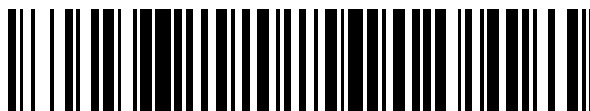


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 425 201**

51 Int. Cl.:

H01P 1/165 (2006.01)

H01P 5/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.02.2010** **E 10711245 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.07.2013** **EP 2493007**

54 Título: **Girador de polarización con múltiples secciones en forma de pajarita**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.10.2013

73 Titular/es:

RADIACION Y MICROONDAS, S.A. (100.0%)
Ctra. Campo Real Km. 2,100
28500 Arganda del Rey, Madrid, ES

72 Inventor/es:

RUIZ CRUZ, JORGE ALFONSO;
MONTEJO GARAI, JOSÉ RAMÓN y
REBOLLAR MACHAIN, JESÚS MARÍA

74 Agente/Representante:

MONZÓN DE LA FLOR , Luis Miguel

ES 2 425 201 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

Girador de polarización con múltiples secciones en forma de pajarita

5 OBJETO DE LA INVENCION

El objeto de la invención es un girador de polarización para ondas electromagnéticas que presenta una multiplicidad de secciones que tienen cada una de ellas forma de pajarita, estando girada cada sección en forma de pajarita con respecto a la sección contigua.

La presente invención está caracterizada por una configuración y un diseño especiales de la sección en forma de pajarita de cada pajarita, así como por el ángulo de giro de cada sección con el fin de obtener un girador de polarización que presenta una compacidad máxima, una longitud mínima y una adaptación de la onda electromagnética mejor de lo que viene consiguiéndose hasta el momento.

Por lo tanto, la presente invención se circunscribe dentro del ámbito de los rotadores de polarización para guías de ondas.

20 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Se dedican numerosos esfuerzos a conseguir rotadores de polarización de ondas electromagnéticas.

Algunos, como los comercializados por la empresa FLANN, son rotadores que se fabrican a partir de guías de ondas que han sido giradas de un modo preciso a la vez que mantienen las dimensiones de la guía de ondas. Este modo de conseguir rotadores de polarización presenta varios inconvenientes. Por un lado, existen inconvenientes derivados del propio proceso de fabricación, ya que se debe someter a la guía de ondas a elevadas temperaturas para poder retorcerla, lo cual produce tensiones en el material que obligan a analizar de nuevo el material. Por otro lado no se logra una reducción de las dimensiones del rotador.

En el artículo "An Analysis of a Hybrid-Mode in a Twisted Rectangular Waveguide" (Hatsuo Yabe, Yasuto Mushiake) publicado en IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. MTT-32, nº 1. Enero de 1984) se realiza un análisis del giro por torsión de una guía de ondas.

Otra solución conocida para lograr el giro de polarización con objeto de evitar los anteriores inconvenientes se describen en el siguiente artículo: "Design of Compact Waveguide Twists" de Pedro I. Alonso-Juaristi, Jaime Esteban y Jesús María Rebolgar, publicado en IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 45, nº 5, mayo de 1997. En este artículo el girador de polarización se basa en una sucesión alterna de guías de ondas de secciones transversales rectangular y circular, en la que las guías de ondas de sección transversal rectangular se disponen giradas sucesivamente con objeto de lograr el giro total. Si bien consigue evitar algunos de los problemas enunciados en la primera solución propuesta, no resuelve el problema de la compacidad, y además el procedimiento de fabricación no es nada favorable.

En el artículo "Full Wave Design of Broad-Band Compact Waveguide Step-Twists" (Massimo Baralis, Ricardo Tascone, Oscar Antonio Peverini, Giuseppe Virone, Renato Orta) publicado en IEEE Microwave and Wireless Components Letters, Vol. 15, nº 2, febrero de 2005, se describe un girador de polarización que consiste en una sucesión de secciones o elementos que presentan una sección transversal rectangular, disponiéndose las secciones giradas con respecto a las contiguas. Si bien se consigue una cierta compacidad, no se logra una adaptación mejor de 40 dB en toda la banda útil de la guía.

Otra solución conocida en la técnica anterior es la patente de EE.UU. nº 6.879.221-B1, que describe un girador de polarización en el que las dos guías de ondas se disponen de manera ortogonal con respecto a un transformador y se acoplan en el transformador mediante una sección más reducida. Esta solución propuesta, además de no ser compacta, solamente es válida para rotaciones de giros ortogonales y los resultados de adaptación conseguidos tienen una anchura de banda muy pequeña en comparación con la presente invención.

El artículo titulado "Polarization Rotator-Analysis and Design" (Rafal Lech, Jerzy Mazur) fue publicado en la 14th Conference on Microwave Techniques, 2008. COMITE 2008. Abril de 2008. En este artículo se describe un nuevo análisis de un polarizador compuesto por secciones de superficies selectivas en frecuencia. El análisis se realiza considerando el polarizador como una conexión en cascada de varias capas elementales que están compuestas por matrices periódicas lineales de hilos metálicos.

Finalmente, el artículo titulado "Compact 90° Twist formed by a Double-Corner-cut Square Waveguide Section" (Anatoliy Kirilenko, Dimitriy Y. Kulik y Leonid A. Rud) publicado en IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 56, nº 7, julio de 2008, muestra un rotador de guías de ondas rectangulares en el que la sección encargada del giro está formada por una sección cuadrada que presenta dos cortes en dos de sus esquinas cuadradas. Si bien se logra una cierta compacidad, solamente se logra un giro de 90° y la adaptación no es mejor que la conseguida hasta el momento.

También se conocen los siguientes documentos que se consideran estrechamente relacionados con el objeto de la invención:

5 Por una parte, el documento GB-2.429.119 en el que se describe un girador de polarización que presenta varias secciones que tienen forma de pajarita, que entre otras realizaciones describe que para conseguir un rotador de 45° se hace precisa la disposición de cuatro secciones consecutivas, para lograr una adaptación de 40 dB. Sin embargo, si se usan solamente dos secciones la adaptación que se logra es de 25 dB. Ahora bien, si se quiere conseguir un giro entre 60° y 90°, la geometría inicial no se mantiene y es necesario realizar ajustes.

10 También se conoce la existencia del documento CA-2.320.667-A1, que divulga un girador de polarización en el que se usan secciones con vaciados en forma de pajarita, caracterizadas porque todos los arcos tienen igual radio. Si bien en estas formas de realización se logra un nivel de adaptación que va desde los 23 dB (figura 4) hasta los 27 dB, la compacidad que se logra con la realización propuesta no es muy buena; es decir, dichos resultados se logran con espesores relativamente grandes, más del doble de los obtenidos con nuestra forma específica de pajarita.

15 Otro documento que forma parte del estado de la técnica es el documento US-6.995.628-B2, en el que el vaciado realizado en las secciones del rotador muestra una serie de tramos rectos, lográndose para un ángulo de giro de 90° y una única sección una reflexión de 30 dB. Finalmente, en el documento US-3.651.435-A1 se describe un girador de polarización gradual formado por una sucesión de secciones consecutivas, que nada tienen que ver con la forma de los vaciados de las secciones que se proponen en la presente memoria descriptiva.

20 Por lo tanto, tras haber expuesto los diferentes rotadores de polarización conocidos hasta el momento, el objeto de la presente invención es proporcionar un girador de polarización según las características de la reivindicación 1, que permita una mejora de adaptación de 40 dB en toda la banda útil de la guía, con una compacidad máxima y una longitud mínima en la dirección longitudinal, con una masa y un volumen reducidos y muy sencilla de fabricar.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

30 El objeto de la invención del rotador de polarización, tal y como ha sido expuesto anteriormente, es un rotador que permita una adaptación mejor de 40 dB en toda la banda útil de la guía, que presente una compacidad máxima y una longitud mínima en la dirección longitudinal.

35 Además de los objetivos mencionados anteriormente, se pretende que el rotador sea compacto en la dirección transversal, sin superar las aletas convencionales, que también sea fácil de mecanizar y sea robusto, que se pueda integrar fácilmente en subsistemas complejos como Ortomodos, codos mixtos E-H y estructuras de encaminamiento, que permita una fabricación económica con una repetitividad muy elevada, presentando poca masa y volumen, que presente una flexibilidad en la elección del número de secciones para cumplimiento de las especificaciones de adaptación y de anchura de banda, en el que además el grado de giro puede ser mayor o menor de 90° según se desee y en el que el rotador no quede exclusivamente limitado a secciones de guías de ondas rectangulares idénticas en la entrada y en la salida, de manera que la sección de guías de ondas pueda ser diferente en la entrada y en la salida.

40 Para lograr estos objetivos se propone un girador de polarización según se define en la reivindicación 1 con múltiples secciones, presentando cada sección un vaciado en forma de pajarita con una geometría precisa.

45 Cada vaciado en forma de pajarita realizado en cada sección presenta dos planos de simetría, uno a lo largo de un eje longitudinal que discurre según la dimensión mayor de la pajarita, y un plano de simetría transversal que discurre a lo largo de un eje transversal al mencionado anteriormente. Cada vaciado en forma de pajarita está definido por una serie de parámetros que permiten la construcción precisa de dichos vaciados.

50 El rotador puede estar conformado por un número variable de secciones, todas las cuales presentan un vaciado en forma de pajarita con la misma forma geométrica, es decir, los mismos parámetros constructivos.

55 El eje longitudinal de cada uno de los vaciados en forma de pajarita de cada sección presenta un ángulo con respecto al eje de las guías de ondas de entrada y salida.

60 Así, para obtener un rotador de 90° que tenga dos secciones con vaciados correspondientes en forma de pajarita, los dos vaciados tendrán las mismas propiedades constructivas y el eje longitudinal de cada vaciado formará un ángulo φ con respecto al eje de la guía de ondas de entrada y de salida respectivamente, siendo estos ejes lógicamente perpendiculares, al buscar un rotador de 90°.

65 En el caso de que fueran tres las secciones empleadas para conformar un rotador de 90°, los dos vaciados en forma de pajarita de las secciones de extremo tendrán los mismos parámetros y sus ejes longitudinales formarán un ángulo φ con respecto al eje de las guías de ondas de entrada y salida, mientras que el vaciado en forma de pajarita de la sección central contará con parámetros constructivos propios y formará un ángulo de 45° con respecto a cualquiera de los ejes de las guías de ondas de entrada o salida, al ser un rotador de 90°.

Así, para unificar los parámetros que deben tenerse en cuenta para el diseño de un rotador de 90° conformado por N secciones, las igualdades constructivas y el giro de los vaciados en forma de pajarita serán tal como se describe a continuación:

- Si el rotador cuenta con un número par de secciones con vaciados en forma de pajarita:

$$\begin{aligned} R_{ai} &= R_{a(N-i+1)} \\ R_{bi} &= R_{b(N-i+1)} \\ L_{ai} &= L_{a(N-i+1)} \\ L_{bi} &= L_{b(N-i+1)} \\ L_{ci} &= L_{c(N-i+1)} \\ E_i &= E_{(N-i+1)} \end{aligned}$$

en los que $i = 1, 2, \dots, N/2$

Y todos los vaciados en forma de pajarita tienen un eje longitudinal con un ángulo ϕ_i con respecto a uno de los ejes de las guías de ondas de entrada y salida.

Por lo tanto, el número de parámetros necesarios para definir un rotador conformado por N secciones, en el que N es un número par, es $7 \cdot N/2$.

- Si el rotador cuenta con un número impar de secciones con vaciados en forma de pajarita:

$$\begin{aligned} R_{ai} &= R_{a(N-i+1)} \\ R_{bi} &= R_{b(N-i+1)} \\ L_{ai} &= L_{a(N-i+1)} \\ L_{bi} &= L_{b(N-i+1)} \\ L_{ci} &= L_{c(N-i+1)} \\ E_i &= E_{(N-i+1)} \end{aligned}$$

en los que $i = 1, 2, \dots, (N-1)/2$

Y todos los vaciados en forma de pajarita tienen un eje longitudinal con un ángulo ϕ_i con respecto a uno de los ejes de las guías de ondas de entrada y salida.

Sin embargo, el vaciado en forma de pajarita de la sección $(N+1)/2$ tiene los siguientes parámetros:

$$\begin{aligned} R_{a(N+1)/2} \\ R_{b(N+1)/2} \\ L_{a(N+1)/2} \\ L_{b(N+1)/2} \\ L_{c(N+1)/2} \\ E_{(N+1)/2} \end{aligned}$$

y se encuentra girado 45° con respecto a cualquiera de los ejes de las guías de entrada y salida, ya que se busca un giro de 90°.

Por lo tanto, el número de parámetros necesarios para definir un rotador conformado por N secciones, en el que N es un número impar, es $7 \cdot [(N+1)/2] - 1$.

La disposición consecutiva de varias secciones con vaciados en forma de pajarita no solamente permite conseguir rotadores de 90°, sino también de cualquier tipo de ángulo β entre la entrada y la salida.

En el caso de que el rotador esté conformado por dos secciones con vaciados en forma de pajarita, los dos vaciados tendrán los mismos parámetros constructivos $R_a, R_b, L_a, L_b, L_c, E$ y se encuentran girados un ángulo ϕ con respecto a los ejes de las guías de ondas de entrada y salida, respectivamente.

Si el rotador cuenta con tres secciones con vaciados en forma de pajarita, los parámetros de los vaciados en forma de pajarita de las secciones de extremo tendrán los mismos parámetros constructivos, $R_a, R_b, L_a, L_b, L_c, E$, encontrándose girados cada uno de ellos un ángulo ϕ con respecto a los ejes de las guías de entrada y salida respectivamente, mientras que el vaciado de la sección central presenta sus propios parámetros y se encuentra girado la mitad del giro que se busca conseguir o $\beta/2$ con respecto a cualquiera de los ejes de las guías de ondas de entrada y salida.

La generalización para rotadores de β° conformados por N secciones, dependiendo de si N es par o impar, es idéntica a la mostrada anteriormente con la salvedad de que en vez de usar ángulos ϕ_i y 45° para la sección central cuando N sea impar, se usarán ángulos β_i y adicionalmente $\beta/2$ para la sección central cuando N sea impar.

5 DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para completar la descripción que seguidamente se va a realizar y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de sus características, la presente memoria descriptiva se acompaña de un conjunto de dibujos en cuyas figuras, de forma ilustrativa y no limitativa, se representan los detalles más significativos de la invención.

10 Las figuras 1, 2 y 3 representan un rotador de 90° conformado por una única sección, en el que la figura 1 es una vista en perspectiva, mientras que la figura 2 es una vista frontal, y la figura 3 es una representación de la relación del vaciado en forma de pajarita con respecto a las guías de ondas.

15 La figura 4 muestra una vista en perspectiva de una sección transversal con un vaciado en forma de pajarita.

Las figuras 5 y 5a muestran una vista en planta de los vaciados en forma de pajarita que indica los parámetros constructivos necesarios.

20 Las figuras 6, 7 y 8 representan un rotador de 90° conformado por dos secciones, en el que la figura 1 es una vista en perspectiva, mientras que la figura 2 es una vista frontal, y la figura 3 es una representación de la relación del vaciado en forma de pajarita con respecto a las guías de ondas.

25 Las figuras 9 y 10 muestran una vista en perspectiva de las dos secciones agrupadas y una vista en planta que muestra en detalle la relación de los vaciados en forma de pajarita entre sí.

Las figuras 11, 12 y 13 muestran un rotador de 90° conformado por tres secciones con sus vaciados correspondientes en forma de pajarita.

30 La figura 14 muestra una vista en planta de las tres secciones que muestra cómo quedan dispuestos un vaciado con respecto a otro.

Las figuras 15, 16 y 17 muestran un rotador de β° conformado por dos secciones con sus vaciados correspondientes en forma de pajarita.

35 La figura 18 muestra una vista en detalle del ángulo formado por los ejes longitudinales de los vaciados en forma de pajarita con respecto a los ejes de las guías de ondas de entrada y salida, en el caso de un rotador de β° con dos secciones.

40 Las figuras 19, 20 y 21 muestran un rotador de β° conformado por tres secciones con sus vaciados correspondientes en forma de pajarita.

La figura 22 muestra el ángulo formado por los ejes longitudinales de los vaciados en forma de pajarita con respecto a los ejes de las guías de ondas de entrada y salida en el caso de un rotador de β° con tres secciones.

45 Las figuras 23 y 24 muestran una vista en perspectiva y una vista en planta de una sección de las usadas en el girador de polarización que muestra una serie de orificios para alineamiento y fijación.

Las figuras 25 y 26 muestran una vista en perspectiva y una vista en planta de un conjunto de dos secciones agrupadas.

50 Las figuras 27 y 28 muestran los resultados obtenidos cuando se usa una única sección y $\beta=90^\circ$, o cuando se usan dos secciones y $\beta=90^\circ$ respectivamente.

FORMA DE REALIZACIÓN PREFERIDA DE LA INVENCION

55 A la vista de las figuras se describe seguidamente una forma de realización preferida de la invención propuesta.

La invención de un girador de polarización con varias secciones en forma de pajarita, tal como se ha descrito, consiste en la disposición adyacente de al menos dos secciones paralelepípedicas de un determinado espesor en las cuales se han realizado unos vaciados de acuerdo con unos parámetros constructivos, estando el eje longitudinal de cada uno de los vaciados en forma de pajarita en un determinado ángulo de inclinación con respecto a los ejes de las guías de ondas de entrada y salida.

65 Así la figura 4 muestra la forma constructiva de una sección (1) que, como se ha expuesto anteriormente, presenta una configuración paralelepípedica con un vaciado (2) en forma de pajarita.

Dicho vaciado (2) presenta dos ejes de simetría, uno con respecto a un plano que pasa por un eje longitudinal (4) según la dimensión mayor de dicho vaciado, y otro plano de simetría que pasa por un eje transversal (5) al anterior. La forma del vaciado (2) se describe como una pajarita, siendo esta aproximación no limitativa, que se entiende simplemente como un modo de identificar la forma a la que se asemeja. Dicho vaciado (2) puede definirse en términos de dos rombos o lóbulos alineados por uno de sus vértices o extremos, estando dichos vértices o extremos dispuestos de manera que se superpongan.

La figura 5 muestra los parámetros usados para la construcción de los vaciados (2), que incluyen los siguientes parámetros, Ra, Rb, La, Lb, Lc y el espesor E.

La figura 5a muestra que la pajarita efectivamente tiene dos ejes de simetría, por lo que basta con definir únicamente un cuarto de la pajarita para determinar la totalidad de esta.

La forma precisa de la pajarita con la cual se logran los resultados reivindicados es la siguiente:

- un primer arco de círculo de 45° (10) de radio **Ra** y centro en el exterior de la pajarita, que define así un arco cóncavo visto desde el exterior del vaciado en forma de pajarita.
- Un segundo tramo recto (11) de longitud **La**
- Un tercer tramo inclinado (12) que forma 45° con respecto a la horizontal y de longitud **Lb**
- Un cuarto tramo recto (13) girado 45° con respecto al tramo anterior y de longitud **Lc**
- Un último arco de círculo de 45° (14) de radio **Rb** y centro en el interior de la pajarita, que define un arco convexo visto desde el exterior.

Otro parámetro que puede usarse para definir las secciones con vaciados en forma de pajarita es el espesor **E** de las secciones, que tiene un valor de entre 0,1 y 0,3 veces la anchura de la guía rectangular.

Para poder definir la forma precisa de la pajarita al objeto de alcanzar los fines buscados de alto coeficiente de reflexión, compacidad y espesor reducido, una vez elegidos los valores tienen que satisfacer las siguientes limitaciones:

- Una distancia máxima (15) entre los arcos de radio Rb que viene dada por:

$$X_{\max} = (Ra + La + Lc) * \text{raíz cuadrada}(2) + 2 * Lb + 2 * Rb (1 - (\text{raíz cuadrada}(2) / 2))$$

y un valor de entre 1,4 y 1,7 veces la anchura de la guía rectangular de entrada y salida.

- Una distancia máxima (16) entre los tramos de longitud Lb que viene dada por:

$$Y_{\max} = (Rb + Lc) * \text{raíz cuadrada}(2)$$

y un valor de entre 0,8 y 1,1 veces la anchura de la guía rectangular de entrada y salida.

- Una distancia mínima (17) entre los arcos de radio Ra que viene dada por:

$$Y_{\min} = (Rb + Lc - La) * \text{raíz cuadrada}(2) - 2 * Ra (1 - (\text{raíz cuadrada}(2) / 2))$$

y un valor de entre 0,3 y 0,5 veces la anchura de la guía rectangular de entrada y salida.

Los valores de las distancias máximas (15) y (16) entre los tramos de radio Ra y Rb respectivamente definen las dimensiones del rectángulo en el que quedaría encuadrado el vaciado en forma de pajarita.

La forma específica de la pajarita muestra diferencias sustanciales con respecto a rotadores con vaciados que presentan forma aproximada similar. Así, se consiguen rotadores con coeficientes de reflexión mejores que 40 dB para, por ejemplo, un giro de 90°, se reduce significativamente el espesor E y mejora la compacidad del conjunto ya que la longitud es la mínima longitud posible.

Así, en las figuras 1 a 3 se ha representado un rotador de 90° conformado por una única sección, habiéndose representado el contorno (3) del vaciado (2), ya que a efectos electromagnéticos lo esencialmente relevante es la forma del contorno (3) del vaciado (2).

Si bien el ejemplo con una única sección con un vaciado en forma de pajarita pudiera ser una posible forma constructiva, no puede proporcionar una adaptación mejor de 40 dB, por lo que se hace necesario el uso de al menos dos secciones adyacentes entre sí.

5 Así, las figuras 6, 7 y 8 muestran un rotador de 90° conformado por dos secciones, habiéndose representado los contornos (3a) y (3b) de cada uno de los vaciados realizados en cada una de las secciones, para una mejor visualización y comprensión del efecto producido.

10 La figura 9 muestra la disposición de las dos secciones (1) de manera adyacente entre sí por su cara mayor, presentando cada una de ellas sus respectivos vaciados (2a) y (2b) con forma de pajarita.

La figura 10 muestra cómo el eje longitudinal (4a) del vaciado (2a) forma un ángulo ϕ con respecto al eje (6.1) de la guía de ondas de entrada (6), mientras que el vaciado (2b) tiene un eje longitudinal (4b) en un ángulo ϕ con respecto al eje (7.1) de la guía de ondas de salida (7).

15 Las figuras 11 a 13 muestran la construcción de un rotador de 90° conformado por tres secciones, no mostradas, habiéndose representado únicamente los contornos (3a), (3b) y (3c) realizados en cada sección, teniendo cada uno de dichos vaciados unos parámetros constructivos y una inclinación con respecto al eje de las guías de entrada y salida.

20 Así, la figura 14 muestra que el vaciado (2a) tiene un eje longitudinal (4a) que forma un ángulo ϕ con respecto al eje (6.1) de la guía de ondas de entrada, mientras que el vaciado (2b) tiene un eje longitudinal (4c) en un ángulo ϕ con relación esta vez al eje (7.1) de la guía de ondas de salida, y el vaciado (2b) de la sección intermedia tiene un ángulo de 45° con respecto a cualquiera de los ejes de las guías de entrada y salida (6) o (7) ya que son perpendiculares entre sí.

25 Por lo tanto, para un rotador conformado por tres secciones los parámetros constructivos que se necesitarían serían:

- los correspondientes a los vaciados (2a) y (2c) de las secciones de extremo que serán los mismos parámetros, esto es:

$$\begin{aligned} Ra_1 &= Ra_3 \\ Rb_1 &= Rb_3 \\ La_1 &= La_3 \\ Lb_1 &= Lb_3 \\ Lc_1 &= Lc_3 \\ E_1 &= E_3 \end{aligned}$$

en los que los dos vaciados (2a) y (2c) se encuentran girados un ángulo ϕ con respecto al eje de la guía de ondas correspondiente al que están unidos.

- y los parámetros correspondientes al vaciado (2b) de la sección intermedia, es decir: $Ra_2, Rb_2, La_2, Lb_2, Lc_2, E_2$ formando un ángulo de 45° con respecto a cualquiera de los ejes de las guías de ondas de entrada y salida.

Para generalizar los aspectos constructivos de un rotador de 90° con N secciones, analizando las características constructivas de las formas de pajarita de las secciones y el número total de parámetros necesarios para su diseño, es necesario diferenciar los casos con un número de secciones par o impar:

- rotador de 90° con un número N par de secciones con vaciados en forma de pajarita.

$$\begin{aligned} Ra_i &= Ra_{(N-i+1)} \\ Rb_i &= Rb_{(N-i+1)} \\ La_i &= La_{(N-i+1)} \\ Lb_i &= Lb_{(N-i+1)} \\ Lc_i &= Lc_{(N-i+1)} \\ E_i &= E_{(N-i+1)} \end{aligned}$$

en los que $i = 1, 2, \dots, N/2$

Y todos los vaciados en forma de pajarita presentan su eje longitudinal con un ángulo ϕ_i con respecto a uno de los ejes de las guías de ondas de entrada y salida.

Por lo tanto el número de parámetros necesarios para definir un rotador conformado por N acciones, siendo N un número par, es $7 \cdot N/2$.

- rotador de 90° con un número N impar de secciones con vaciados en forma de pajarita.

$$\begin{aligned} R_{a_i} &= R_{a_{(N-i+1)}} \\ R_{b_i} &= R_{b_{(N-i+1)}} \\ L_{a_i} &= L_{a_{(N-i+1)}} \\ L_{b_i} &= L_{b_{(N-i+1)}} \\ L_{c_i} &= L_{c_{(N-i+1)}} \\ E_i &= E_{(N-i+1)} \end{aligned}$$

en los que $i = 1, 2, \dots, (N-1)/2$

Y todos los vaciados en forma de pajarita presentan su eje longitudinal con un ángulo φ_i con respecto a uno de los ejes de las guías de ondas de entrada y salida.

Sin embargo, el vaciado en forma de pajarita de la sección $(N+1)/2$ tiene los siguientes parámetros:

$$\begin{aligned} R_{a_{(N+1)/2}} \\ R_{b_{(N+1)/2}} \\ L_{a_{(N+1)/2}} \\ L_{b_{(N+1)/2}} \\ L_{c_{(N+1)/2}} \\ E_{(N+1)/2} \end{aligned}$$

y se encuentra girado 45° con respecto a cualquiera de los ejes de las guías de entrada y salida ya que se busca un giro de 90° .

Por lo tanto el número de parámetros necesarios para definir un rotador conformado por N secciones, en el que N es un número impar, es $7 \cdot [(N+1)/2] - 1$.

Las figuras 15, 16 y 17 muestran un rotador de β° conformado por dos secciones interpuestas entre la guía de ondas de entrada (6) y la guía de ondas de salida (7), es decir, los ejes (6.1) y (7.1) de la guía de ondas de entrada (6) y la guía de ondas de salida (7) presentan un ángulo entre sí de β° . Las tres figuras muestran los contornos (3a) y (3b) de los vaciados correspondientes de las secciones.

La figura 18 muestra la disposición de los contornos (3a) y (3b) con respecto a las guías de ondas de entrada (6) y (7) respectivamente. Así, el primer contorno (3a) tiene un eje longitudinal (4a) en un ángulo φ con respecto al eje (6.1) de la guía (6), mientras que el contorno (3b) tiene un eje longitudinal (4b) en un ángulo φ con respecto al eje (7.1) de la guía de ondas (7), formando los dos ejes (6.1) y (7.1) un ángulo de β° entre sí. Los parámetros constructivos de los vaciados son idénticos, es decir, solamente habría que definir, R_a , R_b , L_a , L_b , L_c y E , y el ángulo φ .

Las figuras 19, 20 y 21 muestran las características constructivas de un rotador de β° conformado por tres secciones con unos vaciados en forma de pajarita, habiéndose representado únicamente los contornos (3a), (3b) y (3c) de los vaciados correspondientes, que muestran la disposición que adoptan con respecto a las guías de ondas de entrada y salida.

La figura 22 muestra la disposición resultante de estos contornos. Así, el contorno (3a) tiene un eje longitudinal (4a) en un ángulo φ con respecto al eje (6.1) de la guía de ondas de entrada (6), mientras que el contorno (3c) correspondiente a la otra sección de extremo contigua a la guía de ondas (7) presenta también un eje longitudinal (4c) en un ángulo φ con respecto al eje (7.1) de la guía de ondas de salida (7). Finalmente, el contorno (3b) del vaciado de la sección intermedia presenta un ángulo $\beta/2$ con respecto a cualquiera de los dos ejes (6.1), (7.1) de las guías de ondas de entrada y salida.

Así, en el caso de un rotador de β° conformado por tres secciones, los parámetros necesarios para definirlo son:

$$\begin{aligned} R_{a_1} &= R_{a_3} \\ R_{b_1} &= R_{b_3} \\ L_{a_1} &= L_{a_3} \\ L_{b_1} &= L_{b_3} \\ L_{c_1} &= L_{c_3} \\ E_1 &= E_3 \end{aligned}$$

en los que los dos vaciados se encuentran girados un ángulo φ con respecto al eje correspondiente de la guía de ondas a la que están unidos.

- y los parámetros correspondientes al vaciado (2b) de la sección intermedia, es decir: R_{a_2} , R_{b_2} , L_{a_2} , L_{b_2} , L_{c_2} , E_2 forman un ángulo de $\beta/2$ con respecto a cualquiera de los ejes de las guías de ondas de entrada y salida.

La generalización para rotadores de β° conformados por N secciones, dependiendo de si N es par o impar, es idéntica a la mostrada anteriormente con la salvedad de que en vez de usar ángulos φ_i y 45° para la sección central cuando N es impar, se usarán ángulos β_i y adicionalmente $\beta/2$ para la sección central cuando N es impar.

Las figuras 23 a 26 muestran que las secciones (1), además de los vaciados en forma de pajarita (2a), tienen una serie de orificios de tal manera que los cuatro orificios alargados (8) de los vértices son para el paso de tornillos de fijación, mientras que los orificios (9) son para facilitar la alineación de las secciones.

- 5 Así, la forma específica y concreta de los vaciados en forma de pajarita de las secciones del rotador da como resultado rotadores que tienen un coeficiente de reflexión mejor que 40 dB para el caso de dos secciones y un ángulo $\beta=90^\circ$, un espesor E reducido de las secciones y por lo tanto una compacidad general del rotador mejorada.
- 10 Así, la figura 27 muestra los coeficientes de reflexión en dB en función de la frecuencia para el caso en que se usa una única sección y $\beta=90^\circ$, mientras que la figura 28 muestra los coeficientes de reflexión en dB en función de la frecuencia en el caso en que se usa una única sección y $\beta=90^\circ$, siendo reseñable que el coeficiente de reflexión supera los 40 dB en toda la anchura de banda útil de la guía.
- 15 La esencia de la presente invención no se ve afectada por variaciones en los materiales, forma, tamaño y disposición de los elementos componentes, descritos de manera no limitativa que permitirá su reproducción por un experto, siempre y cuando se mantengan dentro del ámbito de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Girador de polarización entre una guía de ondas de entrada y una guía de ondas de salida cuyos ejes correspondientes forman un ángulo de β° entre sí, interponiéndose entre las guías de ondas de entrada y salida al menos dos secciones (3a, 3b) de forma paralelepípedica que tienen cada una de ellas unos vaciados en forma de pajarita (2), en el que los vaciados (2) en forma de pajarita de las secciones tienen dos planos de simetría, uno a lo largo de un eje longitudinal (4) que discurre según la dimensión mayor de la pajarita, y otro plano de simetría transversal que discurre según un eje (5) transversal al eje mencionado anteriormente, en el que cada vaciado en forma de pajarita (2) comprende cuatro cuadrantes de manera que cada cuadrante está definido por una serie de parámetros que permiten la construcción precisa de dichos vaciados, que son Ra, Rb, La, Lb, Lc y E, y su eje longitudinal está inclinado un ángulo con respecto al eje de una de las guías de ondas en el que el vaciado tiene, en orden:

- un primer arco de círculo de 45° (10) de radio Ra y centro en el exterior de la pajarita, que define así un arco cóncavo visto desde el exterior del vaciado en forma de pajarita;
- un segundo tramo recto (11) de longitud La;
- un tercer tramo inclinado (12) paralelo al eje longitudinal (4) y de longitud Lb;
- un cuarto tramo recto (13) girado 45° con respecto al tramo recto anterior y de longitud Lc;
- un último arco de círculo de 45° (14) de radio Rb y centro en el interior de la pajarita, que define un arco convexo visto desde el exterior; y en el que el espesor E de estas secciones tiene un valor entre 0,1 y 0,3 veces la anchura de la guía rectangular.

2. El girador de polarización según la reivindicación 1, en el que los parámetros cumplen las siguientes condiciones:

- una distancia máxima (15) en la dirección del eje longitudinal (4) entre los últimos arcos de círculo de 45° (14) de radio Rb que viene dada por:
-
-

$$X_{\max} = (Ra + La + Lc) * \text{raíz cuadrada}(2) + 2 * Lb + 2 * Rb (1 - (\text{raíz cuadrada}(2) / 2))$$

y un valor de entre 1,4 y 1,7 veces la anchura de la guía rectangular de entrada y salida;

- una distancia máxima en la dirección del eje transversal (5) entre los terceros tramos inclinados (12) de longitud Lb que viene dada por:

$$Y_{\max} = (Rb + Lc) * \text{raíz cuadrada}(2)$$

y un valor de entre 0,8 y 1,1 veces la anchura de la guía rectangular de entrada y salida; y

- una distancia mínima en la dirección del eje transversal (5) entre los primeros arcos de círculo de 45° (10) de radio Ra que viene dada por:

$$Y_{\min} = (Rb + Lc - La) * \text{raíz cuadrada}(2) - 2 * Ra (1 - (\text{raíz cuadrada}(2) / 2))$$

y un valor de entre 0,3 y 0,5 veces la anchura de la guía rectangular de entrada y salida.

3. El girador de polarización según la reivindicación 2, en el que el número de secciones del rotador es N, siendo N un número par, los parámetros que definen los vaciados en forma de pajarita (2) de cada sección serán:

$$Ra_i = Ra_{(N-i+1)}$$

$$Rb_i = Rb_{(N-i+1)}$$

$$La_i = La_{(N-i+1)}$$

$$Lb_i = Lb_{(N-i+1)}$$

$$Lc_i = Lc_{(N-i+1)}$$

$$E_i = E_{(N-i+1)}$$

en los que $i = 1, 2, \dots, N/2$

y todos los vaciados en forma de pajarita (2) tienen su eje longitudinal (4) con un ángulo φ_i con respecto a uno de los ejes de las guías de ondas de entrada y salida, de manera que el número de parámetros necesarios para definir un rotador conformado por N secciones, en el que N es un número par, es $7 \cdot N/2$.

- 5 4. El girador de polarización según la reivindicación 2, en el que el número de secciones (1) del rotador es N, siendo N un número impar, los parámetros que definen los vaciados en forma de pajarita (2) de cada sección serán:

$$\begin{aligned} R a_i &= R a_{(N-i+1)} \\ R b_i &= R b_{(N-i+1)} \\ 10 \quad L a_i &= L a_{(N-i+1)} \\ L b_i &= L b_{(N-i+1)} \\ L c_i &= L c_{(N-i+1)} \\ E_i &= E_{(N-i+1)} \end{aligned}$$

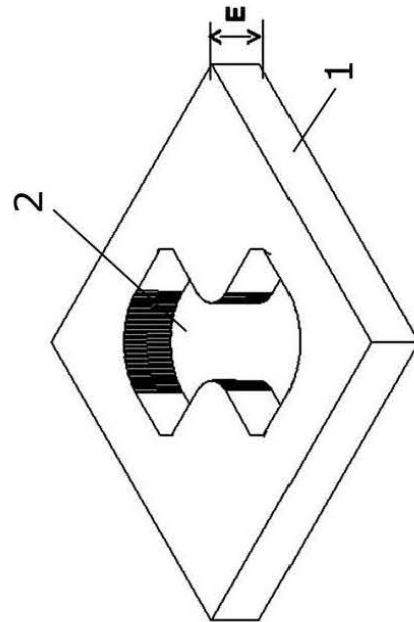
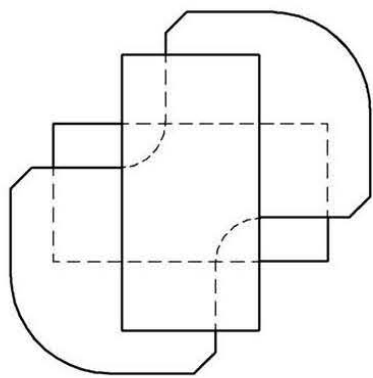
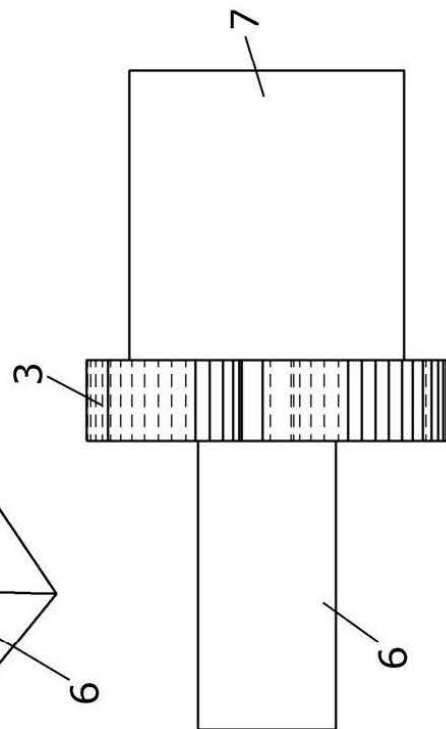
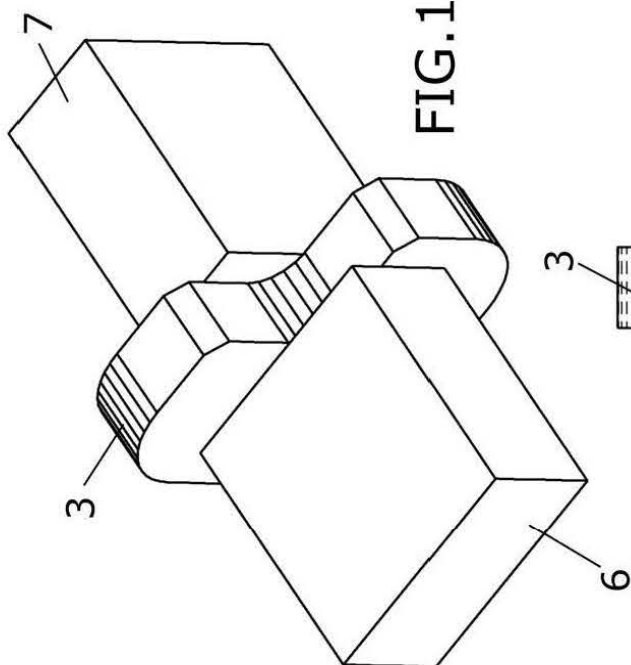
- 15 en los que $i = 1, 2, \dots, (N-1)/2$

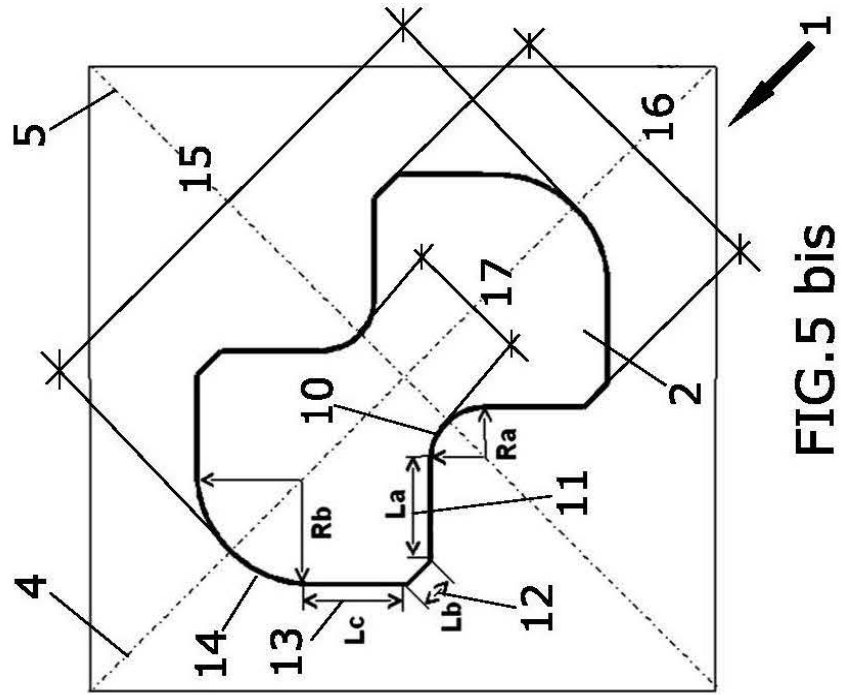
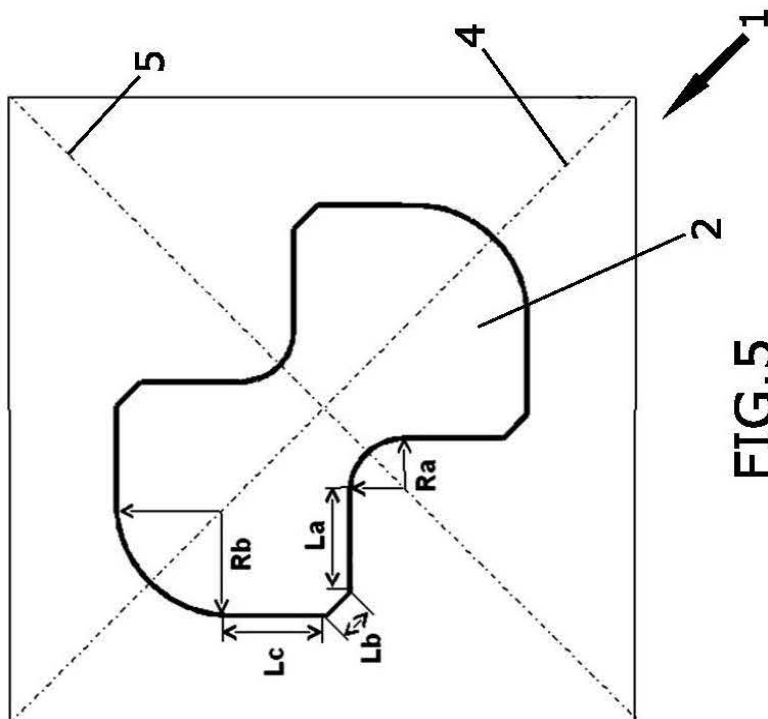
y todos los vaciados en forma de pajarita (2) tienen su eje longitudinal (4) en un ángulo φ_i con respecto a uno de los ejes de las guías de ondas de entrada y salida, mientras que el vaciado en forma de pajarita de sección $(N+1)/2$ tiene los siguientes parámetros:

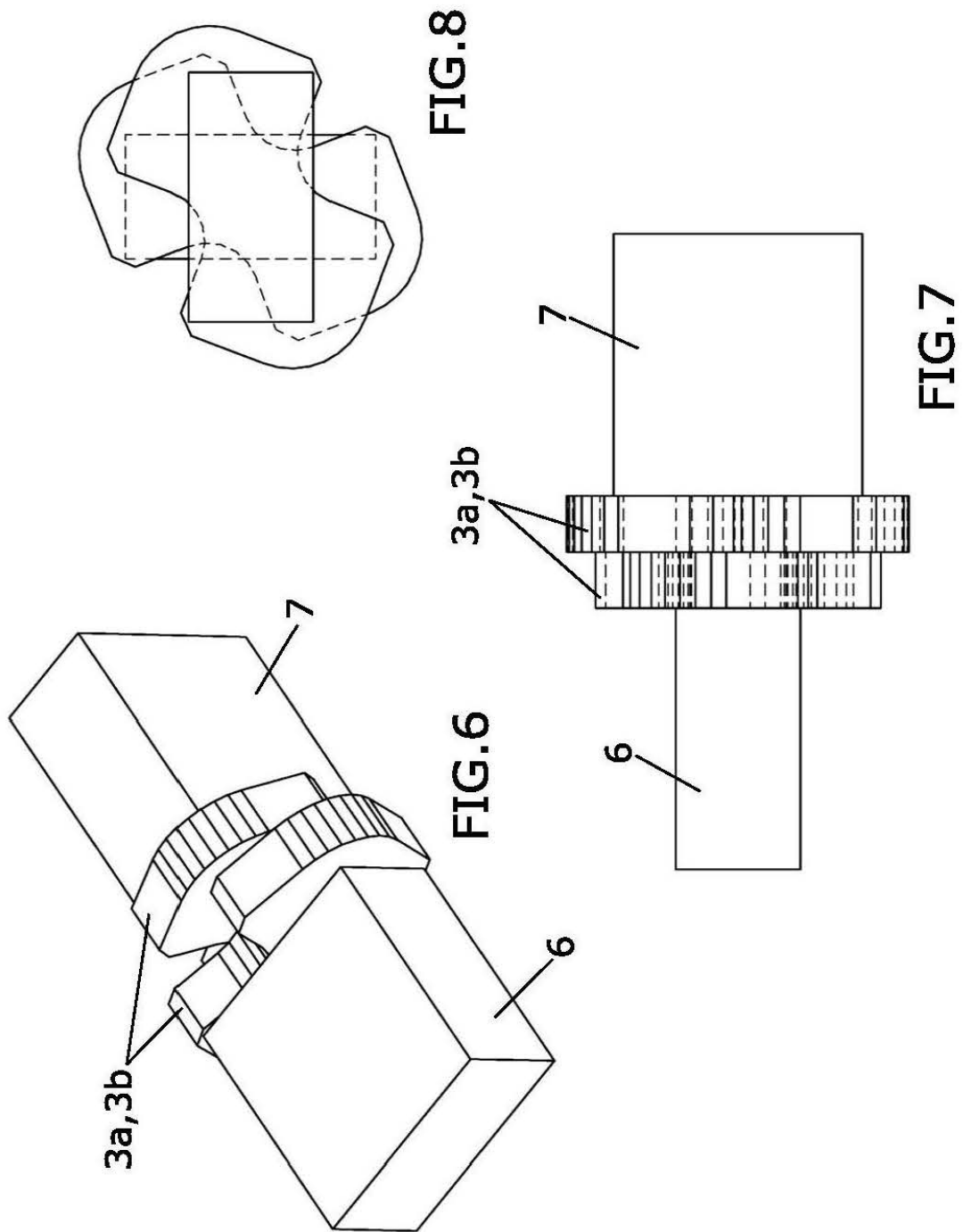
$$\begin{aligned} 20 \quad R a_{(N+1)/2} \\ R b_{(N+1)/2} \\ L a_{(N+1)/2} \\ L b_{(N+1)/2} \\ 25 \quad L c_{(N+1)/2} \\ E_{(N+1)/2} \end{aligned}$$

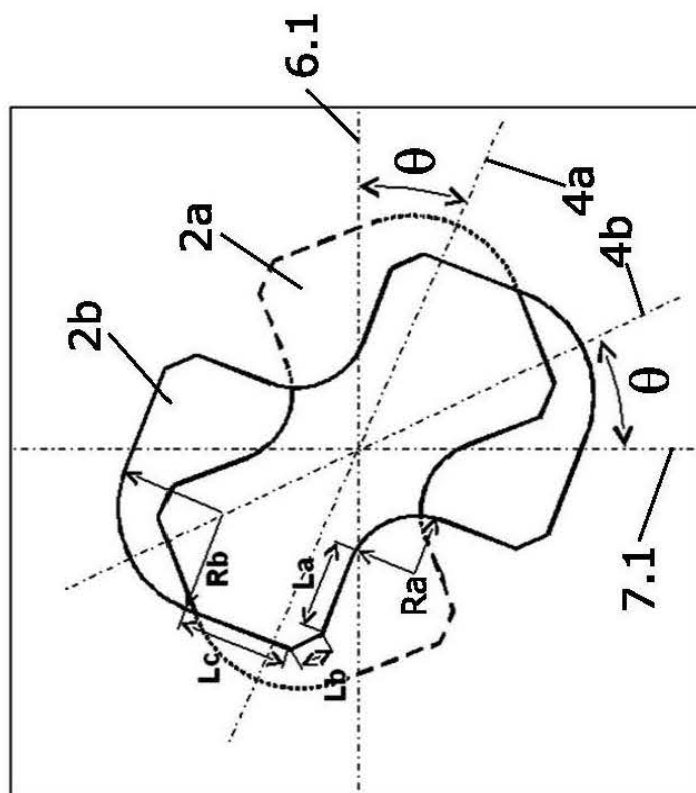
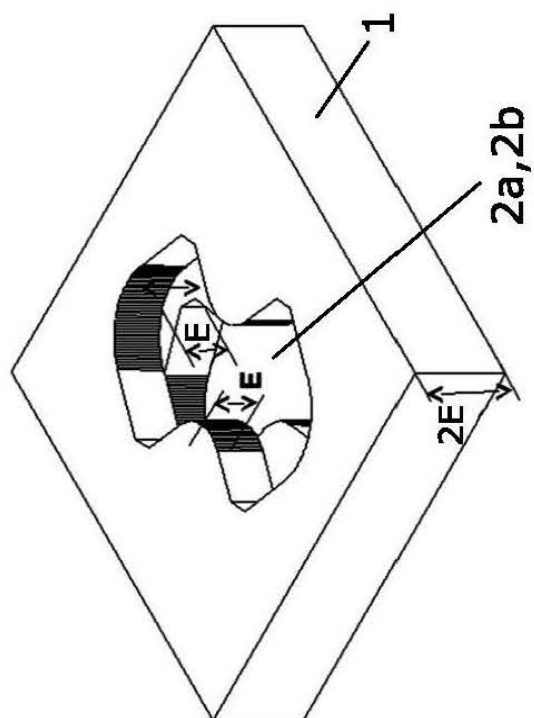
- 30 y se encuentra girado $\beta/2^\circ$ con respecto a cualquiera de los ejes de las guías de entrada y salida, y en el que el número de parámetros necesarios para definir un rotador conformado por N secciones es un número impar definido por $7 \cdot [(N+1)/2] - 1$.

- 35 5. El rotador según la reivindicación 1, en el que las secciones que conforman el rotador tienen ocho orificios, en el que cuatro orificios son orificios alargados (8) situados en los vértices y destinados al paso de tornillos de fijación, mientras que los otros cuatro orificios son orificios circulares (9) situados en el medio entre dos orificios alargados consecutivos (9) y destinados a facilitar la alineación de las secciones.









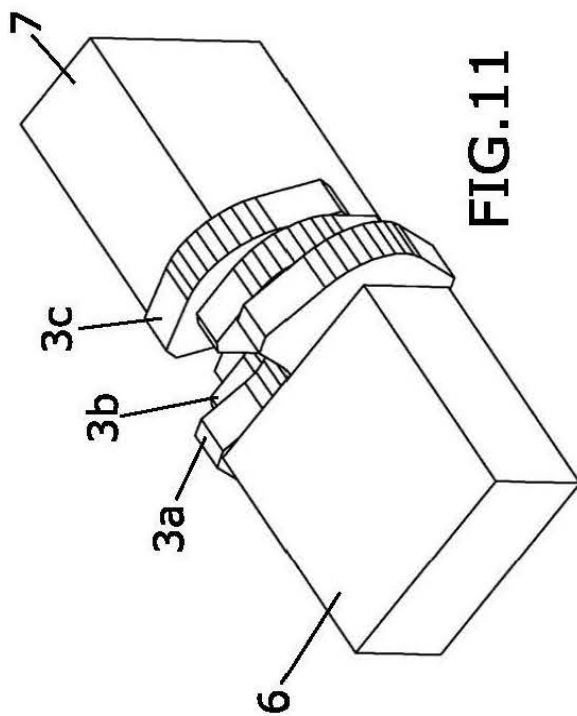


FIG. 11

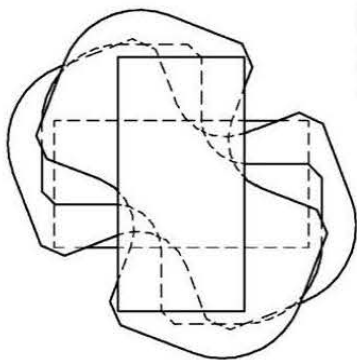


FIG. 12

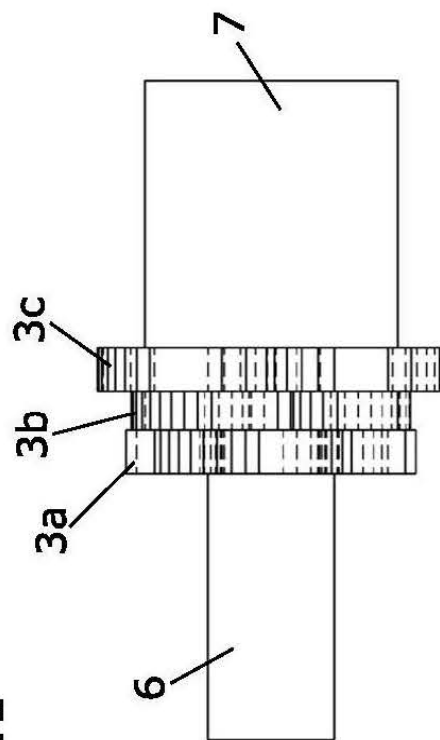
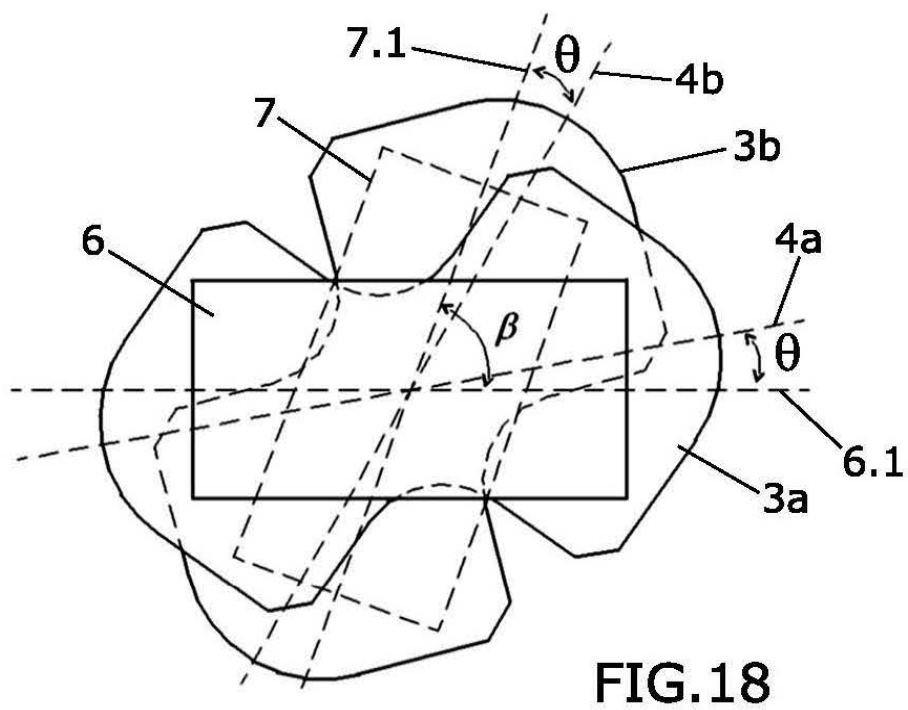
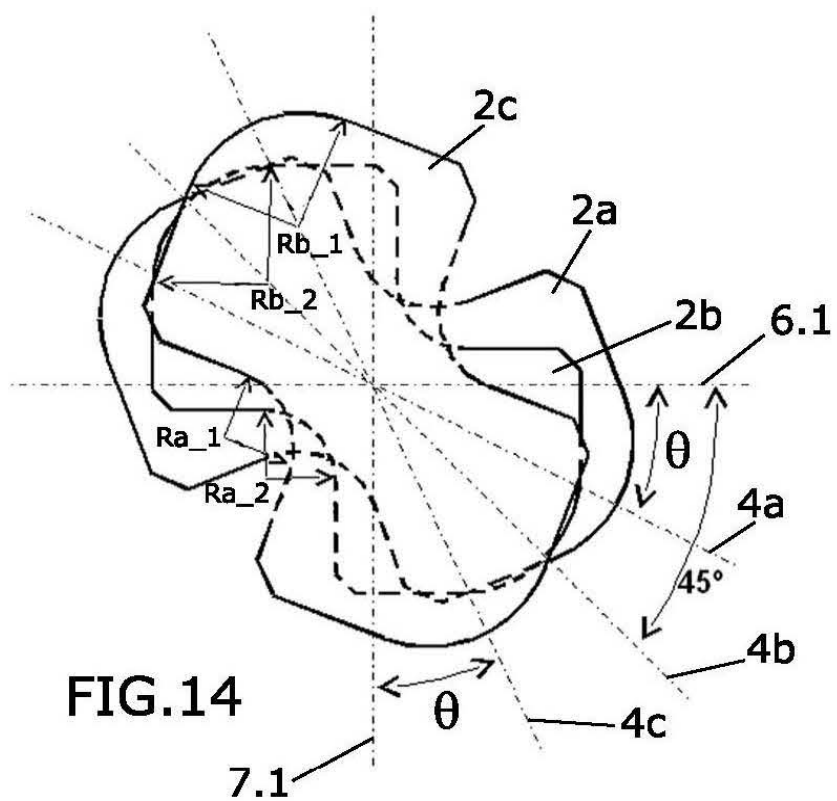
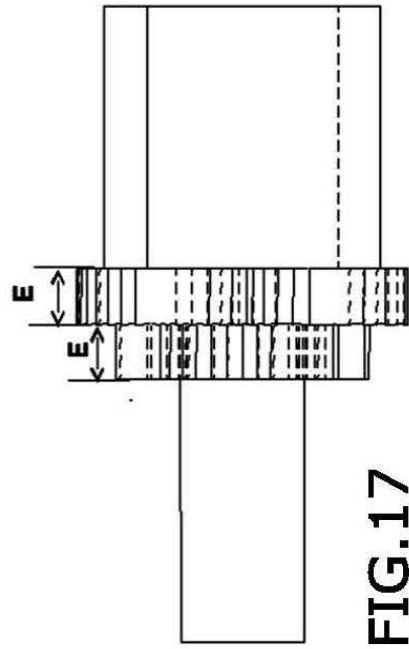
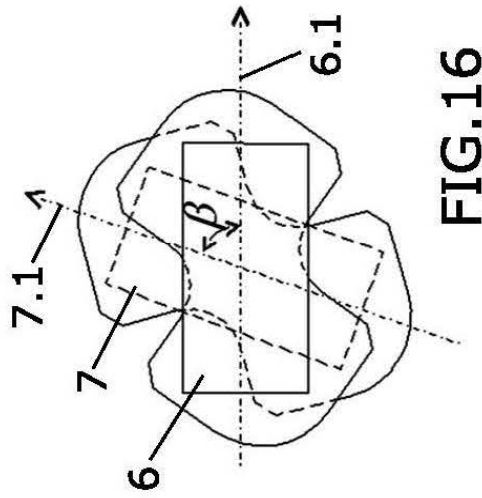
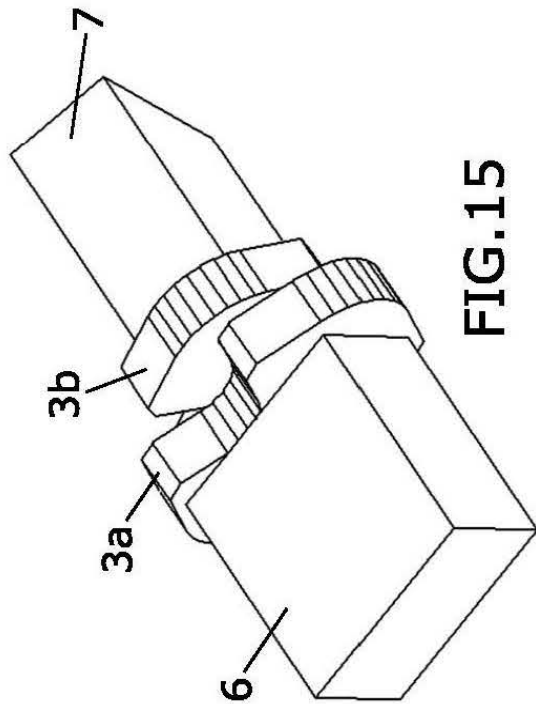


FIG. 13





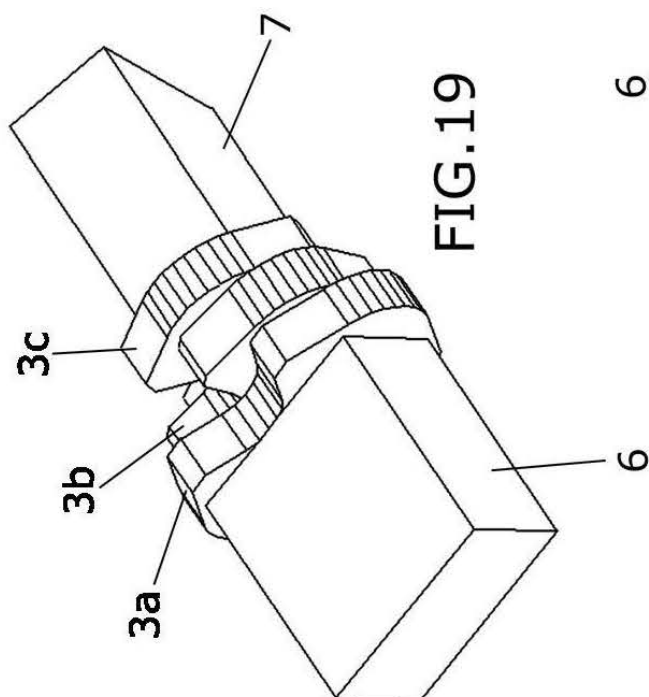


FIG. 19

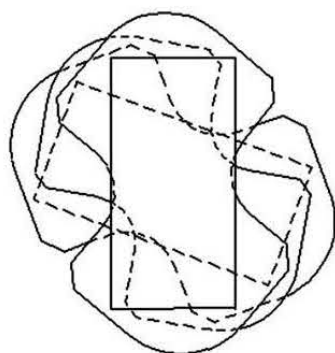


FIG. 20

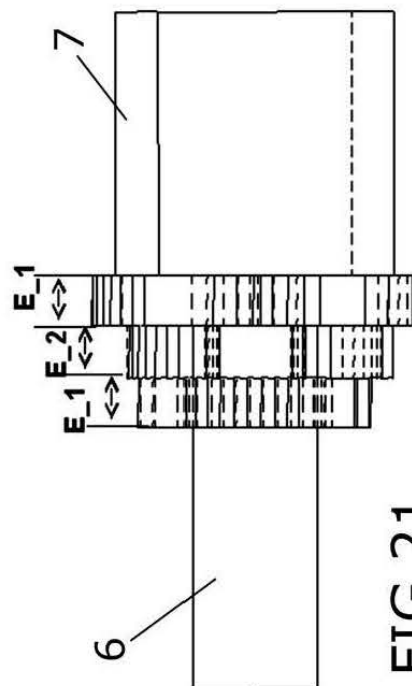


FIG. 21

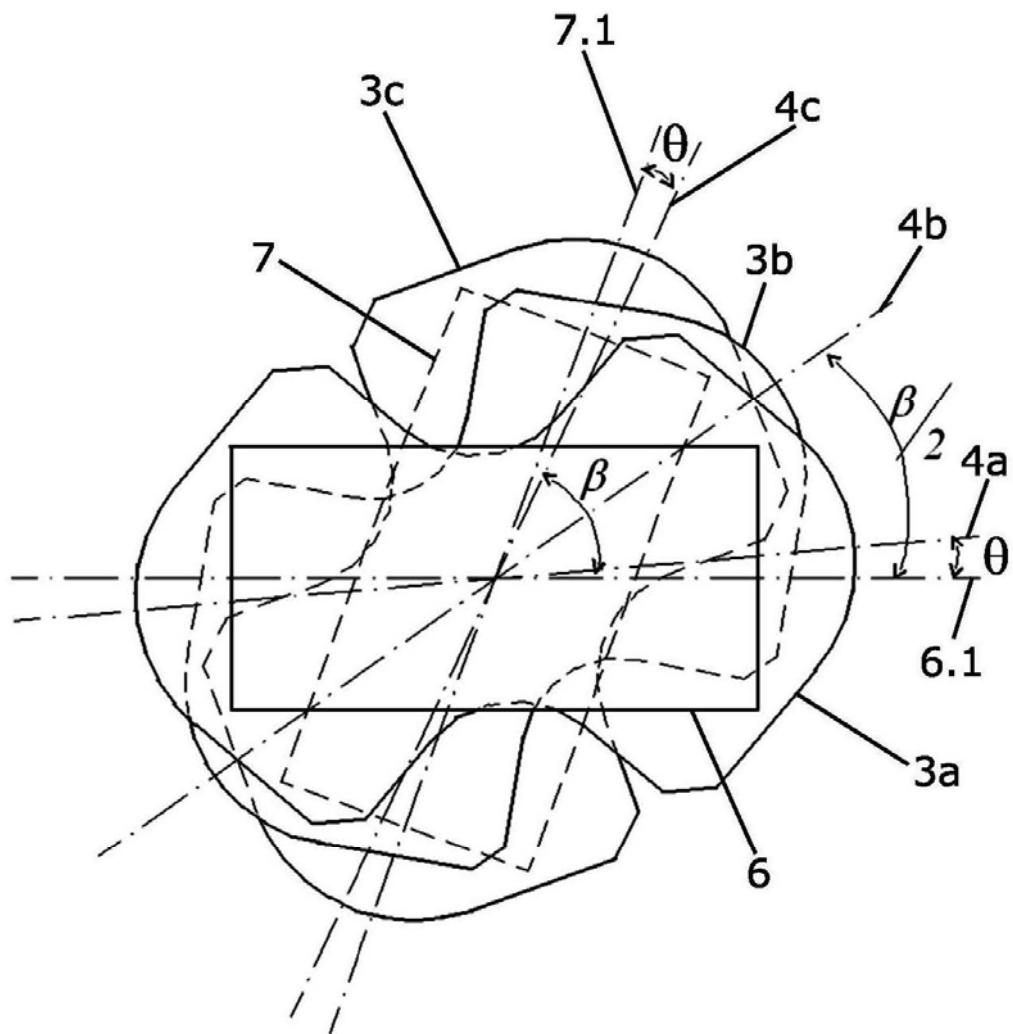


FIG.22

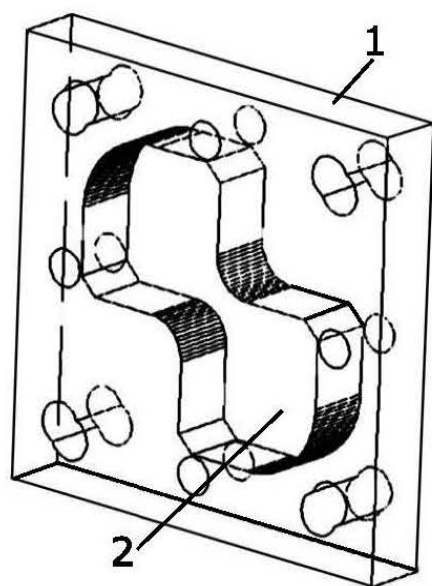


FIG. 23

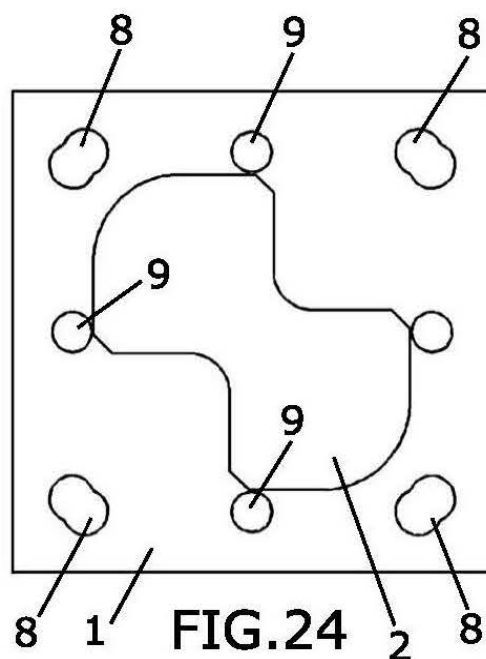


FIG. 24

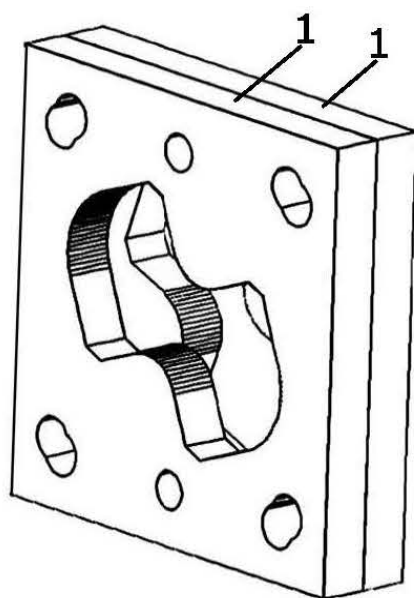


FIG. 25

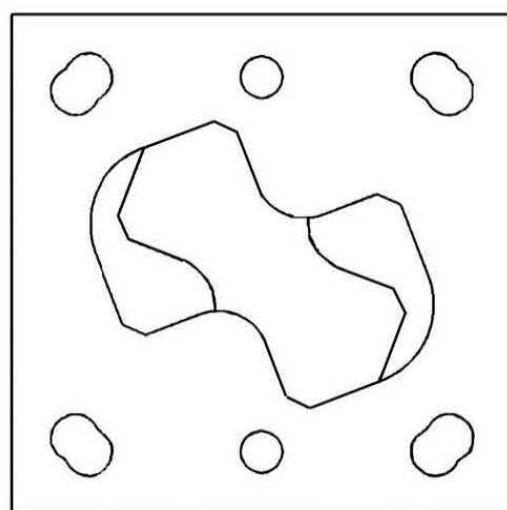
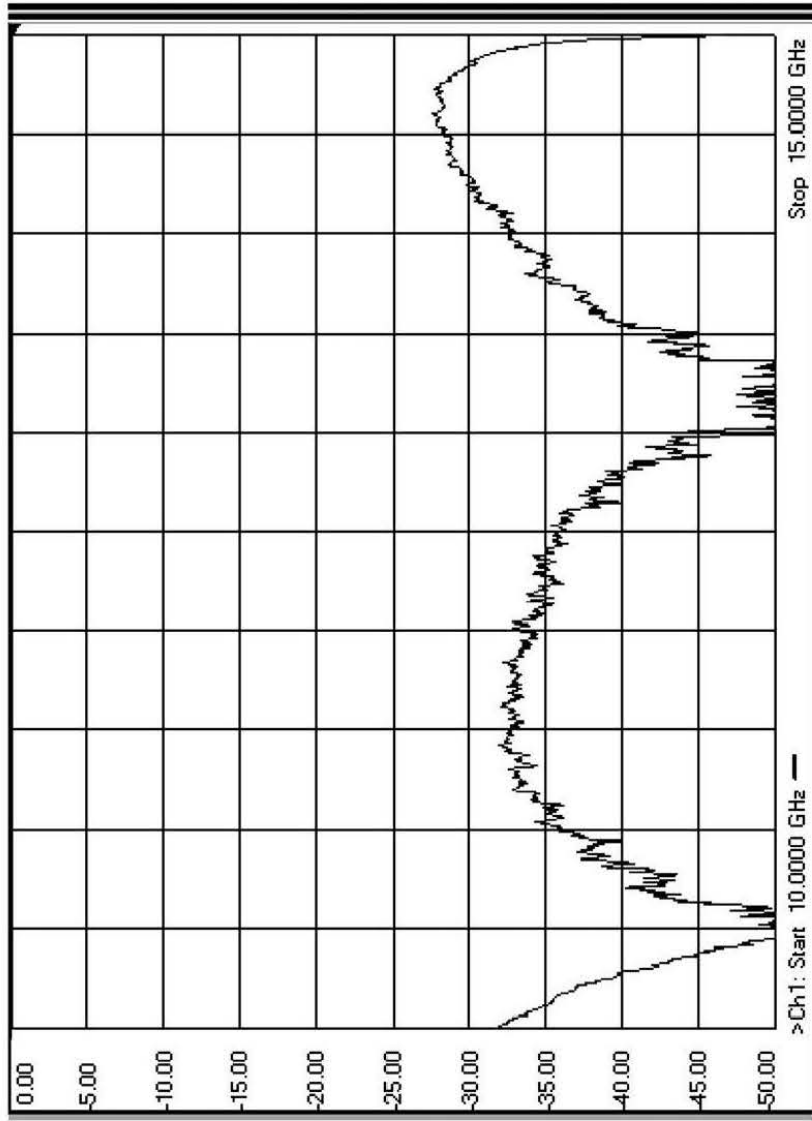


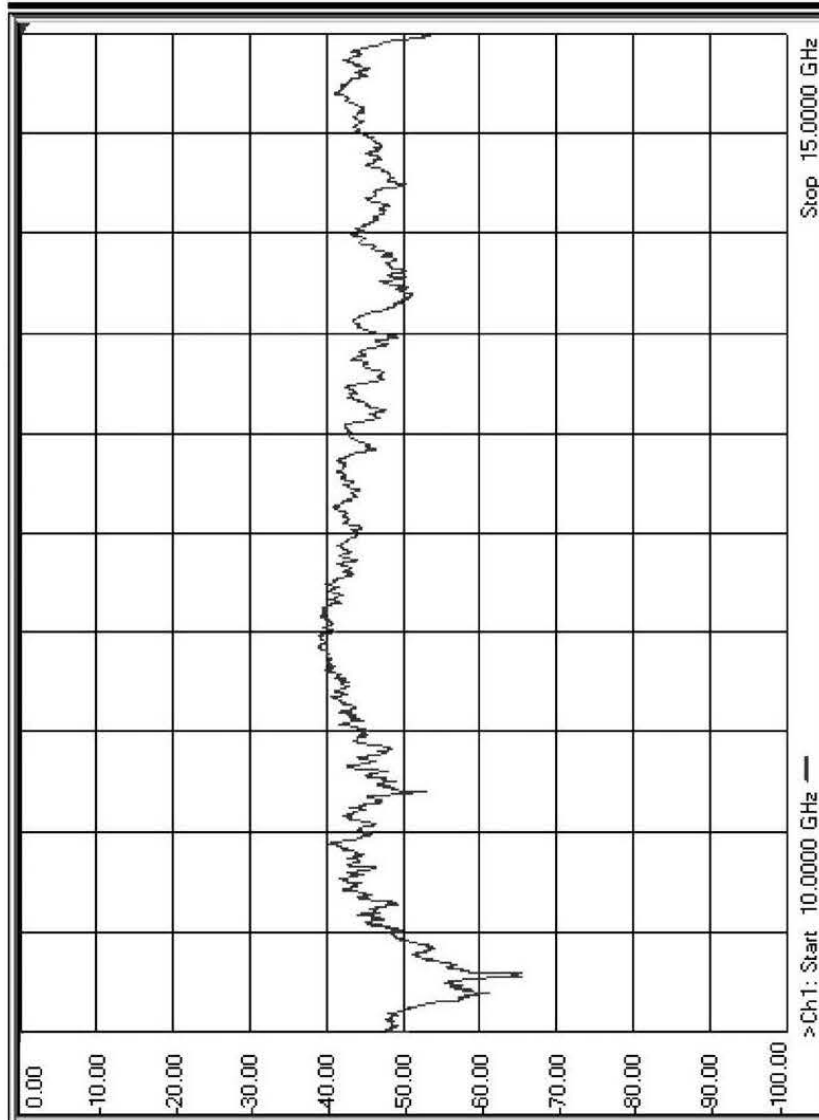
FIG. 26



Frecuencia (GHz)

$\beta=90^\circ$

FIG.27



Frecuencia (GHz)

FIG.28