

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 599 803**

51 Int. Cl.:

H01P 1/208 (2006.01)

H01P 1/207 (2006.01)

H01P 5/02 (2006.01)

H01P 7/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.12.2014** **E 14198053 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.07.2016** **EP 2887450**

54 Título: **Filtro hiperfrecuencia pasa banda sintonizable mediante rotación relativa de una sección de inserto y de un elemento dieléctrico**

30 Prioridad:

20.12.2013 FR 1303030

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

03.02.2017

73 Titular/es:

THALES (33.3%)
45, rue de Villiers
92200 Neuilly Sur Seine, FR;
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE (33.3%) y
CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES
(33.3%)

72 Inventor/es:

EZZEDDINE, HUSSEIN;
PERIGAUD, AURÉLIEN;
TANTOT, OLIVIER;
DELHOTE, NICOLAS;
BILA, STÉPHANE;
VERDEYME, SERGE;
PACAUD, DAMIEN y
ESTAGERIE, LAETITIA

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 599 803 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 hiperfrecuencia pasa banda sintonizable mediante rotación relativa de una sección de inserto y de un elemento dieléctrico

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere al campo de los filtros de frecuencia en el campo de las ondas hiperfrecuencias, tradicionalmente de frecuencias comprendidas entre 1 GHz a 30 GHz. Más particularmente, la presente invención se refiere a los filtros pasa banda sintonizables de frecuencia.

Estado de la técnica

10 La técnica anterior, el documento de los Estados Unidos US 5 796 318 que se considera como el estado de la técnica más próximo divulga un filtro pasa banda con resonadores dieléctricos.

El tratamiento de una onda hiperfrecuencia, por ejemplo recibida por un satélite, necesita el desarrollo de componentes específicos, que permiten la propagación, la amplificación y el filtrado de esta onda.

15 Por ejemplo, una onda hiperfrecuencia recibida por un satélite debe amplificarse antes de enviarse hacia el suelo. Esta amplificación solo es posible separando el conjunto de las frecuencias recibidas en canales, que corresponden cada uno a una banda de frecuencia dada. Entonces, la amplificación se realiza canal por canal. La separación de los canales necesita el desarrollo de filtros pasa banda.

20 El desarrollo de los satélites y la complejidad aumentada del tratamiento de la señal a efectuar, por ejemplo una reconfiguración de los canales en vuelo, ha llevado a la necesidad de implementar unos filtros pasa banda sintonizables de frecuencia, es decir, para los que es posible ajustar la frecuencia central de filtrado habitualmente denominada frecuencia de sintonización del filtro.

Una de las tecnologías conocidas de filtros pasa banda sintonizables en el campo de las ondas hiperfrecuencia es la utilización de componentes semiconductores pasivos, como unos diodos PIN, unas capacidades continuamente variables o unos conmutadores capacitivos. Otra tecnología es la utilización de MEMS (para sistemas microelectromecánicos) de tipo óhmicos o capacitivos.

25 Estas tecnologías son complejas, consumidoras de energía eléctrica y poco fiables. Estas soluciones están igualmente limitadas a la altura de la potencia de señal tratada. Es más, la capacidad de sintonización de frecuencia tiene como consecuencia un deterioro significativo de los rendimientos del filtro, como su factor de calidad Q. Finalmente, las pérdidas RF (banda realizada, "Return Loss", pérdidas de inserción, etc...) se deterioran por el cambio de frecuencia.

30 Por otra parte, se conoce la tecnología de los filtros a base de elementos dieléctricos. Permite realizar unos filtros pasa banda no sintonizables.

35 Estos filtros comprenden tradicionalmente una cavidad al menos parcialmente cerrada, que comprende una pared conductora (tradicionalmente metálica, por ejemplo, de aluminio o de invar) en la que se dispone un elemento dieléctrico, tradicionalmente de forma redonda o cuadrada (el material dieléctrico es tradicionalmente circona, alúmina o BMT).

Un medio de excitación de entrada introduce la onda en la cavidad (por ejemplo, un cable coaxial terminado por una sonda eléctrica o una guía de onda acoplada por un iris) y un medio de excitación de salida de la misma naturaleza permite hacer salir la onda de la cavidad.

40 Un filtro pasa banda permite la propagación de una onda sobre un cierto intervalo de frecuencia y atenúa esta onda para las otras frecuencias. De esta manera, se define una banda pasante y una frecuencia central del filtro. Para unas frecuencias alrededor de su frecuencia central, un filtro pasa banda presenta una transmisión elevada y una reflexión escasa.

La banda pasante del filtro se caracteriza de diferentes maneras siguiendo la naturaleza del filtro.

45 El parámetro S es un parámetro que da cuenta de los rendimientos del filtro en cuanto a reflexión y a transmisión. S11, o S22, corresponde a una medida de la reflexión y S12, o S21, a una medida de la transmisión.

Un filtro realiza una función de filtrado. Esta función puede aproximarse por lo general por medio de unos modelos matemáticos (funciones de Chebychev, de Bessel,...). Estas funciones se fundan por lo general en unas relaciones de polinomios.

50 Para un filtro que realiza una función de filtrado de tipo Chebychev o Chebychev generalizado, la banda pasante del filtro se determina a equidulcación del S11 (o S22), por ejemplo, a 15 dB o 20 dB de reducción de la reflexión con respecto a su nivel fuera de banda. Para un filtro que realiza una función de tipo Bessel, se toma la banda a -3 dB

(cuando S21 cruza S11 si el filtro presenta unas pérdidas insignificantes).

Un filtro comprende tradicionalmente al menos un resonador que comprende la cavidad metálica y el elemento dieléctrico. Un modo de resonancia del filtro corresponde a una distribución particular del campo electromagnético que se excita a una frecuencia particular.

- 5 Con el fin de aumentar su selectividad, es decir, su capacidad para atenuar la señal fuera de la banda pasante, estos filtros pueden estar compuestos por una pluralidad de resonadores acoplados entre sí.

La frecuencia central y la banda pasante del filtro dependen a la vez de la geometría de las cavidades y de los elementos dieléctricos, así como del acoplamiento de los resonadores entre sí, así como de los acoplamientos a los medios de excitación de entrada y de salida del filtro. Unos medios de acoplamientos son, por ejemplo, unas aberturas o hendiduras denominadas iris, unas sondas eléctricas o magnéticas o unas líneas hiperfrecuencia.

10 El filtro deja pasar una señal de la que la frecuencia se sitúa en la banda pasante, pero no obstante la señal está atenuada por las pérdidas del filtro.

La sintonización del filtro que permite obtener unos máximos de transmisión para una banda de frecuencia dada es muy delicada de realizar y depende del conjunto de los parámetros del filtro. Es más, es dependiente de la temperatura.

15 Con el fin de efectuar un ajuste del filtro para obtener una frecuencia central precisa del filtro, las frecuencias de resonancia de los resonadores del filtro pueden modificarse muy ligeramente con la ayuda de tornillos metálicos, pero este procedimiento efectuado de manera empírica es muy costoso en tiempo y solo permite un carácter sintonizable de frecuencia muy escaso, tradicionalmente del orden de algunos %. En este caso, el objetivo no es el carácter sintonizable sino la obtención de un valor preciso de la frecuencia central y se desea obtener una sensibilidad reducida de la frecuencia de cada resonador con respecto a la profundidad del tornillo.

20 La simetría circular o cuadrada de los resonadores simplifica el diseño del filtro.

De manera general, un resonador presente según su geometría uno o varios modos de resonancia caracterizados cada uno por una distribución particular (distinguible) del campo electromagnético que implica una resonancia de la onda hiperfrecuencia en la estructura a una frecuencia particular. Por ejemplo, unos modos de resonancia TE (para Transverse Electric o H en terminología anglosajona) o TM (para Transverse Magnetic o E en terminología anglosajona) que presentan unos ciertos números de máximos de energía marcados por unos índices, pueden excitarse en el resonador a diferentes frecuencias. La figura 1 describe a título de ejemplo las frecuencias de resonancia de los diferentes modos para una cavidad circular vacía en función de las dimensiones de la cavidad (diámetro D y altura A).

30 Para optimizar la compacidad de los filtros, se conocen en la técnica unos filtros resonadores que funcionan en varios modos (tradicionalmente 2 o 3). En particular, se conocen los filtros que funcionan según un modo dual ("dual mode filter" en terminología anglosajona). Estos modos presentan dos polarizaciones X e Y perpendiculares que presentan un reparto distinguible y específico del campo electromagnético en la cavidad: los repartos de los campos electromagnéticos que corresponden a las dos polarizaciones son ortogonales y se deducen uno del otro por una rotación de 90° alrededor de un eje de simetría del resonador.

35 Si la simetría del resonador es perfecta, las dos polarizaciones ortogonales poseen la misma frecuencia de resonancia y no se acoplan. El acoplamiento entre polarizaciones se obtiene rompiendo la simetría, por ejemplo, introduciendo una discontinuidad (perturbación) a 45° de los ejes de polarización X e Y, tradicionalmente con la ayuda de tornillos metálicos.

40 Es más, las frecuencias de resonancia pueden sintonizarse (eventualmente en unas frecuencias diferentes) introduciendo unas discontinuidades (perturbaciones) en los ejes de polarización (X e Y).

De esta manera, las dos polarizaciones X e Y de un modo dual pueden resonar según una misma frecuencia (simetría según los ejes de polarización) o según dos frecuencias ligeramente diferentes (disimetría según los ejes de polarización).

45 De esta manera, los modos duales permiten realizar dos resonancias eléctricas en un elemento resonante único. Pueden utilizarse varios modos que poseen estas distribuciones de campo particulares. Por ejemplo, los modos duales TE_{11 n} (H_{11 n}) son muy utilizados en los filtros con cavidades, puesto que dan lugar a un buen compromiso entre un fuerte factor de calidad (tanto más cuanto que el índice n es grande), un espacio necesario reducido (dividido por 2 empleando unos modos duales) y un aislamiento frecuencial importante con respecto a los otros modos de resonancias (que no se desea acoplar para asegurar el buen funcionamiento del filtro).

Finalidad de la invención

La presente invención tiene como finalidad realizar unos filtros de tipo cavidad con elementos dieléctricos, compactos, sintonizables de frecuencia central y que no presentan los inconvenientes anteriormente citados (factor

de calidad y pérdidas RF deteriorados por el carácter sintonizable, mala resistencia de potencia...).

Descripción de la invención

Para ello, la invención tiene como objeto un filtro pasa banda para onda hiperfrecuencia sintonizable de frecuencia, que comprende al menos un resonador,

- 5 - comprendiendo cada resonador una cavidad que presenta una pared conductora sustancialmente cilíndrica a lo largo de un eje Z y al menos un elemento dieléctrico dispuesto en el interior de la cavidad,
- presentando el resonador resonante en dos polarizaciones perpendiculares respectivamente unos repartos del campo electromagnético en la cavidad que se deducen uno de otro por una rotación de 90°,
- 10 - comprendiendo la pared de la cavidad una sección de inserto enfrentada al elemento que presenta una forma diferente de una sección no situada enfrentada al elemento,
- siendo la sección de inserto y el elemento adecuados para efectuar una rotación uno con respecto a otro según el eje Z para definir al menos una primera y una segunda posiciones relativas que difieren en un ángulo sustancialmente igual a 45° con 20° de aproximación.

15 Según un modo de realización, al menos una forma de entre la forma de la sección de inserto y la forma del elemento comprende al menos dos planos ortogonales de simetría que se cortan según el eje Z.

Ventajosamente, la forma de la sección de inserto y la forma del elemento comprenden cada una al menos dos planos ortogonales de simetría S1, S3, Si1, Si3 que se cortan según el eje Z.

Ventajosamente, la primera posición es tal que los planos de simetría de la sección de inserto coinciden con los planos de simetría del elemento con 10° de aproximación.

20 Según un modo de realización al menos una forma de entre la forma de la sección de inserto y la forma del elemento presenta cuatro planos de simetría S1, S2, S3, S4, Si1, Si2, Si3, Si4, estando dos planos de simetría consecutivos separados en un ángulo de 45° y cortándose según el eje Z.

25 Ventajosamente, al menos una forma de entre la forma de la sección de inserto y la forma del elemento presenta unas concavidades y/o unas convexidades de las que los extremos están situados en las inmediaciones de ejes de simetrías.

Preferentemente, la forma sustancialmente cilíndrica presenta una curva directriz elegida de entre un círculo, un cuadrado.

Preferentemente, un modo de resonancia del resonador es del tipo H113 que presenta tres máximos del campo eléctrico en dicha cavidad a lo largo del eje Z.

30 Como variante, el resonador comprende, además, unos medios de rotación adecuados para realizar dicha rotación.

Según un modo de realización, la sección de inserto es móvil con respecto a la pared conductora.

Preferentemente, la sección de inserto móvil comprende un manguito de ajuste móvil.

Según un modo de realización, el elemento dieléctrico es móvil con respecto a la pared conductora.

35 Ventajosamente, los medios de rotación comprenden una varilla solidaria con el elemento dieléctrico y que comprende un material dieléctrico.

Según un modo de realización, el filtro comprende una pluralidad de resonadores y unos medios de acoplamiento adaptados para acoplar entre sí dos resonadores consecutivos.

Preferentemente, el filtro comprende, además, unos medios de conexión adaptados para igualar las rotaciones respectivas de los medios de rotación de los resonadores.

40 Ventajosamente, los medios de conexión comprenden dicha varilla solidaria con una pluralidad de elementos dispuestos a lo largo de la varilla.

Según otro aspecto, la invención se refiere a un circuito hiperfrecuencia que comprende al menos un filtro según la invención.

45 Otras características, finalidades y ventajas de la presente invención se mostrarán tras la lectura de la descripción detallada que va a seguir y a la vista de los dibujos adjuntos dados a título de ejemplos no limitativos y en los que:

- La figura 1 ilustra los modos de resonancia de una cavidad circular vacía.
- La figura 2 describe un filtro según una variante de la invención según un corte transversal.
- La figura 3 describe un filtro según otra variante de la invención según un corte transversal.
- La figura 4 describe un filtro según una variante preferente de la invención que comprende al menos cuatro

- planos ortogonales de simetría. La figura 4a describe el resonador del filtro según una primera posición P1 y la figura 4b describe el resonador del filtro según una segunda posición P2 relativa.
- La figura 5 describe el filtro de la figura 4 visto en perspectiva. La figura 5a describe el resonador del filtro según una primera posición P1 y la figura 5b describe el resonador del filtro según una segunda posición P2 relativa.
 - 5 - La figura 6 ilustra una variante de forma de sección de inserto y de elemento según la invención (6a posición P1, 6b posición P2).
 - La figura 7 ilustra otra variante de forma de sección de inserto y de elemento según la invención (7a posición P1, 7b posición P2).
 - La figura 8 ilustra otra variante de forma de sección de inserto y de elemento según la invención (8a posición P1, 10 8b posición P2).
 - La figura 9 ilustra las variaciones del campo eléctrico de una polarización resonante en la cavidad del resonador del filtro según la invención.
 - La figura 10 ilustra un filtro que comprende dos resonadores que comprenden cada uno una cavidad y un elemento dieléctrico, estando los resonadores acoplados entre sí con la ayuda de un medio de acoplamiento (figura 10a posición P1, figura 10b posición P2).
 - 15 - La figura 11 ilustra un filtro según la invención que presenta unos medios de entrada y de salida que realizan un acoplamiento lateral.
 - La figura 12 ilustra un filtro que comprende tres resonadores (OK?).
 - La figura 13 ilustra el comportamiento frecuencia del filtro de la figura 10.
 - 20 - La figura 14 describe una segunda variante de la invención según la que el elemento es móvil con respecto a la pared conductora.

Descripción detallada de la invención

La invención consiste en realizar un filtro pasa banda sintonizable de frecuencia central de tipo “modo dual” a partir de una rotación de diferentes elementos que componen el filtro. El filtro comprende al menos un resonador R, comprendiendo cada resonador una cavidad 30 que presenta una pared conductora, tradicionalmente metálica, sustancialmente cilíndrica a lo largo de un eje Z y al menos un elemento dieléctrico dispuesto en el interior de la cavidad.

La figura 2 describe un corte transversal de un resonador R del filtro según la invención en un plano perpendicular al eje Z.

30 El filtro funciona en un modo dual (“dual mode filter”), lo que significa que el resonador resuena en dos polarizaciones perpendiculares denominadas X e Y que presentan respectivamente unos repartos del campo electromagnético en la cavidad 30 que se deducen uno de otro por una rotación de 90°.

Las dos polarizaciones pueden resonar a la misma frecuencia o a unas frecuencias ligeramente diferentes. En este último caso la respuesta de frecuencia del filtro es disimétrica.

35 Por otra parte, la simetría del modo puede romperse ligeramente para acoplar las dos polarizaciones (véase más adelante).

En la cavidad 30 está dispuesto al menos un elemento 21 dieléctrico.

La pared de la cavidad es globalmente cilíndrica pero comprende una sección específica, denominada sección 20 de inserto, situada enfrentada al elemento 21, es decir, que corresponde a la parte de la pared que está sustancialmente “de cara” al elemento en la cavidad 30. La sección 20 de inserto presenta una forma 10 diferente de la forma de una sección de esta misma pared no situada enfrentada al elemento. Preferentemente, es la forma de la pared interior de la cavidad la que presenta una forma específica.

Por ejemplo, en las figuras 2a y 2b, la pared de la cavidad presenta una forma cilíndrica de revolución, pero la forma 10 de la sección de inserto difiere del círculo.

45 La sección 20 de inserto y el elemento 21 son adecuados para efectuar un rotación uno respecto a otro según el eje Z para definir al menos una primera posición P1 relativa y una segunda posición P2 relativa que difiere en un ángulo sustancialmente igual a 45° con 20° de aproximación. La figura 2a describe el resonador según la primera posición P1 y la figura 2b describe el resonador según la segunda posición P2 relativa. El ángulo relativo entre el elemento y la sección de inserto varía en aproximadamente 45° +/-20° entre las dos posiciones. De esta manera, el ángulo relativo está comprendido entre 25° y 65°. Preferentemente, el ángulo relativo está comprendido entre 45° +/-10°, esto es, comprendido entre 35° y 55°.

Los contornos de la sección de inserto y el elemento están adaptados de modo que la primera posición P1 corresponde a una geometría de resonador resonante según una primera frecuencia f1 central y la segunda posición P2 corresponde a una geometría de resonador resonante según una segunda frecuencia f2 central. De esta manera, la rotación relativa del elemento con respecto a la sección de inserto permite modificar la frecuencia central del filtro según la invención, según al menos dos valores de frecuencia f1 y f2 central, lo que está adaptado para unas aplicaciones de tipo “salto de canal”. Un efecto de este tipo se obtiene mediante variación del efecto capacitivo

inducido por la rotación, como se describe más adelante.

De esta manera, un filtro según la invención presenta numerosas ventajas. El filtro es a la vez dual, con todas las ventajas asociadas como la compacidad, y sintonizable. Los rendimientos RF no se deterioran sustancialmente por el cambio de frecuencia y el factor de calidad Q tampoco se deteriora sustancialmente comparado con los obtenidos tradicionalmente con unas cavidades resonantes, entre otros debido al impacto limitado del elemento 21 dieléctrico sobre las pérdidas del filtro. Tradicionalmente, se obtiene un factor $Q > 10.000$ para un filtro según la invención, mientras que las otras soluciones de sintonización conocidas, o bien no son aplicables para la realización de un filtro de modo dual, o bien deterioran en gran manera las pérdidas con respecto a un filtro sin elemento de sintonización.

Además, presenta una banda estrecha (véase más adelante un ejemplo de rendimiento en función de la frecuencia). Es más, el filtro es capaz de soportar una señal hiperfrecuencia de potencia elevada, tradicionalmente superior a 150 W. Estos niveles de resistencia de potencia son totalmente inviables con unos componentes semiconductores o unos MEMS.

Según un modo de realización, cuando una sola de las dos formas presenta dos planos de simetrías ortogonales, la forma que presenta estos planos es fija.

Preferentemente, el resonador del filtro según la invención comprende, además, unos medios de rotación adecuados para realizar la rotación.

Preferentemente, un filtro según la invención presenta una sección de inserto o un elemento que presenta unas propiedades de simetría particular que permiten que el filtro cumpla de manera óptima la función deseada.

De esta manera, al menos una forma de entre la forma 10 de la sección 20 de inserto y la forma 11 del elemento 21 comprende al menos dos planos ortogonales de simetría que se cortan según el eje Z.

En la figura 2 a título de ejemplo es la forma 11 del elemento 21, es decir, el contorno exterior del elemento según una sección perpendicular al eje Z, la que comprende al menos dos planos ortogonales de simetría $Si1$ y $Si3$, que se cortan según el eje Z, esquematizados según dos rectas en trazos continuos en los esquemas en corte de las figuras 2a y 2b. El ángulo de rotación puede estar referenciado, por ejemplo, con respecto a los ejes $S1$ y $Si1$, pero es el ángulo relativo entre el elemento y la sección de inserto el que varía en aproximadamente $45^\circ \pm 20^\circ$ entre las dos posiciones.

La figura 3 (figuras 3a y 3b) ilustra otra variante de geometría de la forma 10 de la sección 20 de inserto y de la forma 11 del elemento 21. La figura 3a describe el resonador según la primera posición $P1$ y la figura 3b describe el resonador según la segunda posición $P2$ relativa.

En la figura 3 la forma 10 de la sección 20 de inserto, es decir, el perímetro de la pared según una sección enfrentada al elemento (preferentemente el perímetro interior) comprende al menos dos planos ortogonales de simetría $S1$ y $S3$ que se cortan según el eje Z, esquematizados según dos rectas punteadas en los esquemas en corte de las figuras 3a y 3b. Se entiende por forma 10 de la sección de inserto la forma global, haciendo abstracción de los elementos de ajuste fino, como unos tornillos a 45° (no representados), que introducen localmente una ligera disimetría para acoplar las dos polarizaciones entre sí.

En este ejemplo la forma 21 del elemento 11 presenta igualmente dos planos de simetrías $Si1$ y $Si3$. De esta manera, según esta variante la forma 10 de la sección 20 de inserto y la forma 11 del elemento 21 comprenden cada una al menos dos planos ortogonales de simetría, ($S1$, $S3$) y ($Si1$, $Si3$) respectivamente, que se cortan según el eje Z.

Según una variante preferente, para una optimización más cómoda de los diferentes elementos del filtro, la primera posición $P1$ es tal que los planos de simetría $S1$ y $S3$ de la sección 20 de inserto coinciden con los planos de simetría $Si1$ $Si3$ del elemento 21 con 10° de aproximación, como se ilustra en la figura 3.

Según una variante preferente, ilustrada en las figuras 4 y 5, la forma 10 de la sección 20 de inserto y/o la forma 11 del elemento 21 presenta cuatro planos de simetría denominados $S1$, $S2$, $S3$ y $S4$ para la sección de inserto y $Si1$, $Si2$, $Si3$ y $Si4$ para el elemento, estando dos planos de simetría consecutivos separados en un ángulo de 45° y cortándose según el eje Z. Esta geometría permite igualmente un cálculo de optimización del filtro de modo dual más sencillo y más rápido, con un diseño simplificado de la estructura del filtro.

Como se ilustra en la figura 4, para la variante según la que para la posición $P1$ los planos de simetría coinciden, durante una rotación de 45° para la posición $P2$, todavía hay coincidencia ya que los planos consecutivos están separados en un ángulo de 45° .

Por ejemplo, según $P1$:

$$S1=Si1; S2=Si2; S3=Si3; S4=Si4.$$

Según $P2$, para una rotación de 45° de la sección de inserto, esto es los planos $S1$ a $S4$.

S1= Si2; S2=Si3; S3=Si4; S4=Si1.

La figura 4 es una vista en corte perpendicularmente al eje Z y la figura 5 una vista en perspectiva que permite visualizar la sección 20 de inserto. Las figuras 4a y 5a describen el resonador R según la primera posición P1 y las figuras 4a y 4b describen el resonador R según la segunda posición P2 relativa.

- 5 Las Figuras 4 y 5 ilustran igualmente una primera variante en la que es la sección 20 de inserto la que es móvil con respecto al elemento 21. Preferentemente, la sección de inserto es igualmente móvil con respecto a la pared 50 conductora del resonador R, con el fin de conservar la continuidad de la pared 50. Una sección de inserto móvil en rotación se dispone entonces en el interior de la cavidad 30. La forma de la sección de inserto se obtiene mediante añadido de partes 51 metálicas (que son, por ejemplo, unas convexidades considerando estas superficies desde el interior de la cavidad), a lo largo de la sección, modificando localmente estas partes, aquí disminuyendo localmente, en las regiones enfrentadas al elemento, el diámetro de la cavidad y, por lo tanto, la distancia entre el elemento y la pared 50 metálica. Por ejemplo, la sección de inserto corresponde a un manguito de ajuste hecho móvil. Siguiendo el ángulo azimutal, el radio del manguito es variable de modo que la perturbación vista por las 2 polarizaciones X e Y es diferente en las posiciones P1 y P2 (véase más abajo).
- 10
- 15 Por ejemplo, el manguito de ajuste se hace móvil con la ayuda de una junta que gira con el fin de retener la continuidad eléctrica entre la parte fija y la parte móvil.

En la figura 5 en perspectiva, la estructura del elemento y de la sección de inserto según la dirección Z es homogénea. Esta homogeneidad corresponde a un modo de realización preferente porque es más sencillo de realizar, pero la estructura en Z podría ser variable igualmente.

- 20 Una superficie cilíndrica se define mediante una curva directriz descrita por una recta denominada generatriz del cilindro. La curva directriz de la pared del filtro según la invención es preferentemente un círculo o un cuadrado, por razones de simetría intrínseca de este tipo de cavidad y de facilidad de diseño y de fabricación.

- 25 Un modo dual se establece preferentemente según ciertos modos particulares de cavidad, que corresponden, por lo tanto, a unos modos de realización preferentes de la invención. Un ejemplo es el modo de tipo TE_{11n} (o H_{11n} en terminología anglosajona), correspondiendo n al número de variaciones del campo eléctrico (mínimos o máximos) según el eje Z de la cavidad. Según un modo de realización preferente, n=3, correspondiendo este caso a un compromiso entre espacio necesario y rendimientos eléctricos (pérdidas y aislamiento de frecuencia).

- 30 Las figuras 6, 7 y 8 ilustran unas variantes de formas 10 de sección de inserto y de elemento 11 y de rotación relativa de uno con respecto a otro de un resonador según la invención. En la figura 8 unas concavidades 80 (vistas desde el interior de la cavidad) aumentan localmente la distancia entre el elemento y la pared metálica.

- 35 Para respetar las condiciones de simetría obteniendo al mismo tiempo una variación del efecto capacitivo, según un modo de realización la forma de la sección de inserto y/o la forma del elemento presenta unas concavidades y/o unas convexidades de las que los extremos están situados en las inmediaciones de ejes de simetrías del resonador. Para la sección de inserto: en las inmediaciones de los planos de simetría (S1, S2, S3, S4). Para el elemento: en las inmediaciones de los planos de simetría (Si1, Si2, Si3, Si4). Este modo de realización es compatible, por supuesto, con un sistema que solo comprende dos planos de simetría, como se ilustra en las figuras 2 y 3.

Además, por supuesto, no es necesario que existan unas concavidad/convexidad en las inmediaciones de cada eje de simetría, siendo la limitación respetar la condición de simetría.

- 40 La figura 9 ilustra las variaciones del campo eléctrico de una de las polarizaciones (X o Y) resonante en la cavidad del resonador de las figuras 4-5. La figura 9a describe el resonador R según la primera posición P1 relativa y la figura 9b describe el resonador R según la segunda posición P2 relativa, para la que la sección 20 de inserto ha efectuado una rotación de 45° con respecto al elemento 21.

Las zonas punteadas referenciadas como 90 ilustran las zonas para las que el campo eléctrico presenta unos máximos.

- 45 Para la primera posición P1, el campo eléctrico está concentrado entre las puntas del elemento y las convexidades/excrecencias 51 de la sección de inserto. Para la segunda posición P2 este campo eléctrico está concentrado entre las aristas del elemento y las convexidades 51.

- 50 La modificación de la frecuencia de resonancia del filtro se obtiene mediante variación del efecto capacitivo entre el inserto 21 y la sección 20 de inserto. De hecho, es posible modelizar el comportamiento frecuencial de un resonador mediante un circuito eléctrico equivalente: una asociación paralela resistencia-capacidad-inductancia (resonador RLC). Este circuito posee una frecuencia de resonancia función del producto L.C. Cuando se juega con el efecto capacitivo, el valor de la capacidad varía, implicando una variación de la frecuencia de resonancia.

El efecto capacitivo inducido por la presencia de un elemento dieléctrico es función de su geometría y de las características del material que lo compone (permitividad dieléctrica), pero también del modo de resonancia (en

particular de la distribución asociada del campo electromagnético). En función del modo (o de la polarización para un modo dual), el campo electromagnético solo está influenciado por una parte del elemento. Una variación de la forma del elemento en unas zonas de fuerte amplitud del campo eléctrico modifica el efecto capacitivo del resonador. El contraste obtenido sobre el efecto capacitivo se maximiza cuando esta variación está localizada sobre unos máximos de campo eléctrico. En el caso de un filtro de modo dual, el efecto deber ser globalmente el mismo en cada polarización para obtener el mismo desfase de frecuencia para las dos polarizaciones.

Como variante, el filtro comprende una pluralidad de resonadores y unos medios de acoplamiento adaptados para acoplar entre sí dos resonadores consecutivos.

La figura 10 (figura 10a posición P1, figura 10b posición P2) ilustra un filtro 100 que comprende dos resonadores R1 y R2 que comprenden cada uno una cavidad 102 y 103 y un elemento 106, 107 dieléctrico, estando los resonadores acoplados entre sí con la ayuda de un medio 101 de acoplamiento, aquí un iris. Unos medios 104 y 105 de entrada y de salida respectivamente permiten que la onda hiperfrecuencia penetre y salga respectivamente del filtro.

La pared 50 metálica cilíndrica es común en este ejemplo para las dos cavidades y el acoplamiento se realiza por el fondo. Pero el filtro según la invención es compatible, por supuesto, con un acoplamiento lateral, como se ilustra en la figura 11.

El filtro 100 de la figura 10 comprende dos cavidades, cada una resonante en dos polarizaciones y, de esta manera, constituye un filtro llamado "4 polos".

Por supuesto, la invención es compatible con 3 cavidades (o más), que permiten obtener una banda pasante más estrecha, como se ilustra en la figura 12.

Un ejemplo de comportamiento frecuencial del filtro de la figura 10 se ilustra en la figura 13 (figura 13a posición P1, figura 13b posición P2). El modo dual es de tipo H113 y los parámetros del filtro de este ejemplo son:

Longitud total: 90 mm; diámetro del cilindro 27 mm; utilización de un manguito de ajuste móvil; elemento dieléctrico de Alúmina (permitividad 9,4) de forma cuadrada de lado 12 mm x 12 mm y de espesor según Z de 4 mm. Las curvas 111 y 112 (trazo continuo) corresponden a las curvas de tipo S11 (reflexión del filtro) y las curvas 113 y 114 (trazo punteado) a las curvas de tipo S21 (transmisión del filtro). Entre las dos posiciones P1 y P2 se constata una variación de aproximadamente 150 MHz (1,5 %) de la frecuencia de resonancia.

Según una segunda variante de la invención ilustrada en la figura 14 (figura 14a posición P1, figura 14b posición P2) el elemento es móvil con respecto a la pared conductora y con respecto a la sección de inserto que es fija. En este ejemplo los medios de rotación comprenden una varilla 120 de material dieléctrico solidaria con el elemento o con una pluralidad de elementos cuando la estructura de las cavidades lo permite, como en la figura 12. De hecho, en la figura 12 el acoplamiento se realiza por el fondo, de esta manera los elementos sucesivos se encuentran alineados según un mismo eje y, por lo tanto, pueden ser todos solidarios con una misma varilla. Esta geometría presenta la ventaja de que permite el control del conjunto de las rotaciones de la pluralidad de elementos con un mismo elemento. Esta geometría es compatible, por supuesto, con un acoplamiento lateral, en lugar de por el fondo como se ilustra en la figura 14.

En un modo de realización el filtro comprende, además, unos medios de conexión adaptados para igualar las rotaciones respectivas de los medios de rotación de los resonadores.

Para la segunda variante en la que los elementos son móviles y solidarios con una misma varilla 120, la varilla es igualmente un medio de conexión. Los medios de rotación pueden comprender igualmente un motor paso a paso para controlar la rotación de los elementos, en el caso en que debe efectuarse una reconfiguración del filtro en vuelo por ejemplo.

Según otro aspecto la invención tiene igualmente como objeto un circuito hiperfrecuencia que comprende al menos un filtro según la invención.

REIVINDICACIONES

1. Filtro (100) pasa banda para onda hiperfrecuencia sintonizable de frecuencia, que comprende al menos un resonador (R, R1, R2),
 - 5 - comprendiendo cada resonador una cavidad (30, 102, 103) que presenta una pared (50) conductora sustancialmente cilíndrica a lo largo de un eje Z y al menos un elemento (21, 106, 107) dieléctrico dispuesto en el interior de la cavidad,
 - resonando dicho resonador en dos polarizaciones (X, Y) perpendiculares que presentan respectivamente unos repartos del campo electromagnético en la cavidad que se deducen uno de otro por una rotación de 90°,
 - 10 - comprendiendo la pared (50) de la cavidad una sección (20) de inserto enfrentada a dicho elemento (21, 106, 107) que presenta una forma (10) diferente de una sección no situada enfrentada al elemento,
 - siendo la sección (20) de inserto y el elemento (21, 106, 107) adecuados para efectuar una rotación uno con respecto a otro según el eje Z para definir al menos unas posiciones (P1) primera y (P2) segunda relativas que difieren en un ángulo sustancialmente igual a 45° con 20° de aproximación.
- 15 2. Filtro según la reivindicación 1, en el que al menos una forma de entre la forma (10) de la sección (20) de inserto y la forma (11) del elemento (21) comprende al menos dos planos ortogonales de simetría (S1, S3), (Si1, Si3) que se cortan según el eje Z.
3. Filtro según una de las reivindicaciones 1 o 2, en el que la forma (10) de la sección (20) de inserto y la forma (11) del elemento (21) comprenden cada una al menos dos planos ortogonales de simetría (S1, S3), (Si1, Si3) que se cortan según el eje Z.
- 20 4. Filtro según la reivindicación 3, en el que la primera posición (P1) es tal que dichos planos de simetría (S1, S3) de la sección (20) de inserto coinciden con dichos planos de simetría (Si1, Si3) del elemento con 10° de aproximación.
5. Filtro según una de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos una forma de entre la forma (10) de la sección de inserto y la forma (11) del elemento presenta cuatro planos de simetría (S1, S2, S3, S4), (Si1, Si2, Si3, Si4), estando dos planos de simetría consecutivos separados en un ángulo de 45° y cortándose según el eje Z.
- 25 6. Filtro según una de las reivindicaciones 2 a 5, en el que al menos una forma de entre la forma (10) de la sección de inserto y la forma (11) del elemento presenta unas concavidades y/o unas convexidades (51, 80) cuyos extremos están situados en las inmediaciones de los ejes de simetría (S1, S2, S3, S4), (Si1, Si2, Si3, Si4).
7. Filtro según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la forma sustancialmente cilíndrica presenta una curva directriz elegida de entre un círculo, un cuadrado.
- 30 8. Filtro según una de las reivindicaciones anteriores, en el que un modo de resonancia del resonador es del tipo H113 que presenta tres máximos del campo eléctrico en dicha cavidad a lo largo del eje Z.
9. Filtros según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el resonador comprende, además, unos medios de rotación adecuados para realizar dicha rotación.
- 35 10. Filtro según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la sección de inserto es móvil con respecto a la pared conductora.
11. Filtro según la reivindicación 10, en el que la sección de inserto móvil comprende un manguito de ajuste móvil.
12. Filtro según una de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el elemento dieléctrico es móvil con respecto a la pared conductora.
- 40 13. Filtro según la reivindicación 9, en el que dichos medios de rotación comprenden una varilla (120) solidaria con el elemento dieléctrico y que comprende un material dieléctrico.
14. Filtro según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende una pluralidad de resonadores (R1, R2) y unos medios (101) de acoplamiento adaptados para acoplar entre sí dos resonadores consecutivos.
15. Filtro según la reivindicación 14, que comprende, además, unos medios de conexión adaptados para igualar las rotaciones respectivas de los medios de rotación de los resonadores.
- 45 16. Filtro según la reivindicación 15, en el que los medios de conexión comprenden dicha varilla solidaria con una pluralidad de elementos dispuestos a lo largo de la varilla.
17. Circuito hiperfrecuencia que comprende al menos un filtro según una de las reivindicaciones anteriores.

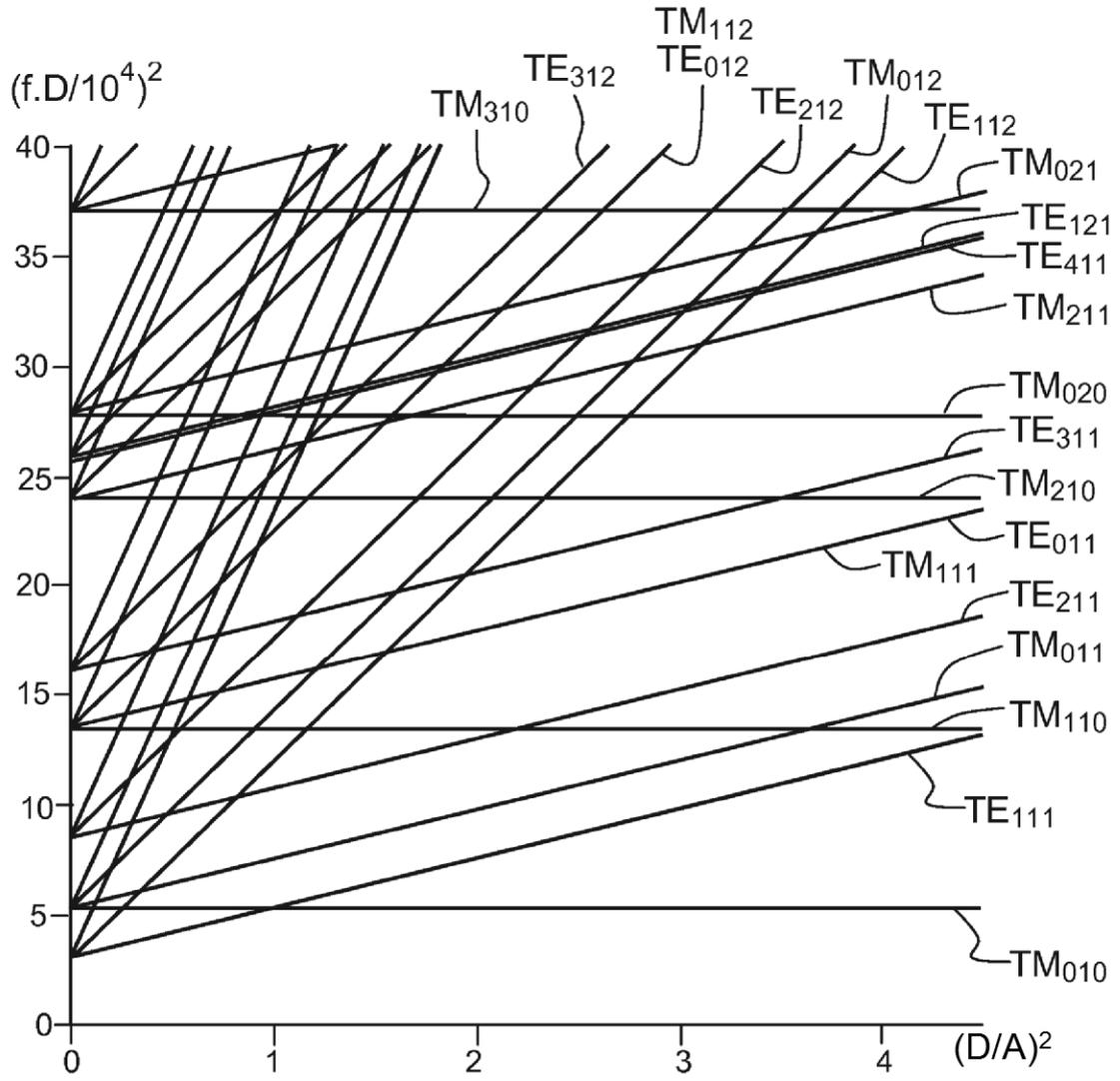


FIG.1

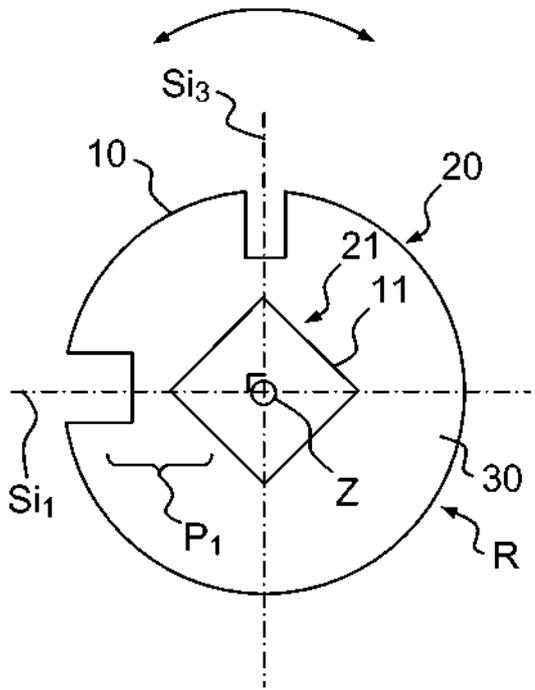


FIG. 2a

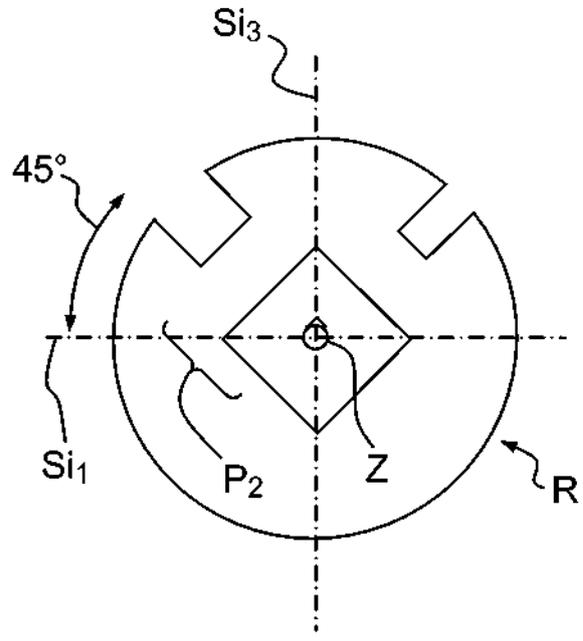


FIG. 2b

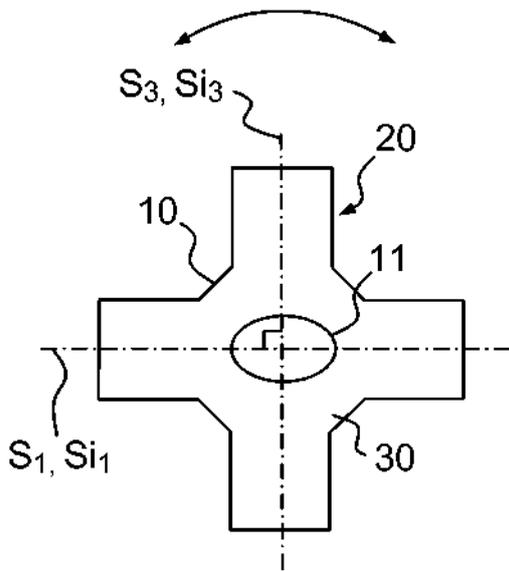


FIG. 3a

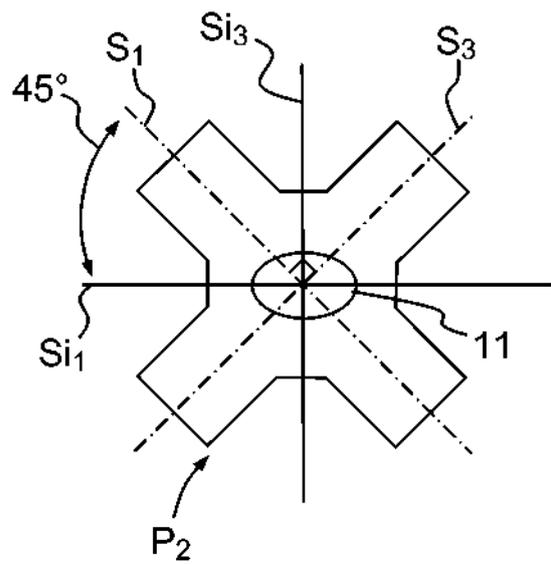
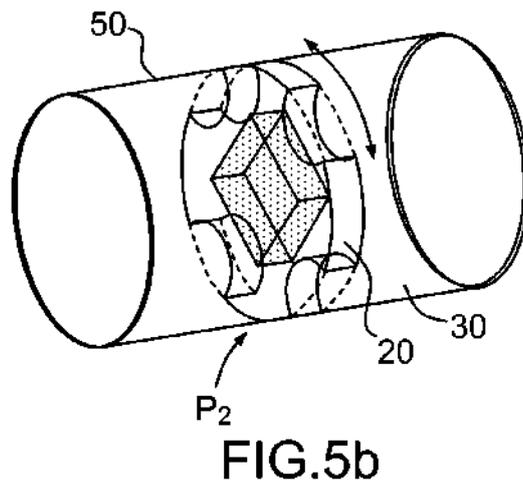
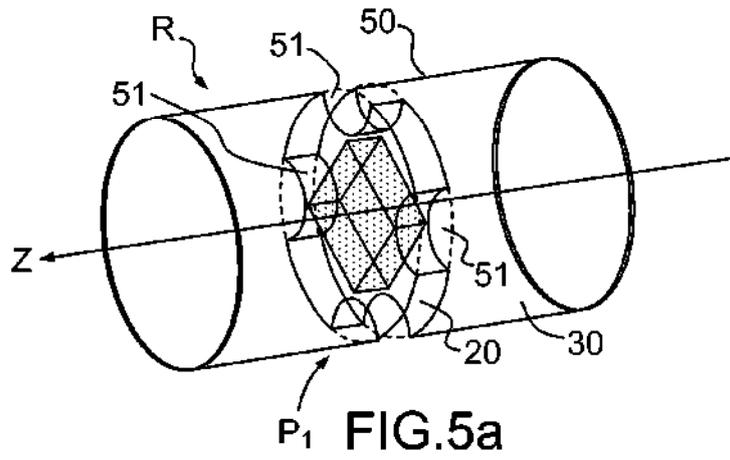
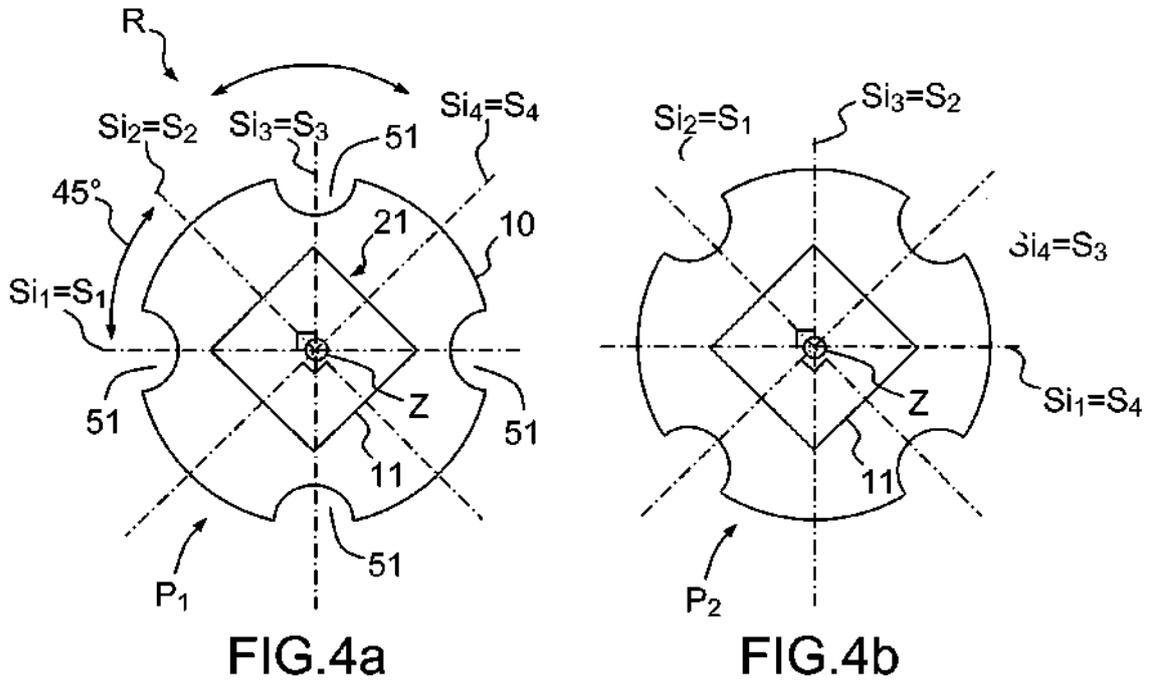


FIG. 3b



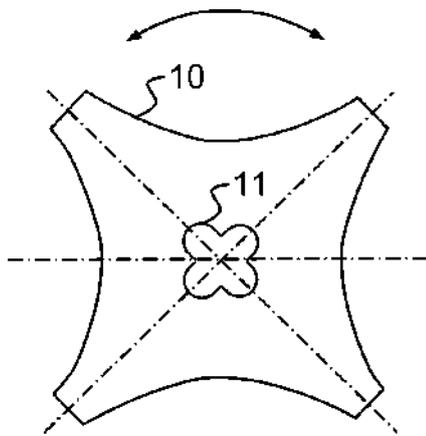


FIG. 6a

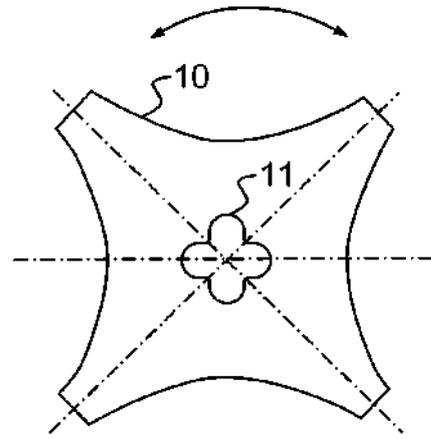


FIG. 6b

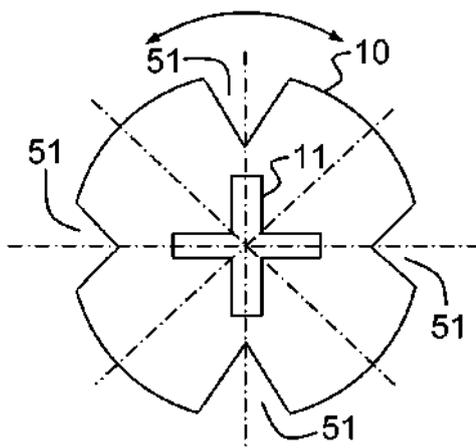


FIG. 7a

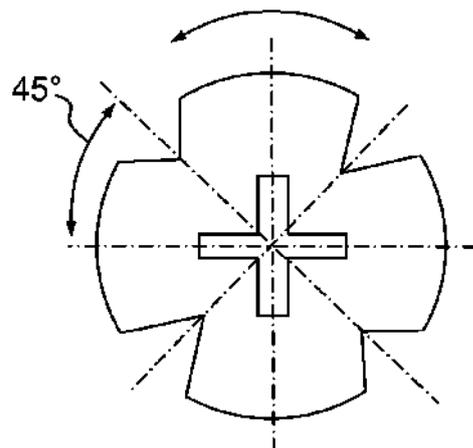


FIG. 7b

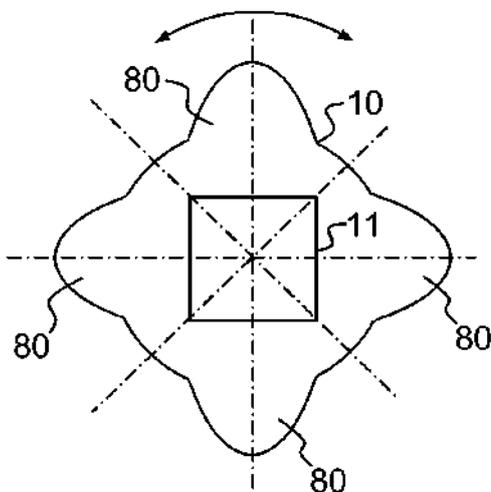


FIG. 8a

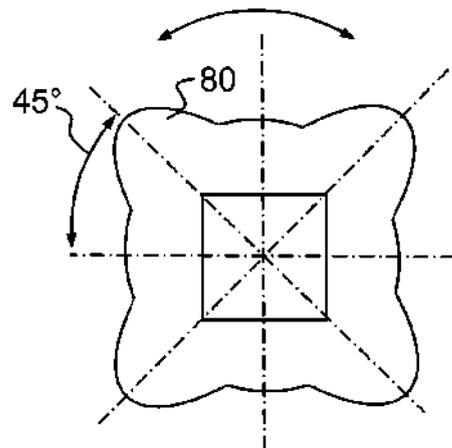


FIG. 8b

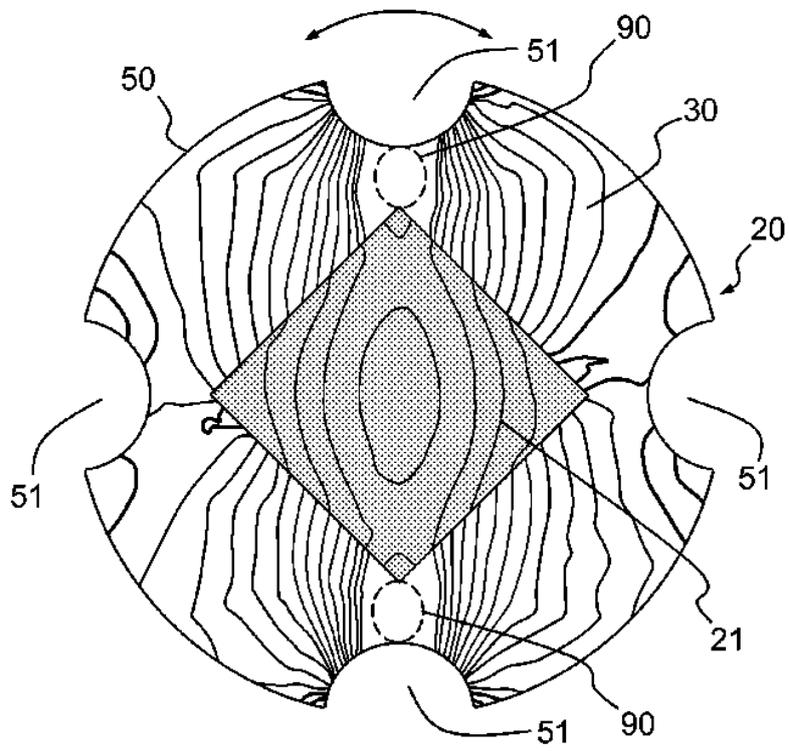


FIG.9a

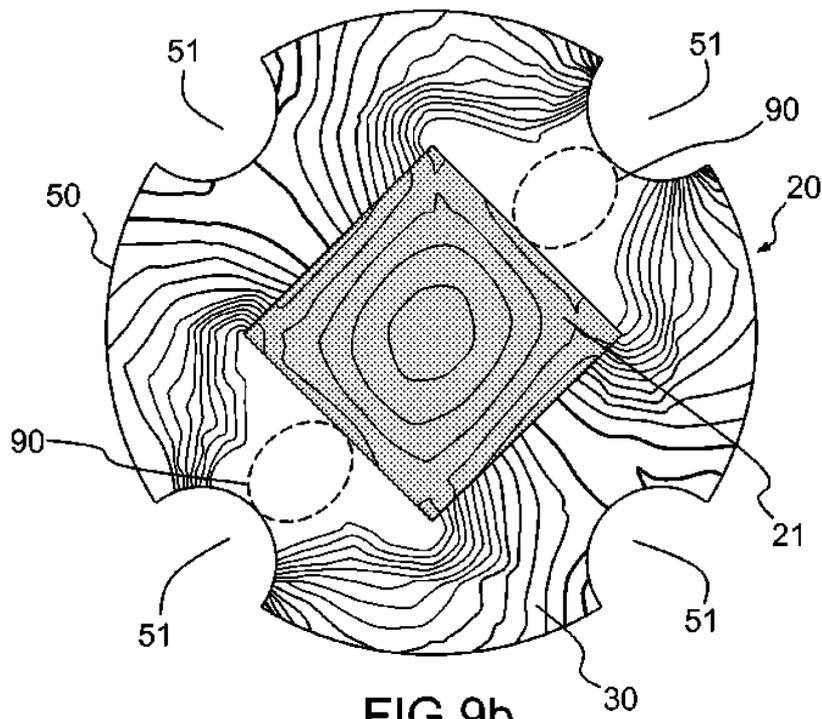


FIG.9b

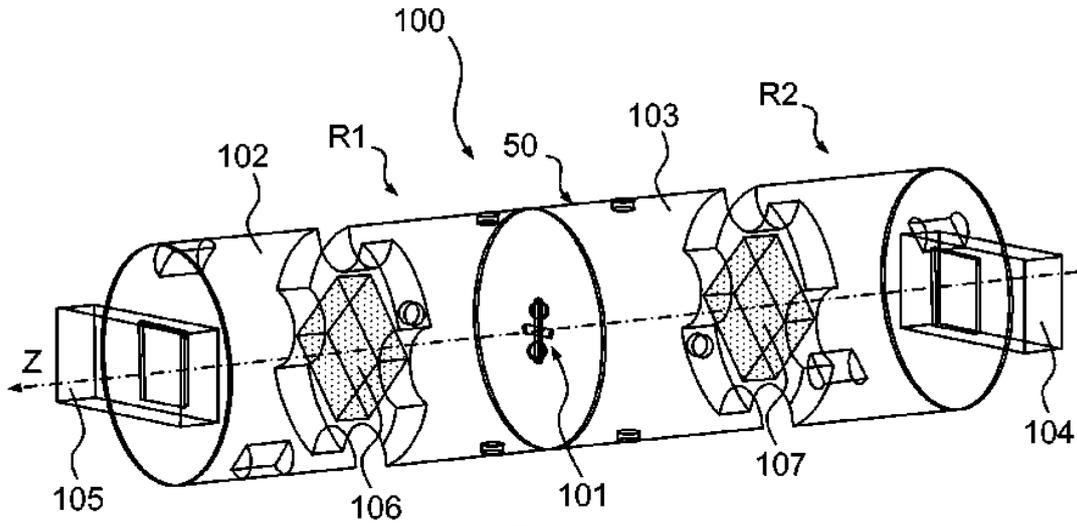


FIG. 10a

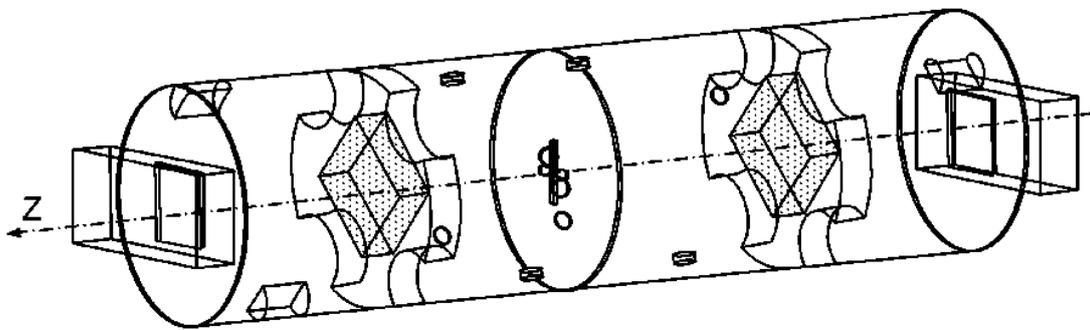


FIG. 10b

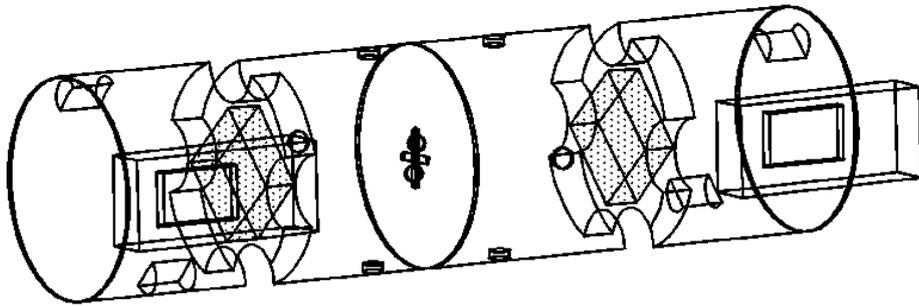


FIG. 11

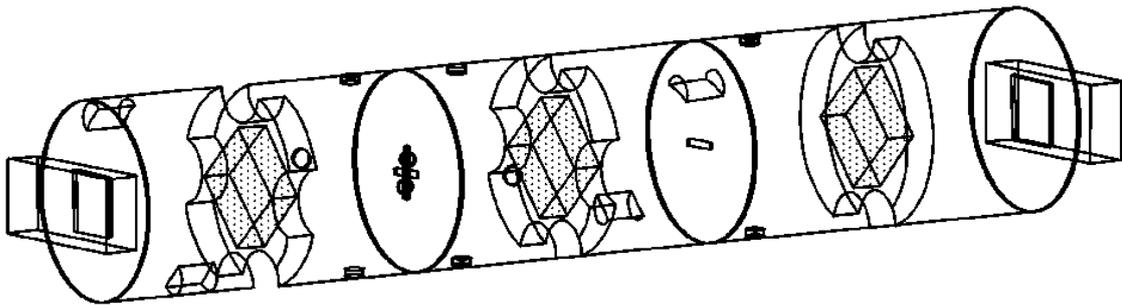


FIG. 12

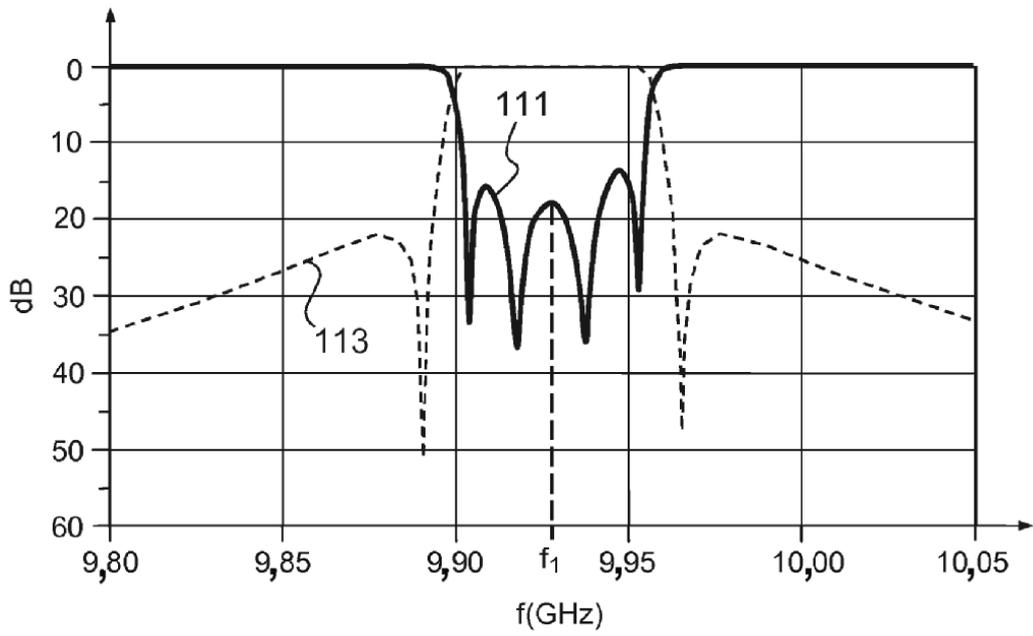


FIG.13a

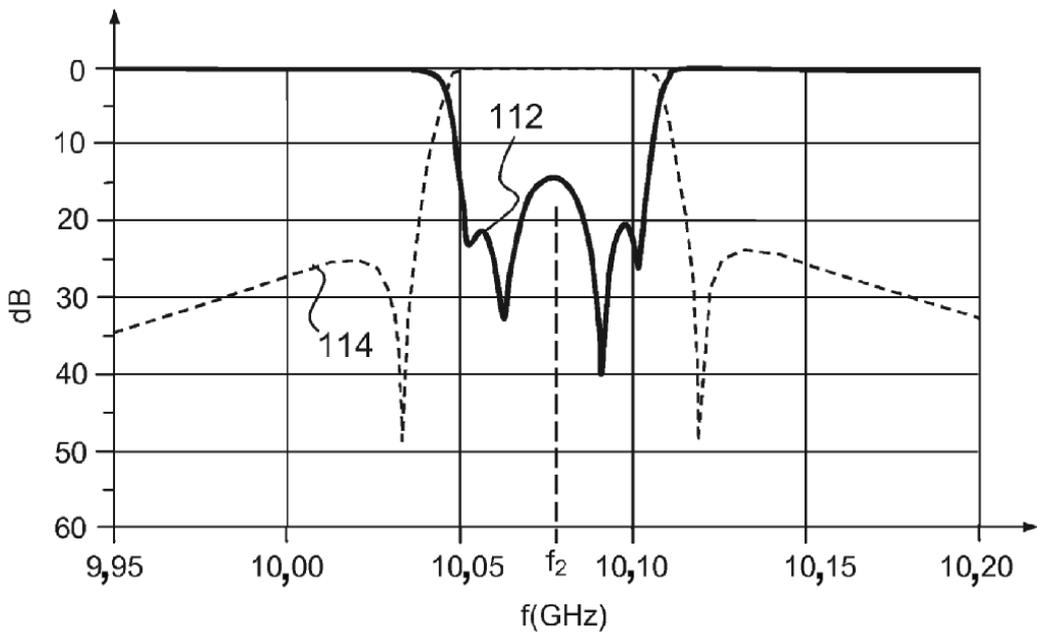


FIG.13b

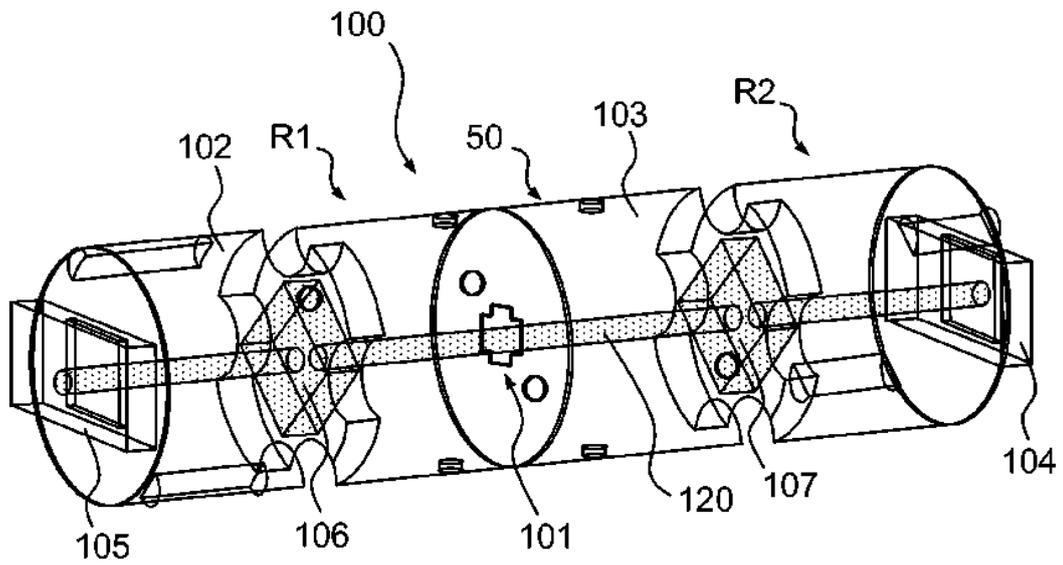


FIG. 14a

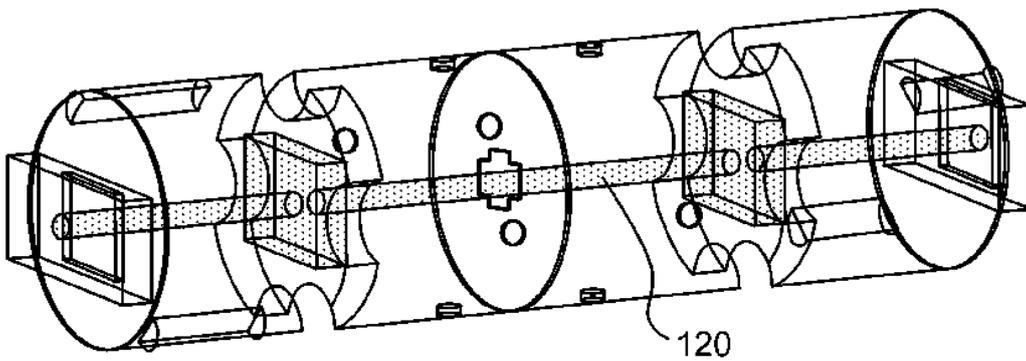


FIG. 14b