro de paso bajo, tal como el descrito en esta invención, se diseña, el tipo de guía que se utiliza se determina por la aplicación concreta. Una guía de ondas que tenga una sección rectangular se utilizará por lo general, aunque podrían utilizarse también guías de onda que tengan una sección circular o secciones más complejas, tales como la guía de línea de cresta conocida como *ridge*, a modo de ejemplo. Además, será posible utilizar líneas de transmisión, tales como líneas coaxiales, de microbandas, de transmisión de línea de banda denominada *stripline*, etc.

10 Dichos adaptadores *stubs* (2) de las paredes de la guía (1) se definen continuamente sin ninguna separación entre ellas, siendo cada uno de estos adaptadores *stubs* (2) de longitud ($h = \lambda_g/4$) entre la parte de máximos y la parte de mínimos, en donde λ_g es una velocidad de fase dividida por una frecuencia de diseño.

Determinado en los adaptadores *stubs* citados (2), existe una configuración de perfil variable, que suele definir, en el conjunto longitudinal de la guía (1), tres áreas diferenciadas (A, B, C) de modo que:

- 15 - En el área (A), correspondiente al extremo de entrada del filtro, disminuye progresivamente la envolvente interior, mientras que aumenta progresivamente la envolvente exterior.
- 20 - En el área (B), correspondiente al área intermedia de la longitud, la envolvente interior permanece constante, mientras que la envolvente exterior aumenta progresivamente de manera considerable.
- Y en el área (C) correspondiente al extremo de salida del filtro, aumenta progresivamente la envolvente interior, mientras que la envolvente exterior disminuye progresivamente en una magnitud muy considerable.

25 En esta disposición, cada adaptador *stub* (2) refleja una frecuencia que se determina por la longitud de estos elementos de rechazo, de modo que con la variación de sus diferentes alturas, los adaptadores *stubs* (2) de la guía (1) permiten rechazar diferentes frecuencias, evitando su propagación a través de la estructura del filtro. Además, esta frecuencia de rechazo puede modificarse también variando la posición relativa del adaptador *stub* con respecto a la altura de puerto de la guía y la anchura de la base del adaptador *stub* (distancia entre dos separaciones consecutivas mínimas).

30 De este modo, un filtro puede configurarse con una banda de rechazo amplia que permite eliminar todas las frecuencias hasta el tercer armónico de la banda de paso y que puede rechazar incluso más altas frecuencias. Además, la invención presenta, al mismo tiempo, una separación mínima (g) que es suficientemente alta y perfiles suaves para permitir el paso de una gran cantidad de energía. Todo lo que antecede se consigue con una longitud total reducida en comparación con otras soluciones disponibles.

35 El área intermedia (B) del conjunto longitudinal del filtro está constituida por una serie de adaptadores *stubs* (2) de diferentes longitudes (h) que causan el rechazo de diferentes frecuencias, determinando la banda de rechazo del filtro. El dispositivo de los adaptadores *stubs* que forman la parte intermedia de este dispositivo se determina por las especificaciones de la banda de rechazo a conseguirse.

40 Las áreas extremas (A y C) definen, a su vez, sectores de ventanas de adaptadores *stubs* (2) que permiten obtener buenas pérdidas de retorno en la banda de paso (baja reflexión hacia el puerto de entrada), mientras que, al mismo tiempo, permiten alcanzar alturas estándar en el puerto de entrada (3) y en el puerto de salida (4) del filtro, para acoplamiento a otros sistemas. Esta formación de ventanas estará en correspondencia con las especificaciones de la banda de paso, siendo, por lo tanto, capaces para ser del tipo Gaussiano, Kaiser, Hanning, Hamming, etc.

45 Aunque, para este caso concreto, el dispositivo final se define por las áreas (A, B y C), esto es, en particular, para la respuesta de frecuencia elegida. Sin embargo, pueden ser otras respuestas de frecuencia para cuyas frecuencias la distribución de los elementos de rechazo puede ser distinta, dando lugar a un dispositivo en el que las zonas anteriormente citadas pueden no estar tan claramente diferenciadas. Por lo tanto, como resultado de la aplicación de esta técnica, una distribución arbitraria de los máximos y de los mínimos de los adaptadores *stubs* (2) puede producirse a través del dispositivo.

50 La configuración sinusoidal de los adaptadores *stubs* (2) simétrica con respecto al eje de propagación es preferida, siendo también capaz de adoptar otras configuraciones similares, tales como forma rectangular (con o sin zonas en escalón), forma triangular o cualquier forma arbitraria que pueda definirse en ese momento, a condición de que funcionen como un elemento de rechazo. Además, cualesquiera de estos elementos de rechazo puede utilizarse también en una forma asimétrica, esto es, la distribución de longitudes de los adaptadores *stubs* (2) de la parte superior no se adaptan con la parte inferior, siendo incluso capaces de dispensar con los *stubs* (2) en uno de ellos.

55 De forma similar, la separación entre los elementos de rechazo será preferentemente nula. Si lo que antecede no es posible debido a la forma de los adaptadores *stubs* (2) o a otras exigencias del diseño, la distancia entre ellos debe ser lo suficientemente pequeña con el fin de obtener un dispositivo compacto.

60 La respuesta de frecuencia de los filtros se define a partir de su coeficiente de reflexión y de su coeficiente de

transmisión, siendo el coeficiente de reflexión la relación entre la potencia introducida en el filtro a través del puerto de entrada (3) y la potencia recibida en el puerto de entrada (3) por sí misma debido a las reflexiones que se producen en el dispositivo. El coeficiente de transmisión es la relación entre la potencia introducida en el filtro a través de puerto de entrada (3) y la potencia recibida en el puerto de salida (4).

5 La Figura 3 ilustra el comportamiento de las frecuencias del filtro de conformidad con la forma de la invención, en donde la línea (R) corresponde al coeficiente de reflexión, en donde es posible observar que hasta 12.5 GHz (gigahertzios) al menos 20 dB (decibelios) menor que lo que se introduce son objeto de reflexión, esto es, se produce muy poca reflexión; pero después de 16.4 GHz, el filtro refleja virtualmente toda la potencia que se introduce.

10 En las mismas condiciones, la línea (T) corresponde al coeficiente de transmisión, en donde es posible observar que hasta 12.5 GHz, prácticamente toda la energía introducida alcanza el puerto de salida (4), mientras que después de 16.4 GHz, 50 dB menos que la potencia que se introduce, se reciben en el puerto de salida, esto es, prácticamente toda la potencia se rechaza en el filtro después de esa frecuencia.

15 Los siguientes parámetros pueden apreciarse, por lo tanto, en la respuesta de frecuencia del filtro:

- 20 - Banda de paso desde 8.2 GHz a 12.5 GHz, correspondiente a la gama de frecuencias del área (5), de modo que las señales que tengan una frecuencia incluida en este margen pueden pasar a través del filtro, siendo esta banda definida por muy bajas pérdidas de inserción (aproximadamente 0 dB) (que se determina por el coeficiente de transmisión) y por muy altas pérdidas de retorno (alrededor de 20 dB) (determinadas por el coeficiente de reflexión).
- 25 - Banda de rechazo desde 16.4 GHz a 37.5 GHz, correspondiente a la gama de frecuencias del área (7), de modo que se rechacen las señales que tienen una frecuencia incluida en este margen.
- 30 - Banda de transición desde 12.5 GHz a 16.4 GHz, correspondiente a la gama de frecuencias del área (6) y que se define como la gama de frecuencias entre la banda de paso y la banda de rechazo.

35 En condiciones ideales, un filtro de paso bajo permite pasar a toda la potencia (pérdida de inserción cero y pérdida de retorno infinita) hasta una frecuencia e inmediatamente después de la frecuencia no permite ningún paso de potencia (pérdida de inserción infinita) de modo que la banda de transición en el filtro ideal tiene una anchura de 0 Hz.

REIVINDICACIONES

- 5 **1.** Un filtro de paso bajo para señales electromagnéticas, diseñado para limitar el paso de gamas de frecuencias a través de una guía de ondas (1),
comprendiendo el filtro de paso bajo una serie de elementos de rechazo, que tienen una pequeña distancia o una distancia nula entre sí, con dichos elementos sintonizados a diferentes frecuencias que terminan la banda de rechazo;
- 10 en donde el filtro de paso bajo comprende paredes superior e inferior, que definen longitudinalmente una perturbación con conformaciones de perfiles, que tienen pequeñas separaciones o separaciones nulas entre sí y que quedan así unos frente a otros, determinando una envolvente interna y una envolvente externa que son variables, de modo que en función de dicha configuración interna y de dicha configuración externa, se determinan tres zonas consecutivas (A, B y C) que tienen un rendimiento funcional diferente en relación con las señales que atraviesan el interior de la guía (1);
- 15 caracterizado por cuanto que la zona longitudinal intermedia (B) está definida con una envolvente interna que permanece constante y con una envolvente externa que aumenta progresivamente.
- 20 **2.** El filtro de paso bajo para señales electromagnéticas según la reivindicación 1, caracterizado por cuanto que los elementos de rechazo están definidos por adaptadores de derivación denominados *stubs* (2), que tienen una forma sinusoidal, rectangular o cualquier otra forma arbitraria, estando en posiciones simétricas, o no, con respecto a la dirección de propagación.
- 25 **3.** El filtro de paso bajo para señales electromagnéticas según la reivindicación 2, caracterizado por cuanto que presenta una distancia de separación mínima entre los adaptadores de derivación *stubs* (2) en la dirección de propagación.
- 30 **4.** El filtro de paso bajo para señales electromagnéticas según la reivindicación 2, caracterizado por cuanto que presenta una distribución arbitraria de los máximos y de los mínimos de los adaptadores de derivación *stubs* (2) a través del dispositivo.
- 35 **5.** El filtro de paso bajo para señales electromagnéticas según la reivindicación 2, caracterizado por cuanto que es utilizable en guías de ondas que tienen una sección rectangular, una sección circular o secciones más complejas, como una guía acanalada, a modo de ejemplo.
- 40 **6.** El filtro de paso bajo para señales electromagnéticas según la reivindicación 1, caracterizado por cuanto que la zona longitudinal (A) correspondiente a la parte de entrada de la extremidad del filtro está definida por una envolvente interna que disminuye progresivamente y por una envolvente externa que aumenta progresivamente, de manera ligera.
- 45 **7.** El filtro de paso bajo para señales electromagnéticas según la reivindicación 1, caracterizado por cuanto que la zona longitudinal (C) correspondiente a la parte de salida de extremidad del filtro se define por una envolvente interna que aumenta progresivamente y por una envolvente externa que disminuye progresivamente, de manera muy considerable.

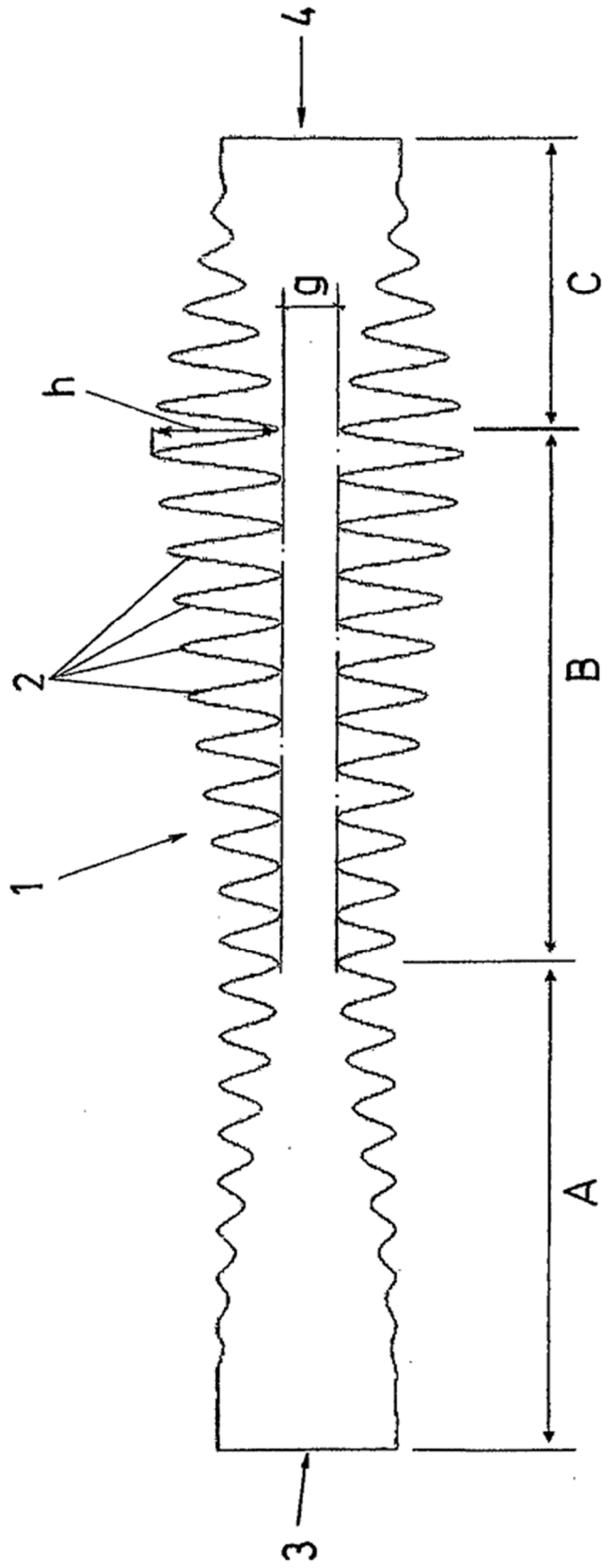


Fig.1

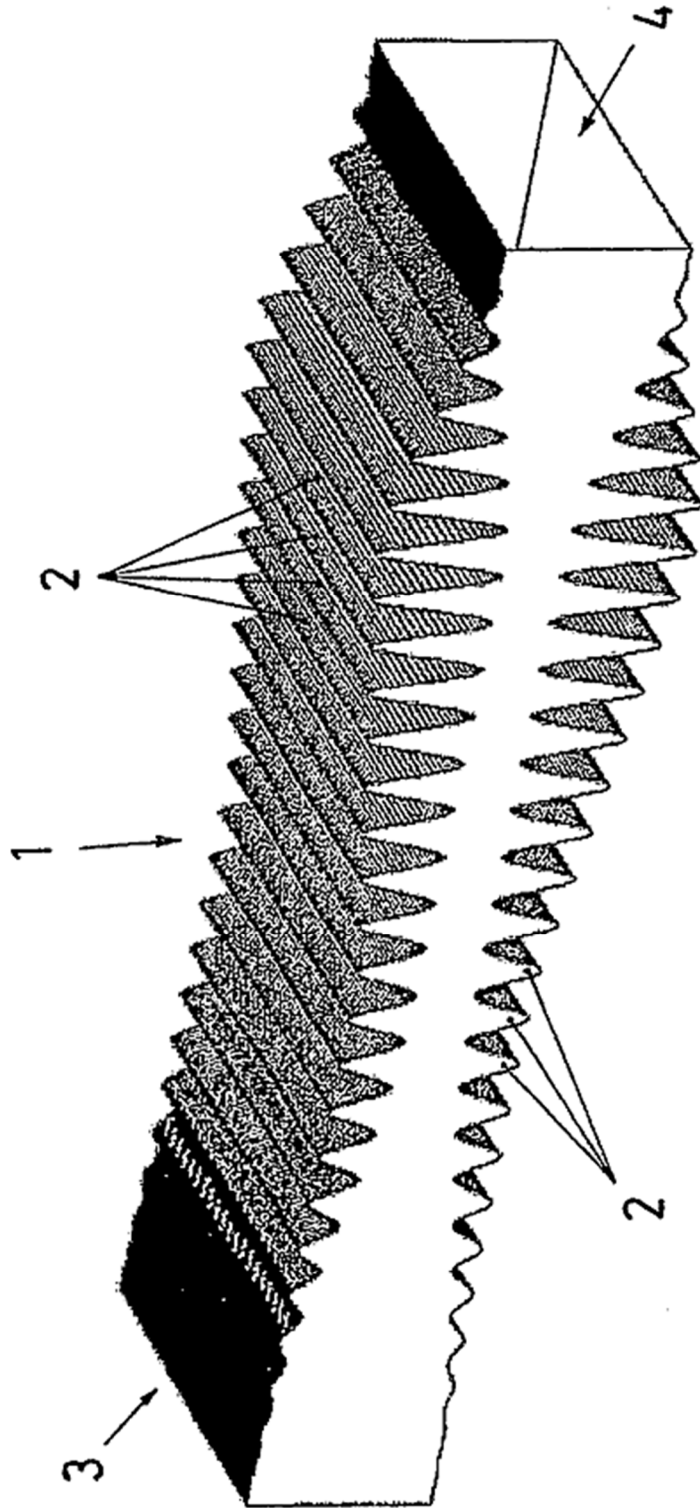


Fig. 2

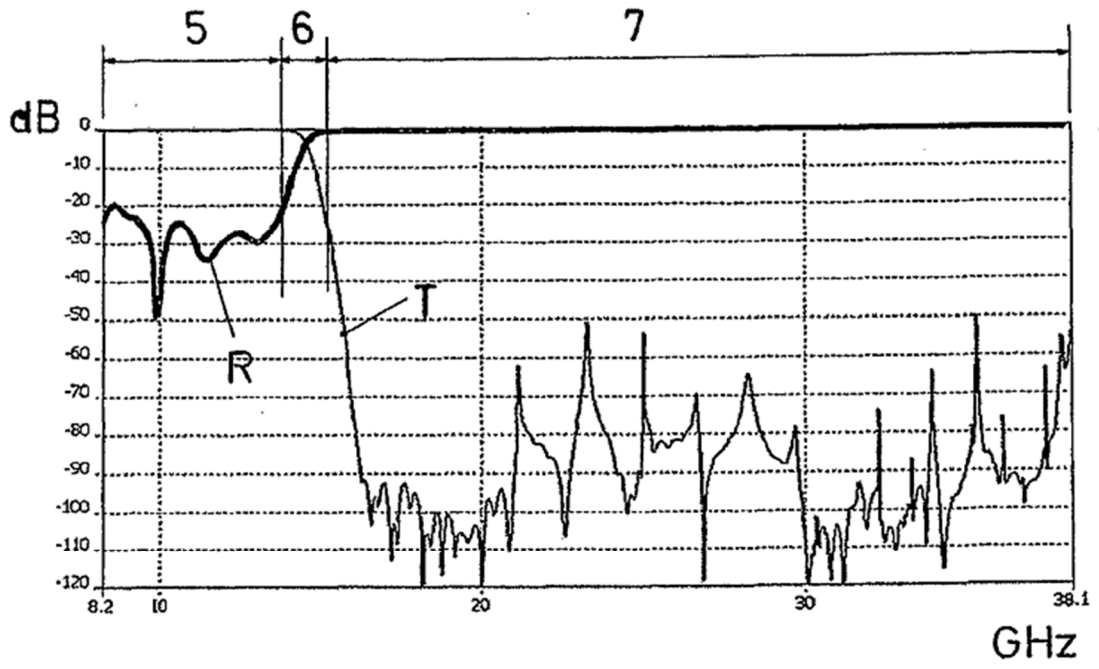


Fig. 3