

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 594 157**

51 Int. Cl.:

H01Q 21/00 (2006.01)

H01Q 13/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.11.2007 PCT/DE2007/002139**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.06.2008 WO08064655**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.11.2007 E 07856032 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.08.2016 EP 2100348**

54 Título: **Radiador de conductor hueco, especialmente para sistemas de radar de apertura sintética**

30 Prioridad:

01.12.2006 DE 102006057144

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

16.12.2016

73 Titular/es:

AIRBUS DS GMBH (100.0%)

Robert-Koch-Strasse 1

82024 Taufkirchen, DE

72 Inventor/es:

RÖMER, CHRISTIAN

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 594 157 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

Radiador de conductor hueco, especialmente para sistemas de radar de apertura sintética

La invención concierne a un radiador de conductor hueco, especialmente para sistemas de radar de apertura sintética, según la reivindicación 1.

- 5 Los radiadores de conductor hueco o de antenas en grupo o grupos de radiadores (radiadores) se utilizan, por ejemplo, en antenas agrupadas en fase de sistemas de radar de apertura sintética (SAR) con polarización simple y dual. Hasta ahora, se emplean como radiadores las llamadas antenas de parche de microtira o las antenas de conductor hueco ranuradas. Las primeras presentan altas pérdidas eléctricas y, debido a su red de alimentación eléctrica, no se pueden materializar eficientemente en longitudes de radiador superiores a aproximadamente siete longitudes de onda (aproximadamente 20 cm en la banda X). Las últimas requieren, debido a su comportamiento eléctricamente resonante, una precisión de fabricación muy alta y solo con mucho coste se pueden reproducir como grupos de radiadores dualmente polarizados. Por ejemplo, son necesarios conductores huecos con tabiques interiores para una polarización vertical o alambres oblicuamente introducidos para una polarización horizontal, así como complicados acoplamientos de los conductores huecos.
- 10
- 15 Se conoce por el documento EP0747994 A2 un radiador de conductor hueco con ranuras longitudinalmente dispuestas y un conductor interior adicional interiormente montado que presenta una forma ondulada.

Por tanto, el cometido de la presente invención consiste en proponer un radiador de conductor hueco eficiente y especialmente implementable a bajo coste, en particular para sistemas SAR.

- 20 Este problema se resuelve mediante un radiador de conductor hueco, especialmente para sistemas SAR, con las características según la reivindicación 1. Otras ejecuciones de la invención se desprenden de las reivindicaciones subordinadas.

- 25 Una idea esencial de la invención consiste en emplear como radiador un conductor hueco ranurado en el que está montado un conductor interior adicional, o sea, una llamada línea de barra. Este conductor interior está realizado con una conformación especial dependiente particularmente de la polarización para excitar todas las ranuras del conductor hueco con la misma fase. Para la fijación del conductor interior se puede disponer una capa de dieléctrico en el conductor hueco, sobre cuyo lado superior se monta el conductor interior, por ejemplo mediante una unión de pegadura. Se puede efectuar un acoplamiento en el centro del radiador por medio de una transición coaxial directa, en la que el alma del cable coaxial acoplado está unida con el conductor interior.

- 30 El radiador de antenas en grupo según la invención es especialmente adecuado para antenas agrupadas en fase de sistemas SAR con polarización simple y dual, especialmente para radiadores en sistemas SAR asistidos por satélite con aperturas solamente de recepción, tales como sistemas SAR HRWS (High Resolution Wide Swath – amplio barrido con alta resolución), eventualmente para radiadores en sistemas SAR de banda C, tal como Sentinel 1, y para radiadores en sistemas de banda X semejantes a TerraSAR/Tandem-X.

- 35 La invención tiene la ventaja de que, en contraste con conductores huecos ranurados convencionales, los modos de propagación no son más dispersivos, sino que corresponden a los de líneas coaxiales, es decir, modos TEM. Se puede aumentar así el ancho de banda. Además, los cortes transversales de los conductores huecos se pueden reducir considerablemente en su tamaño, ya que en los modos TEM no existe una frecuencia límite inferior (la llamada frecuencia de corte). Otra ventaja consiste en que la resonancia es independiente del corte transversal, con lo que las tolerancias de frecuencia ya no repercuten negativamente sobre las prestaciones eléctricas. Asimismo, es ventajoso que el acoplamiento se puede efectuar en la invención mediante una transición coaxial directa, que se puede materializar mecánicamente de una manera muy sencilla, por ejemplo mediante hembras empotrables SMA usuales en el mercado. Por último, con la invención se pueden materializar frente a las antenas de parche de microtira unas longitudes de radiador netamente mayores, por ejemplo hasta aproximadamente 80 cm en la banda X.
- 40

- 45 Un ejemplo concierne ahora según una forma de realización a un radiador de conductor hueco, especialmente para sistemas SAR, que comprende

- un conductor hueco ranurado con una pluralidad de ranuras practicadas en el conductor hueco; y

- 50 - un conductor interior adicional montado en el interior del conductor hueco y conformado en función de la polarización de tal manera que todas las ranuras del conductor hueco puedan ser excitadas con la misma fase y la misma amplitud.

En otra forma de realización el conductor hueco ranurado puede estar lleno parcialmente de un material dieléctrico sobre el cual está dispuesto el conductor interior adicional. Esto tiene la ventaja de que esta forma de realización hace posibles una fabricación sencilla y, no obstante, una disposición robusta del conductor interior adicional en el conductor hueco.

5 El conductor interior adicional puede presentar también en una forma de realización una forma ondulada. Esto tiene la ventaja de que así se puede realizar una adaptación de la velocidad de propagación en dirección longitudinal y se puede adaptar con ello la evolución de fase en el conductor interior a la distancia de las ranuras, de modo que mediante la forma ondulada se asegura que todas las ranuras del radiador del conductor hueco ranurado sean excitadas con la misma fase.

Asimismo, el conductor interior adicional puede ser también asimétrico. Esto ofrece una ventaja especialmente cuando la alimentación del conductor hueco se aleja del centro en dirección longitudinal. De este modo, se puede ajustar una relación de fase cualquiera entre las mitades izquierda y derecha del conductor hueco, y especialmente se puede conseguir una radiación de igual fase de una onda desde todas las ranuras del conductor hueco.

10 El conductor hueco ranurado puede presentar también ranuras transversales, con lo que el conductor hueco está configurado para irradiar ondas horizontalmente polarizadas. De este modo, se pueden asegurar, en combinación con el conductor interior, una alta eficiencia y una alta pureza de la onda horizontalmente polarizada.

15 Asimismo, según una forma de realización, una alimentación del conductor hueco puede estar dispuesta asimétricamente en la dirección de extensión longitudinal. Esto ofrece la ventaja de que esta alimentación del conductor hueco define dos mitades del mismo, de modo que una señal conducida en el conductor interior adicional puede presentar una fase diferente en las dos mitades del conductor hueco. Esto hace posible una adaptación del comportamiento de radiación de ondas que se propagan en el conductor hueco adicional desde la alimentación en direcciones contrarias.

20 Es favorable también que la alimentación del conductor hueco esté dispuesta en el mismo de tal manera que se definan por la alimentación dos secciones de conductor hueco en las que, durante el funcionamiento del conductor, se propague una onda con una diferencia de fase de aproximadamente 180°, referido al centro del conductor hueco. Esto hace posible que todas las ranuras sean excitadas a la frecuencia media con la misma fase, con lo que se puede lograr la alta pureza del comportamiento de radiación de un radiador de conductor hueco de esta clase.

25 El conductor hueco adicional puede presentar también en otra forma de realización una forma ondulada. La longitud y el número de las secciones de ondulación están adaptados aquí a la distancia de las ranuras de tal manera que un número fijo de secciones de ondulación se encuentre siempre entre ranuras consecutivas. En particular, de modo que la forma ondulada tenga en una sección de ondulación un ángulo de rotación ϕ_{ih} y un radio x_h , en donde se cumple que

$$x_h = \frac{mea_{wh}^2 + mea_{ih}^2}{4 \cdot mea_{wh}} \quad \phi_{ih} = 2 \cdot \arctan\left(\frac{mea_{wh}}{2 \cdot mea_{ih}}\right)$$

30 en donde mea_{wh} define la profundidad transversal de una sección de ondulación y mea_{ih} define la longitud de una sección de ondulación del conductor interior adicional. Esto tiene la ventaja de que, mediante una elección adecuada del espesor de las ondulaciones y el número de secciones de ondulación del conductor adicional entre ranuras consecutivas, se puede asegurar que la excitación deseada de las distintas ranuras se efectúe en la relación de fase prefijada entre ellas.

35 Asimismo, en otra forma de realización el conductor interior adicional puede presentar a partir de un punto de alimentación dispuesto en una zona central del conductor interior adicional, en la dirección de los extremos del conductor hueco, una pluralidad de secciones de ondulación iguales. Esto fomenta adicionalmente la excitación homofásica de las distintas ranuras del conductor hueco.

40 Según otra forma de realización, entre el punto de alimentación y una primera sección de ondulación del conductor interior puede estar dispuesto un segmento recto del conductor interior. Esto ofrece la ventaja de que, mediante la previsión de un corto segmento recto de esta clase entre el punto de alimentación y la primera sección de ondulación del conductor interior, es posible una sintonización finamente ajustable de la excursión de fase de una oscilación en esta sección del conductor interior adicional, sin tener que realizar una corrección o adaptación de la geometría de la sección de ondulación.

45 En otra forma de realización el conductor interior puede presentar en la zona de un extremo del conductor hueco un segmento recto del conductor interior como terminación de línea abierta. La longitud eléctrica de esta terminación de línea está dimensionada en este caso en un cuarto de la longitud de onda de la línea. Se puede conseguir así que las sobreelevaciones de corrientes de la onda estacionaria que se forma se encuentren exactamente debajo de las ranuras y, por tanto, quede garantizada una excitación óptima de las ranuras para producir la radiación. Esto se puede materializar bien y simplemente mediante la terminación de línea abierta en forma del segmento recto.

50 Según otra forma de realización, el conductor hueco ranurado puede presentar ranuras longitudinalmente dispuestas, con lo que el conductor hueco está configurado para irradiar ondas verticalmente polarizadas. Esta forma de realización vuelve a ofrecer entonces también la ventaja de que se puede generar e irradiar por el radiador

de conductor hueco una onda verticalmente polarizada de una manera altamente eficiente y con un alto grado de pureza.

5 Es favorable también que el conductor interior adicional presente un punto de alimentación que esté dispuesto centrado en el conductor hueco ranurado y simétricamente con respecto a las ranuras. Esto hace posible, en el caso de ranuras longitudinalmente dispuestas en el conductor hueco, una excitación sincrónica en fase, de modo que las distintas ranuras irradian una onda con la misma fase.

10 El conductor interior adicional puede presentar en otra forma de realización una forma ondulada con una pluralidad de secciones de ondulación. Se puede realizar así ventajosamente una adaptación de la longitud de una onda guiada en el conductor interior adicional a las distancias de las distintas ranuras. Además, se puede conseguir así que se asegure una irradiación homofásica de todas las ranuras.

Una sección de ondulación puede presentar también una sección recta y una sección curvada. En particular, la sección curvada puede producir un guiado transversal de una onda – que se propaga en el conductor interior adicional – en la zona de las ranuras, de modo que, mediante el flujo de corriente transversalmente a la longitud de las ranuras, se asegura una irradiación óptima de una onda electromagnética por la ranura.

15 En particular, la sección curvada puede presentar tres secciones de curvatura, de las cuales una primera y una tercera secciones de curvatura presentan cada una de ellas un primer o un tercer radio de curvatura x_1 y un primer o un tercer ángulo de curvatura ϕ_{1v} según

$$x_1 = \frac{\left(\frac{mea_{wv}}{2}\right)^2 + mea_{dv}^2}{2 \cdot mea_{wv}} \quad \phi_{1v} = 2 \cdot \arctan\left(\frac{mea_{wv}}{2 \cdot mea_{dv}}\right)$$

20 y una segunda sección de curvatura dispuesta entre las secciones de curvatura primera y tercera consta de dos secciones de curvatura parciales con un respectivo segundo radio de curvatura x_2 y un respectivo segundo ángulo de curvatura ϕ_{2v} según

$$x_2 = \frac{mea_{wv}^2 + mea_{dv}^2}{4 \cdot mea_{wv}} \quad \phi_{2v} = 2 \cdot \arctan\left(\frac{mea_{wv}}{mea_{dv}}\right)$$

25 en donde mea_{wv} define la profundidad transversal de la segunda sección de curvatura y mea_{dv} define la longitud de las tres secciones de curvatura del conductor interior adicional. Con esta geometría resulta una profundidad transversal de las secciones de curvatura primera y tercera que es exactamente la mitad de la profundidad transversal de la segunda sección de curvatura. Gracias a esta geometría en la zona de la sección curvada del conductor interior adicional, éste discurre transversalmente en la zona central de la ranura situada encima del mismo. Las corrientes transversales así generadas excitan la ranura para la irradiación de una onda verticalmente polarizada.

30 Asimismo, el conductor interior puede presentar en la zona de un extremo del conductor hueco una terminación de línea abierta que presenta una parte de una sección curvada con una primera sección de curvatura, seguida por un segmento de conductor recto y seguida también por una segunda sección de curvatura, así como otro segmento de conductor interior recto. De este modo, se forma una especie de “media” sección de ondulación en la zona de un extremo del conductor hueco, de modo que en el extremo del conductor hueco se hacen posibles también un guiado transversal de las ondas y, por tanto, una desviación transversal del campo de las ondas, con lo que la ranura más exterior es excitada para radiación de la misma manera que las ranuras situadas delante de ella. La terminación de línea abierta está dimensionada aquí en su longitud de modo que la onda estacionaria que se forma en el conductor hueco presente sobreelevaciones de corriente en los segmentos de línea transversalmente guiados en posición centrada por debajo de las ranuras situadas encima. Se asegura así un comportamiento de irradiación óptimo de todas las ranuras.

Según otra forma de realización, un radiador de antenas en grupo presenta las características siguientes:

- un primer radiador de conductor eléctrico que está configurado para emitir durante un tiempo de funcionamiento ondas horizontalmente polarizadas; y
 - un segundo radiador de conductor hueco que está configurado para emitir durante un tiempo de funcionamiento ondas verticalmente polarizadas.
- 45

- Asimismo, los radiadores de conductor hueco primero y segundo pueden estar orientados longitudinalmente uno con respecto a otro y presentar la misma longitud. De este modo, se puede emitir una onda TEM por los dos radiadores de conductor hueco en un dominio espacialmente pequeño, con lo que, a una distancia mayor de las aberturas, el radiador de conductor hueco ya no puede reconocer directamente que se ha generado la onda TEM por los dos radiadores de conductor hueco.
- El primer radiador de conductor hueco puede estar dispuesto también con decalaje horizontal y vertical respecto del segundo radiador de conductor hueco. De este modo, se pueden variar o adaptar ventajosamente parámetros de uso para el radiador de antenas en grupo que resulten del dominio de longitudes de onda empleado para el que está previsto el radiador de antenas en grupo.
- En otra forma de realización un material eléctricamente conductor puede estar dispuesto en la zona originada por el decalaje. Esto ofrece la ventaja de que, en caso de un decalaje entre los dos radiadores de conductor hueco, no se puedan producir radiaciones perturbadoras en la zona que se presente debido al decalaje.
- Según otra forma de realización, se ha previsto un dispositivo de radar de apertura sintética (SAR), especialmente un dispositivo de radar de apertura sintética con alta resolución, que comprende un radiador de conductor hueco según la invención o un radiador de antenas en grupo. El dispositivo SAR puede consistir especialmente en un sistema HRWS. El radiador de antenas en grupo puede estar configurado para ello especialmente como un radiador para un sistema SAR de banda C, tal como Sentinel 1, y también como un radiador para un sistema de banda X semejante a TerraSAR/Tandem-X.
- Otras ventajas y posibilidades de aplicación se desprenden de la descripción siguiente en combinación con los ejemplos de realización representados en los dibujos.
- En la descripción, en las reivindicaciones, en el resumen y en los dibujos se emplean los términos y símbolos de referencia asociados que se han empleado en la lista de símbolos de referencia añadidas al final de esta memoria.
- Los dibujos muestran en:
- La figura 1, una vista de un conductor hueco de polarización horizontal (HP) según un ejemplo de realización;
- La figura 2, una configuración interna del conductor hueco HP representado en la figura 1;
- La figura 3, un corte transversal de un conductor hueco HP según un ejemplo de realización de la presente invención;
- La figura 4, una distribución de ranuras transversales en un conductor hueco HP;
- La figura 5, una vista general de los parámetros de las ranuras en un conductor hueco HP;
- La figura 6, asimetrías entre el centro y la primera ranura en cualquier dirección;
- La figura 7, una representación de los parámetros geométricos del diseño del conductor interior HP;
- La figura 8, una representación de una sección de ondulación del conductor interior HP;
- La figura 9, una representación de la geometría de la sección de ondulación según un ejemplo de realización;
- La figura 10, una terminación de línea abierta en el extremo de un conductor hueco HP con conductor interior según un ejemplo de realización;
- La figura 11, una representación del decalaje de una alimentación del conductor hueco HP;
- La figura 12, una representación del corte transversal de una alimentación del conductor hueco;
- La figura 13, una representación de la vista en planta de la alimentación del conductor hueco;
- La figura 14, una vista de un conductor hueco de polarización vertical (VP);
- La figura 15, una representación de la constitución interna de un conductor hueco VP;
- La figura 16, una representación en corte transversal a través de un conductor hueco VP;
- La figura 17, una representación de la distribución de ranuras a lo largo de un conductor hueco VP;
- La figura 18, una vista general de los parámetros de las ranuras de un conductor hueco VP;
- La figura 19, una vista lateral de la geometría de una alimentación del conductor hueco;

La figura 20, una representación en vista en planta de la alimentación del conductor hueco en forma de una alimentación coaxial;

La figura 21, una representación de una forma de un conductor interior en un conductor hueco VP;

La figura 22, una vista general de los parámetros geométricos de un diseño de conductor hueco;

5 La figura 23, una representación de dos primeras secciones de ondulación de un conductor hueco VP con conductor interior;

La figura 24, una representación de una terminación de línea abierta en el extremo de un conductor hueco VP;

La figura 25, una vista de un conductor hueco HP-VP como radiador de antenas en grupo;

La figura 26, una vista general de los parámetros geométricos de un radiador dualmente polarizado;

10 La figura 27, una representación gráfica de la amortiguación de la reflexión en dB para un radiador VP y un radiador HP;

La figura 28, una representación gráfica de un comportamiento de acoplamiento entre radiadores VP y HP en dB;

La figura 29, una representación gráfica de la directividad de un radiador HP en el campo lejano en acimut; y

La figura 30, una representación gráfica de la directividad de un radiador VP en el campo lejano en acimut.

15 En lo que sigue los elementos iguales y/o funcionalmente iguales pueden estar provistos de los mismos símbolos de referencia. Los valores absolutos y datos de medida indicados en lo que sigue son solamente valores tomados a título de ejemplo y no representan ninguna restricción de la invención a tales dimensiones.

20 Las explicaciones siguientes describen la configuración de un radiador de antenas de microondas dualmente polarizado, llamado radiador TEM. El campo de aplicación son las antenas agrupadas en fase planares como las que se utilizan en calidad de elemento radiante en los sistemas de radar de apertura sintética (SAR) de la aviación o la navegación espacial. Para estas aplicaciones se emplean habitualmente antenas de parche de microtira o antenas de conductor hueco ranurado, aunque éstas traen consigo algunos inconvenientes que pueden superarse con esta nueva clase de radiador.

25 Las propiedades necesarias de los radiadores son alta eficiencia eléctrica (bajas pérdidas óhmicas), ancho de banda suficientemente grande y supresión polar en cruz. Para un diseño flexible de antenas en grupo es deseable, además, tener radiadores que puedan escalarse fácilmente en tamaño.

30 El parche de microtira es un radiador que se puede fabricar de manera relativamente sencilla, aun cuando la capacidad eléctrica sea limitada por altas pérdidas óhmicas que son especialmente acusadas para longitudes de radiador relativamente grandes. En consecuencia, la utilización de parches de microtira está restringida a aplicaciones con cortos centro de fase que son necesarios solamente para un modo de funcionamiento de alta resolución (por ejemplo, modo de luz concentrada).

35 La antena de conductor hueco ranurado es un radiador altamente eficiente que se aplicó en algunas misiones SAR de navegación espacial (por ejemplo, X-SAR, SRTM, TerraSAR-X). La capacidad de doble polarización se logra por medio de un concepto de conductores huecos en paralelo en el que dos conductores huecos separados, con uno de ellos para cada polarización lineal, están orientados en forma yuxtapuesta. A causa del comportamiento de resonancia, la aplicación de estos radiadores está limitada a aplicaciones de banda estrecha. Además, su fabricación es muy cara, ya que es necesaria una precisión mecánica muy alta y la geometría del radiador es muy compleja. Puesto que la tendencia en los modernos sistemas SAR es hacia mayores anchos de banda y al mismo tiempo costes de uso más bajos, el conductor hueco ranurado resulta cada vez menos atractivo para futuras misiones SAR. Por el contrario, se requieren diseños de radiador alternativos que combinen la capacidad eléctrica del conductor eléctrico ranurado (alta eficiencia y pureza de polarización) junto con bajos costes de producción. A este fin, se ha desarrollado el radiador TEM.

45 El radiador TEM es una mejora de las antenas de conductor hueco ranuradas convencionales. Esta mejora se logra debido a que se añade al conductor hueco un conductor interior (conductor interior, línea de barra) que está especialmente adaptado para cada polarización. El conductor interior varía el comportamiento eléctrico fundamental del conductor hueco. El nombre "radiador TEM" proviene de los modos eléctricos que se difunden en este conductor hueco. TEM significa "transversal-eléctrico-magnético". Una propiedad principal de estos modos es que no son dispersivos. El radiador TEM se diferencia en este punto de los conductores huecos ranurados convencionales que se basan en modos TE que muestran un comportamiento dispersivo y cuya resonancia depende en alto grado del corte transversal del conductor hueco. Dependiendo de la frecuencia límite del conductor hueco (frecuencia de corte), la dispersión restringe considerablemente el ancho de banda obtenible.

Los conductores interiores en el radiador TEM pueden fabricarse fácilmente a muy bajo coste mediante un proceso de corrosión o un proceso de fresado. Los conductores huecos pueden fabricarse a base de aluminio con una propiedad atractiva de tal manera que varios radiadores se agrupen juntos en un bloque (concepto de losetas).

5 A continuación, se describe la configuración geométrica detallada de los radiadores TEM comenzando con una descripción separada para cada polarización (polarización H/V). Se describe luego la configuración del radiador completo dualmente polarizado. Por último, se muestra la capacidad eléctrica medida. El diseño se ha proyectado a modo de ejemplo para un radiador en la banda X (frecuencia media: 9,65 GHz) y una longitud del radiador de 400 mm. El radiador puede escalarse fácilmente a otra frecuencia media (por ejemplo, banda C) o a otras longitudes de radiador variando para ello el número de ranuras.

10 Descripción geométrica

En este párrafo se hace un resumen de todos los parámetros y procedimientos de diseño de conductores huecos HP y VP.

- Polarización horizontal (HP)

En la figura 1 se muestra una perspectiva general del conductor hueco horizontalmente polarización 10.

15 La técnica empleada en el proyecto de un radiador HP sigue los mismos principios que en el del radiador VP. La forma externa del conductor hueco 10 corresponde a la del radiador HP en Terra-SAR X. Sin embargo, para excitar las ranuras se introduce un conductor interior ondulado 12 asentado sobre una capa dieléctrica a lo largo del conductor hueco 10 (véase la figura 2).

Los párrafos siguientes ofrecen una explicación más detallada del diseño del conductor hueco HP.

20 - Corte transversal

El fundamento del radiador HP es un conductor hueco rectangular convencional 10 con unas dimensiones a_h (anchura de pared grande) y b_h (anchura de pared pequeña), tal como se muestra en la figura 3. Todas las paredes tienen un espesor w y la longitud del conductor hueco 10 viene definida por l .

25 Además, se llena el conductor hueco 10 a lo largo de su longitud con *Eccostock Lok*, un material dieléctrico con ϵ_r igual a 1,7. La altura del dieléctrico se parametriza por medio de h_{dih} .

- Diseño de las ranuras

30 Para transformar el conductor hueco rectangular 10 en un radiador se han cortado algunas ranuras transversales 14 en la pared superior a lo largo de la longitud del conductor hueco 10 (véase la figura 4). En conjunto, se disponen 16 ranuras 14 simétricamente con respecto al centro del conductor hueco 10, ocho en cada mitad de éste. La distancia $d_{ranurah}$ entre las ranuras 14 es una longitud de onda λ_g de la línea.

La geometría de las ranuras transversales 14 se muestra en la figura 5. Como se muestra, la anchura de las ranuras viene definida por $w_{ranurah}$ y la ranura 14 se corta en la pared lateral del conductor hueco 10 en una longitud l_{ov} .

- Diseño del conductor interior

35 Dado que el punto de alimentación 16 no se coloca en el centro del conductor hueco 10, el conductor interior 12 en el conductor hueco HP tampoco es simétrico. Sin embargo, las asimetrías entre el centro del conductor hueco 10 y la primera ranura 14 se fijan en cualquier dirección correspondiente (véase la figura 6). Esto significa que, para simplificar el diseño, tenemos en cuenta que el conductor interior 12 sea simétrico a lo largo de las dos mitades del conductor hueco 10 desde la primera ranura hasta el extremo del conductor interior 12.

40 Se describe seguidamente el diseño del conductor interior 12 entre las ranuras centrales, en donde se explica la alimentación 16 del conductor hueco 10.

En la figura 7 se muestra una imagen más detallada de la forma de ondulación y de los parámetros empleados.

Para proyectar la ondulación es necesario elegir un ángulo de giro idóneo y el centro del eje de rotación. La figura 8 muestra más exactamente la sección de ondulación que se repite a lo largo de todo el conductor hueco.

45 Antes de que se prosiga con el diseño del conductor, es interesante ver en detalle las expresiones que se han empleado para el cálculo del radio y del ángulo. La figura 9 muestra el caso general de dos secciones del conductor interior, de anchura m , que tienen que unirse por medio de una sección de ondulación. Los parámetros necesarios para la construcción de la sección de ondulación son el centro c o el radio R y el ángulo ϕ en el que debe producirse el giro.

50 Según la geometría anterior, se pueden definir dos lados de triángulo de igual longitud (las longitudes de los dados corresponden a m , m y 2^*a) en ambas secciones de línea recta. El "borde de unión" (también llamado "join edge", en

donde se juntan las dos secciones de ondulación) se define aprovechando la línea paralela central que pasa por el paralelogramo que se forma entre ambos triángulos. Este borde y la prolongación del lado estrecho de la sección de onda definen el radio de rotación.

Teniendo en cuenta esta geometría, se pueden hacer algunas manifestaciones:

$$\begin{aligned} \varphi &= 2\alpha & \alpha &= \arctan \frac{w}{d} \\ a &= m \cdot \sin \alpha & o &= \frac{b-2a}{2} \\ b &= \sqrt{w^2 + d^2} \end{aligned} \tag{2.1}$$

5

Por tanto, se puede calcular φ fácilmente por medio de la ecuación (2.2).

$$\varphi = 2\alpha = 2 \cdot \arctan \frac{w}{d} \tag{2.2}$$

Para obtener R se puede aplicar el juego de rayos para los dos lados iguales del triángulo de la figura 9.

$$\frac{2a}{m} = \frac{b}{m+2r} \tag{2.3}$$

10 Si se despeja el valor de r y se le utiliza en (2.1), se obtiene la expresión siguiente

$$\begin{aligned} r &= \frac{mb}{4a} - \frac{m}{2} = \frac{b}{4 \cdot \sin \alpha} - \frac{m}{2} = \frac{\sqrt{w^2 + d^2}}{4 \cdot \sin(\arctan w/d)} - \frac{m}{2} \\ r &= \frac{\sqrt{w^2 + d^2}}{4 \cdot \frac{w/d}{\sqrt{1 + \frac{w^2}{d^2}}}} - \frac{m}{2} = \frac{w^2 + d^2}{4 \cdot w} - \frac{m}{2} \end{aligned} \tag{2.4}$$

Se sigue de esto que:

$$R = r + \frac{m}{2} = \frac{w^2 + d^2}{4 \cdot w} \tag{2.5}$$

15 Siguiendo la explicación de la geometría en el párrafo precedente, se pueden definir como sigue especialmente las ecuaciones (1.2) y (2.5), el ángulo de rotación ϕ_{h_i} y el radio x_h :

$$x_h = \frac{mea_{w_h}^2 + mea_{d_h}^2}{4 \cdot mea_{w_h}} \quad \phi_{h_i} = 2 \cdot \arctan \left(\frac{mea_{w_h}}{2 \cdot mea_{d_h}} \right) \tag{2.6}$$

La ondulación se repite simétricamente a lo largo del conductor hueco 10 desde la primera ranura 14. El conductor interior 12 está limitado en ambos lados con una terminación de línea abierta 20 de longitud $l_{muñón}$, tal como se muestra en la figura 10.

- Diseño de la alimentación del conductor hueco

5 En el conductor hueco HP 10 la alimentación 16 no es simétrica en la dirección longitudinal (eje z), si bien se disponen simétricamente las ranuras 14. Esta alimentación se ha desplazado un poco para incluir una fase de 180° entre ambas mitades del conductor hueco 10. Así, todas las ranuras 14 son excitadas con la misma fase a la frecuencia media (véase la figura 11).

Aparte de este decalaje, el diseño de la alimentación es exactamente el mismo que en el caso del conductor hueco VP. Una alimentación coaxial 16 (hembra SMA) se enchufa en el conductor hueco y el conductor central se une con el circuito de alimentación del conductor interior por medio de un taladro para el conductor coaxial interior.

10 En la figura 12 se muestra un corte transversal de la alimentación coaxial 16 y se introducen los diferentes parámetros de diseño.

15 Como se ha explicado anteriormente, las asimetrías en el conductor interior 12 entre el centro del conductor hueco 10 y la primera ranura 14 se fijan en cualquier dirección. Como puede verse en la figura 13, la alimentación 16 ha sido desplazada por $O_{\text{alimentación}}$ a lo largo del eje +z. La sección de ondulación se repite a lo largo del conductor hueco 10 hasta la primera ranura 14 a la izquierda y a la derecha del punto de alimentación 16. A causa del decalaje de la alimentación se suma una ondulación y media a la rama derecha del conductor interior 12 (eje -z).

Para reunir la alimentación coaxial 16 y el conductor interior 12 se añade una línea de anchura w_{tfn} y se la estrecha cónicamente hasta la anchura del conductor interior w_{barra} . Esta capacidad de transformación es simétrica con respecto al punto coaxial de alimentación 16. Por último, se añade una sección recta del conductor interior 12 en la rama derecha para llenar la distancia entre la alimentación 16 y la ondulación.

20 Polarización vertical VP

En la figura 14 se muestra una vista general de un conductor hueco verticalmente polarizado 10.

En la figura 15 se muestra la constitución interior con capa dieléctrica y conductor interior.

25 En este nuevo diseño se llena parcialmente el conductor hueco 10 con un dieléctrico y este conductor irradia gracias a un conductor interior 12 que se coloca a lo largo de la longitud del conductor hueco y que excita las ranuras longitudinales 14 que se han fresado en el conductor hueco. En los párrafos siguientes se da una explicación más detallada de este conductor hueco VP.

- Corte transversal

30 El fundamento del radiador VP es un conductor hueco rectangular usual 10 con bordes a_v (anchura de pared grande) y b_v (anchura de pared pequeña), como se muestra en la figura 16. Todas sus paredes tienen un espesor de w y la longitud del conductor hueco 10 viene definida por l .

Además, el conductor hueco 10 está lleno a lo largo de su longitud con Eccostock SH1, un material dieléctrico con ϵ_r igual a 1,04. La altura del dieléctrico se parametriza por medio de h_{div} .

Diseño de las ranuras

35 Para transformar un conductor hueco rectangular 10 en un radiador se cortan ranuras longitudinales 14 en la pared superior y a lo largo de la longitud del conductor hueco 10 asimétricamente con respecto al punto de alimentación 16, como muestra la figura 17.

La longitud eléctrica entre las ranuras 14 es una longitud de onda λ_g de la línea; en consecuencia, los parámetros del conductor interior tienen que ajustarse de modo que se obtengan 360 grados de diferencia de fase entre ranuras consecutivas.

40 La forma de la ranura 14 se muestra en la figura 18. Los extremos de la ranura están redondeados, ya que esto facilita el proceso de fresado.

- Diseño de la alimentación del conductor hueco

45 El radiador es alimentado por una alimentación coaxial 16 (enchufe macho SMA) que se coloca en el centro del conductor hueco 10, como se muestra en la figura 19. Los radios del blindaje coaxial, del dieléctrico coaxial y del conductor interior coaxial son r_{co} , r_{di} y r_s , respectivamente. La alimentación 16 está incorporada en el conductor hueco 10 con una altura h_{tuerca} de la tuerca interior del conductor hueco. El conductor interior coaxial sobresale del conductor hasta una altura de l_{suelov} .

La figura 20 muestra la vista en planta de la alimentación coaxial 16.

- Diseño del conductor interior

En lugar de emplear un conductor interior recto 12, se ha empleado un conductor más complejo en un proyecto del conductor interior 10. La figura 21 muestra una vista en planta del mismo. Éste está constituido por un conductor ondulado al que sigue un tramo recto, lo que se repite periódicamente a lo largo de la longitud del conductor hueco 10.

- 5 En el conductor hueco VP se coloca el punto de alimentación 16 en el centro del conductor hueco 10. Así, el conductor interior 12 es simétrico con respecto a la alimentación y se remata con una terminación de línea abierta cuya longitud tiene que ser adaptada.

10 En la figura 22 se muestra una imagen más precisa de la forma de la ondulación, así como los parámetros empleados para el proyecto. Las coordenadas cartesianas originales se colocan exactamente en el centro de la longitud del conductor hueco y apuntan hacia donde se coloca la alimentación coaxial 16. Las curvas de la ondulación se han proyectado para obtener una corriente transversal a la ranura 14. Esta corriente transversal excita la radiación de la ranura. El conductor interior 12 tiene una anchura de w_{barrav} y un espesor de t_{barrav} .

15 La parte más difícil del diseño del conductor interior 12 es la definición de las secciones curvadas. A este fin, se tienen que calcular un radio adecuado y un centro adecuado para reunir ambas secciones rectas. En el conductor hueco VP son necesarias tres secciones curvadas. Éstas se denotan en la figura 22. La primera sección (de curvatura) (1) (designada también con el símbolo de referencia 30) y la última tercera sección (de curvatura) (3) (designada también con el símbolo de referencia 30) tienen el mismo radio y el mismo ángulo. Esto significa que solamente son necesarias dos geometrías diferentes, una para la primera parte de la ondulación y la otra para la segunda parte 32 (segunda sección de curvatura) de la ondulación, como se muestra en la figura 23.

- 20 Teniendo en cuenta las geometrías de la figura 23 y la figura 9 y las ecuaciones (2.2) y (2.5) se pueden calcular como sigue el radio y el ángulo para ambas secciones de ondulación.

$$x_1 = \frac{\left(\frac{mea_{w_v}}{2}\right)^2 + mea_{d_v}^2}{2 \cdot mea_{w_v}} \quad \phi_{i1}_v = 2 \cdot \arctan\left(\frac{mea_{w_v}}{2 \cdot mea_{d_v}}\right) \quad (2.7)$$

$$x_2 = \frac{mea_{w_v}^2 + mea_{d_v}^2}{4 \cdot mea_{w_v}} \quad \phi_{i2}_v = 2 \cdot \arctan\left(\frac{mea_{w_v}}{mea_{d_v}}\right) \quad (2.8)$$

- 25 La ondulación se repite 6 veces a lo largo de cada mitad del conductor hueco 10. En el extremo de cada lado del conductor interior 12 se añade la mitad de una ondulación y el conductor interior completo 12 se remata con una terminación de línea abierta de longitud $l_{muñón_v}$, como se muestra en la figura 24.

Configuración final del radiador según un ejemplo de realización

Los radiadores para ambas polarizaciones se proyectan y se simulan por separado, pero ahora es necesario valorar la capacidad completa del radiador. Para obtener el radiador dualmente polarizado definitivo es necesario ensamblar ambos conductores huecos. De esto se ocupa el párrafo siguiente.

- 30 En la figura 25 se muestra una vista en perspectiva del radiador completo. Es evidente el modo en que el conductor hueco VP y el conductor hueco HP están orientados longitudinalmente (es decir, en la dirección z) con la misma longitud l. Ambos conductores huecos están desplazados por un decalaje en las direcciones x e y.

35 Cuando se construyen antenas en grupo, se yuxtaponen varios radiadores dualmente polarizados en las direcciones x e y. En este caso, puede ser necesario elegir la distancia de los radiadores con una magnitud mayor que la de su anchura real. Los huecos que entonces se producen deberán cerrarse adecuadamente con un material eléctricamente conductor para suprimir así radiaciones perturbadoras no deseadas. La distancia de dos radiadores en la dirección y se designa con d_{el} . El valor de esta distancia proviene de los requisitos del sistema SAR y determina la capacidad de oscilación del rayo principal de la antena en grupo. Para una capacidad de oscilación de ± 20 grados resulta entonces una distancia d_{el} de 22 milímetros en la banda X. Dado que la anchura de ambos conductores huecos 10 es más pequeña que d_{el} , las distancias entre los conductores huecos 10 se rellenan con material conductor.

- 40 Además, el conductor hueco HP está desplazado hacia arriba en la dirección y en una distancia de $d_{ecalaje_{hp}}$. Esto es necesario para poner al descubierto la parte de las ranuras cortada en la pared lateral del conductor hueco HP.

Resultados de la medición eléctrica

Después de que se ha introducido el diseño de los radiadores HP y VP, es necesario evaluar la potencia de ambos conductores huecos juntos. Se determinan así la adaptación y la característica direccional de esta antena por medio de una medición eléctrica.

- Adaptación

- 5 Como se muestra en la figura 27, la adaptación está por debajo de -15 dB a aproximadamente 600 MHz centrados en torno a 9,65 GHz.

La figura 28 muestra el aislamiento entre las polarizaciones H y V. Resultan valores suficientemente buenos que están situados por debajo de los valores típicamente requeridos (por ejemplo, < -40 dB).

- Característica direccional

- 10 En la figura 29 y en la figura 30 están representadas las características direccionales medidas en acimut a una frecuencia media de 9,65 GHz y a las dos frecuencias marginales de 9,35 y 9,95 GHz, con un ancho de banda de 600 MHz para radiadores HP y VP.

Símbolos de referencia

- | | |
|----|---|
| 10 | Conductor hueco |
| 15 | 12 Conductor interior |
| | 14 Ranuras |
| | 16 Punto de alimentación, alimentación |
| | 18 Sección de ondulación |
| | 20 Extremo abierto del conductor interior |
| 20 | 22 Segmento recto |
| | 24 Primera sección de curvatura |
| | 26 Elemento ondulado de la sección de curvatura |
| | 28 Elemento recto de una sección de ondulación |
| | 30 Secciones de curvatura primera y tercera |
| 25 | 32 Segunda sección de curvatura. |

REIVINDICACIONES

1. Radiador de conductor hueco que comprende

- un conductor hueco ranurado (10) con una pluralidad de ranuras (14) practicadas en el conductor hueco (10); y
- un conductor interior adicional (12) que está montado dentro del conductor hueco (10) y que presenta una forma ondulada,

presentando el conductor hueco ranurado (10) unas ranuras longitudinalmente dispuestas (14), con lo que el conductor hueco (10) está configurado para irradiar ondas verticalmente polarizadas, y presentando el conductor interior adicional (12) una forma ondulada con una pluralidad de secciones de ondulación (18),

caracterizado por que

el conductor interior (12) está conformado de tal manera que todas las ranuras (14) del conductor hueco (10) pueden ser excitadas con la misma fase y la misma amplitud, presentando una sección de ondulación (18) una sección recta (28) y una sección curvada (26), y

presentando la sección curvada (26) tres secciones de curvatura (30, 32), de las que unas secciones de curvatura primera y tercera (30) presentan sendos radios de curvatura primero y tercero x_1 y sendos ángulos de curvatura primero y tercero ϕ_{1v} , según

$$x_1 = \frac{\left(\frac{mea_{w_v}}{2}\right)^2 + mea_{d_v}^2}{2 \cdot mea_{w_v}} \quad \phi_{1v} = 2 \cdot \arctan\left(\frac{mea_{w_v}}{2 \cdot mea_{d_v}}\right)$$

y una segunda sección de curvatura (32) dispuesta entre las secciones de curvatura primera y tercera (30) está constituida por dos secciones de curvatura parciales con sendos segundos radios de curvatura x_2 y sendos segundos ángulos de curvatura ϕ_{2v} , según

$$x_2 = \frac{mea_{w_v}^2 + mea_{d_v}^2}{4 \cdot mea_{w_v}} \quad \phi_{2v} = 2 \cdot \arctan\left(\frac{mea_{w_v}}{mea_{d_v}}\right)$$

en donde mea_{w_v} define una profundidad transversal de la segunda sección de curvatura y mea_{d_v} define una longitud de cada una de las tres secciones de curvatura (30, 32).

2. Radiador de conductor hueco según la reivindicación 1, **caracterizado** por que el conductor hueco ranurado (10) está parcialmente lleno de un material dieléctrico sobre el cual está dispuesto el conductor interior adicional (12).

3. Radiador de conductor hueco según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado** por que el conductor interior adicional (12) es asimétrico.

4. Radiador de conductor hueco según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** por que el conductor interior adicional (12) presenta un punto de alimentación (16) que está dispuesto centradamente en el conductor hueco ranurado (10) y simétricamente con respecto a las ranuras (14).

5. Radiador de conductor hueco según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** por que el conductor interior (12) presenta en la zona de un extremo del conductor hueco (10) una terminación de línea abierta que presenta una parte de una sección curvada con una primera sección de curvatura, seguida por un segmento de conductor recto y seguida adicionalmente por una segunda sección de curvatura, así como por otro segmento de conductor interior recto.

FIG 1

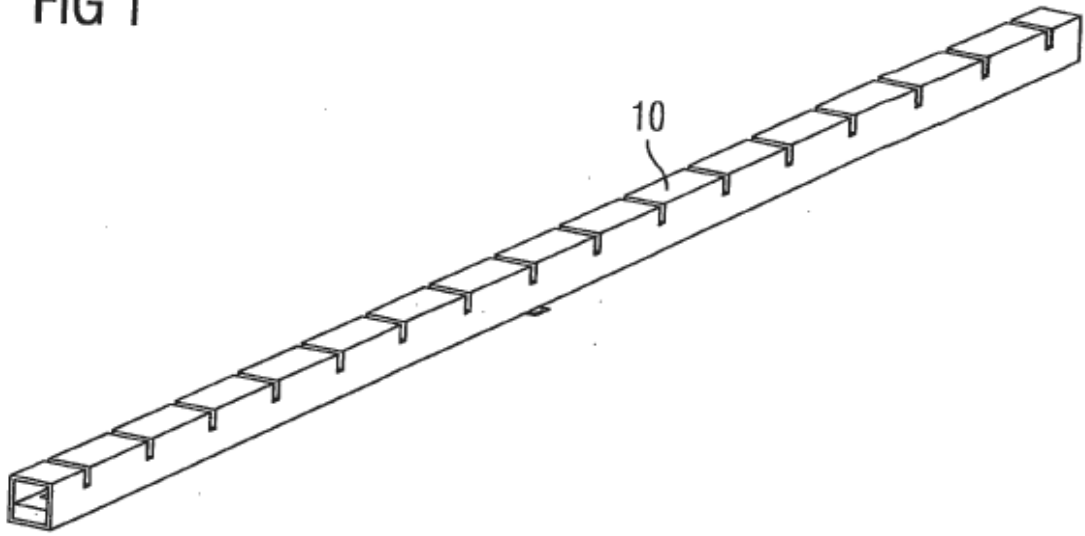


FIG 2

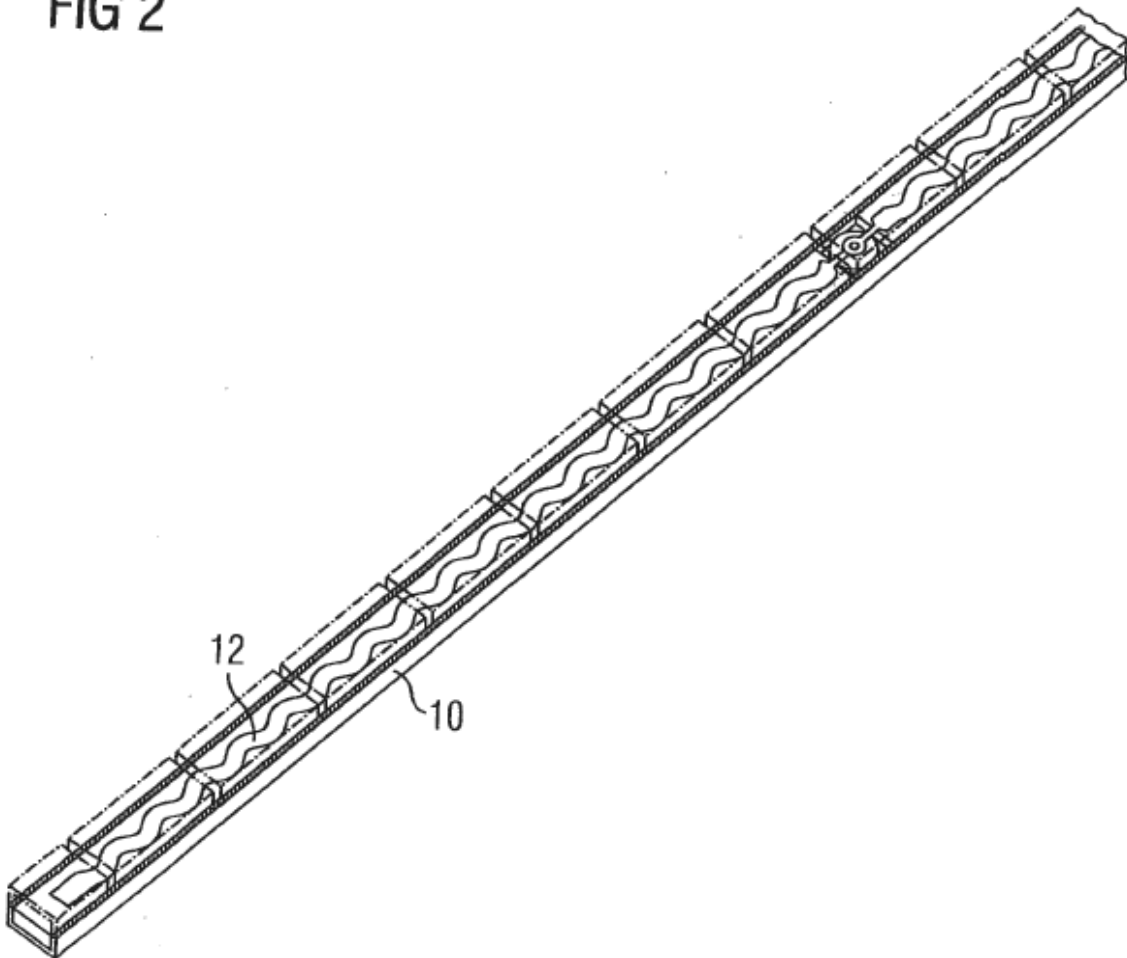


FIG 3

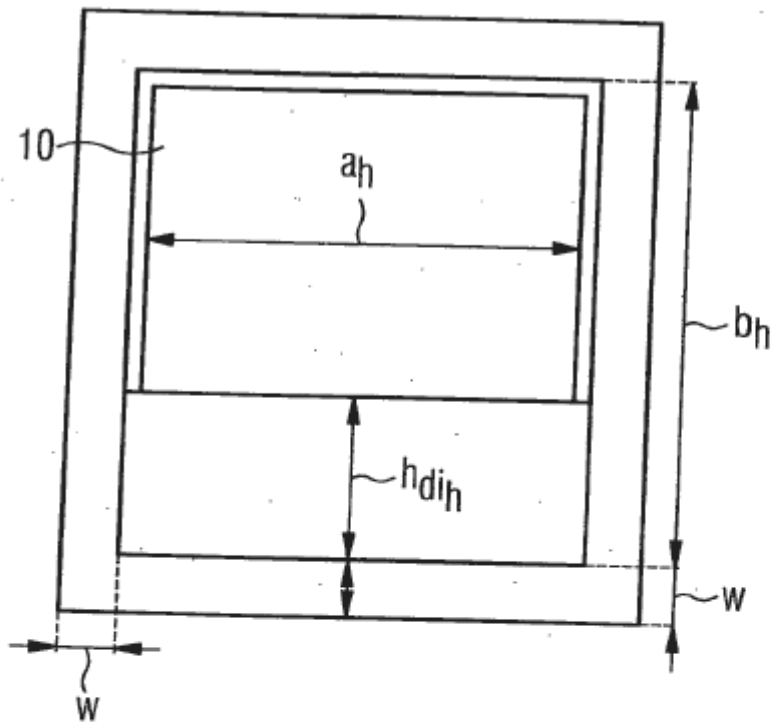


FIG 4

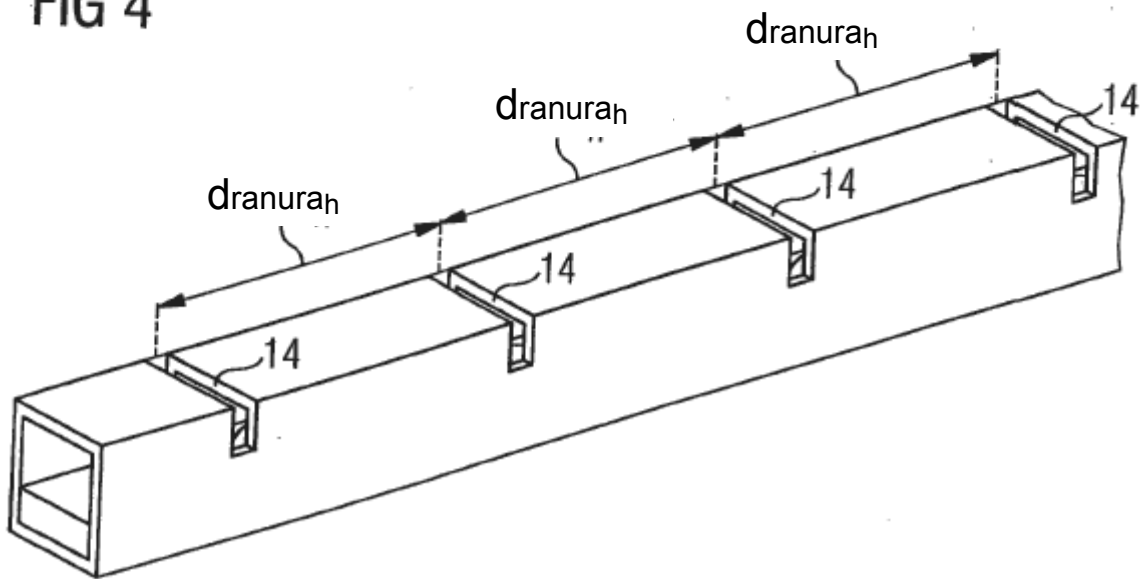


FIG 5

W_{ranura_h}

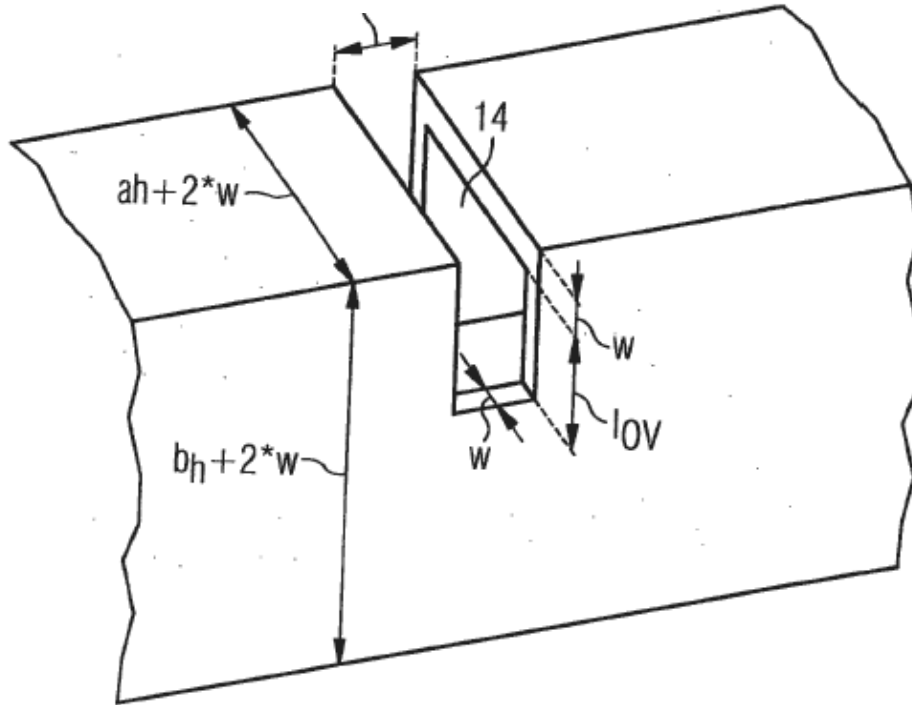


FIG 6

parte asimétrica

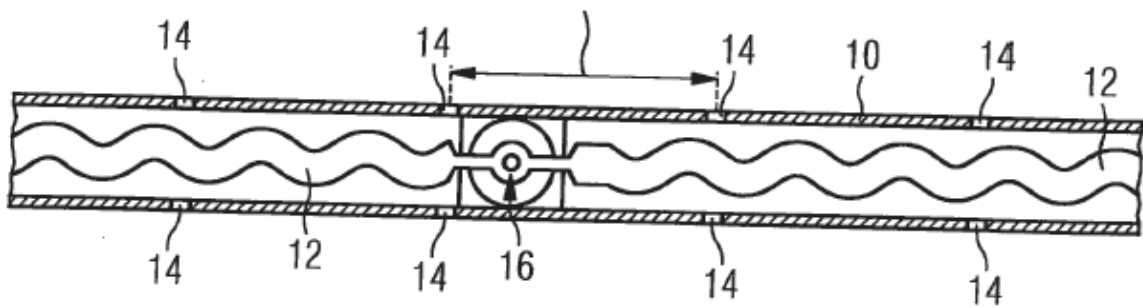


FIG 7

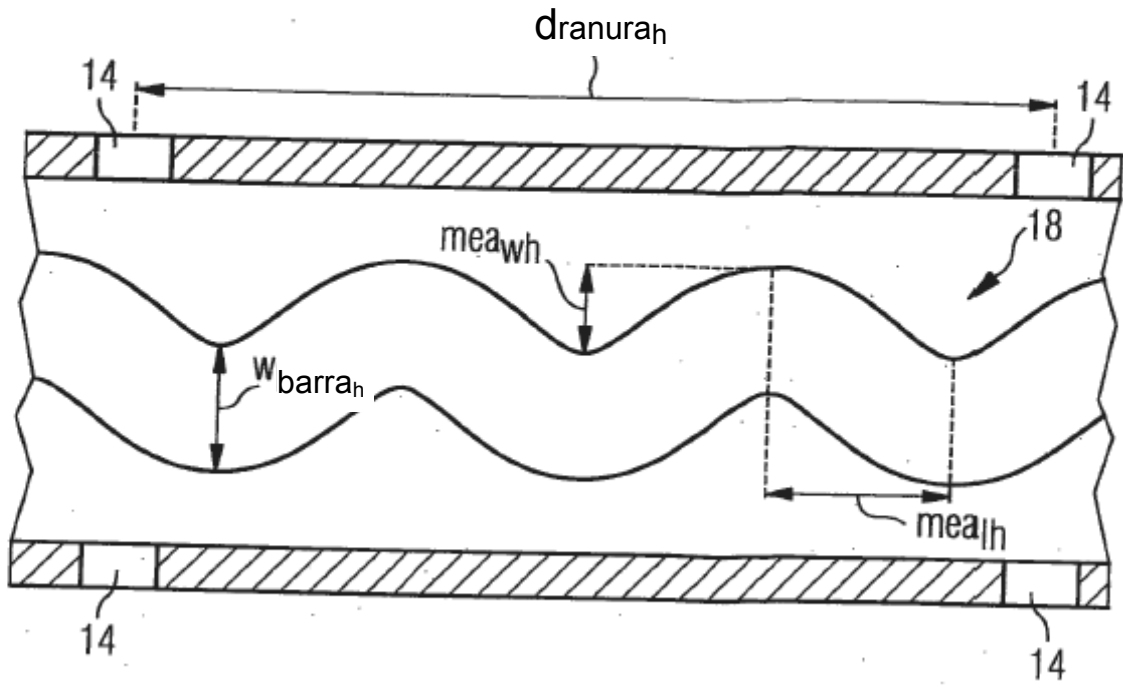


FIG 8

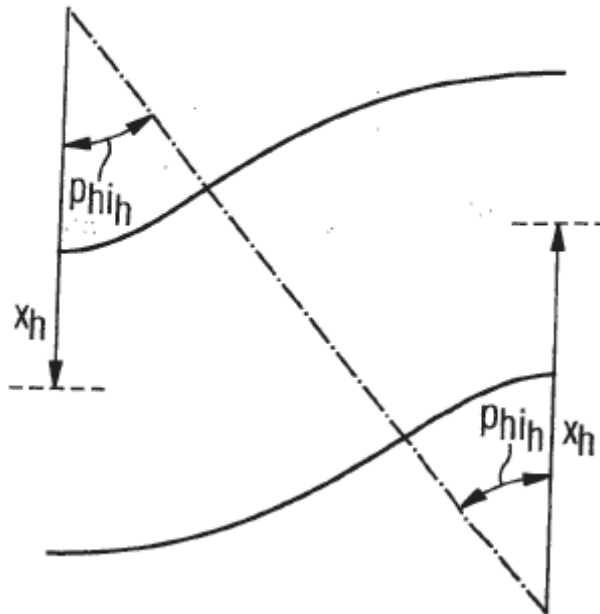


FIG 9

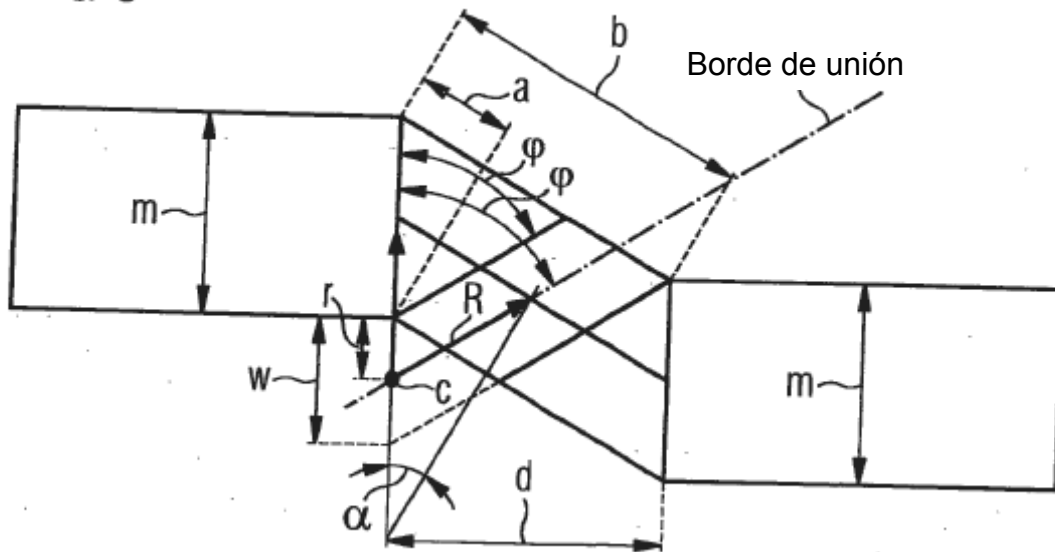


FIG 10

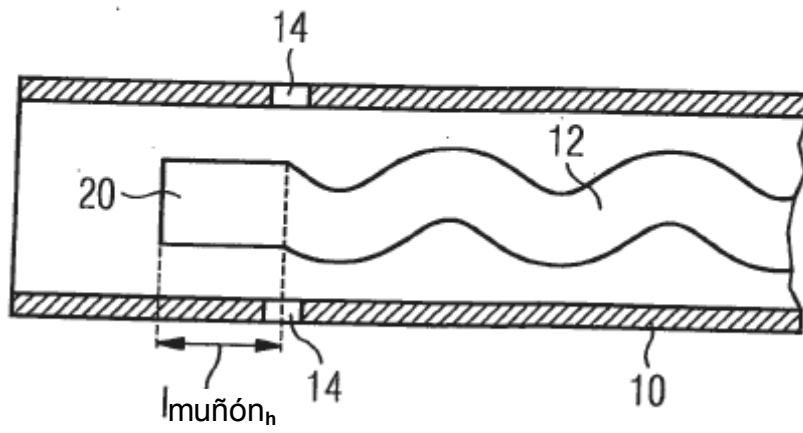


FIG 11

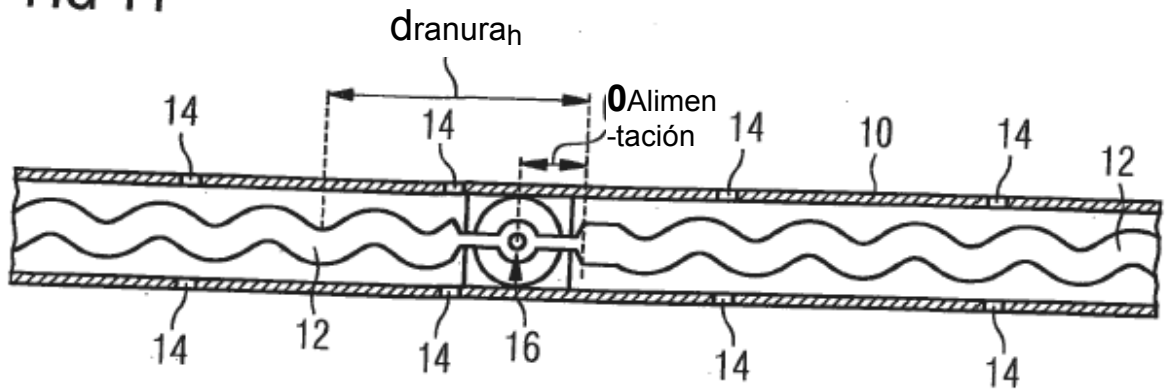


FIG 12

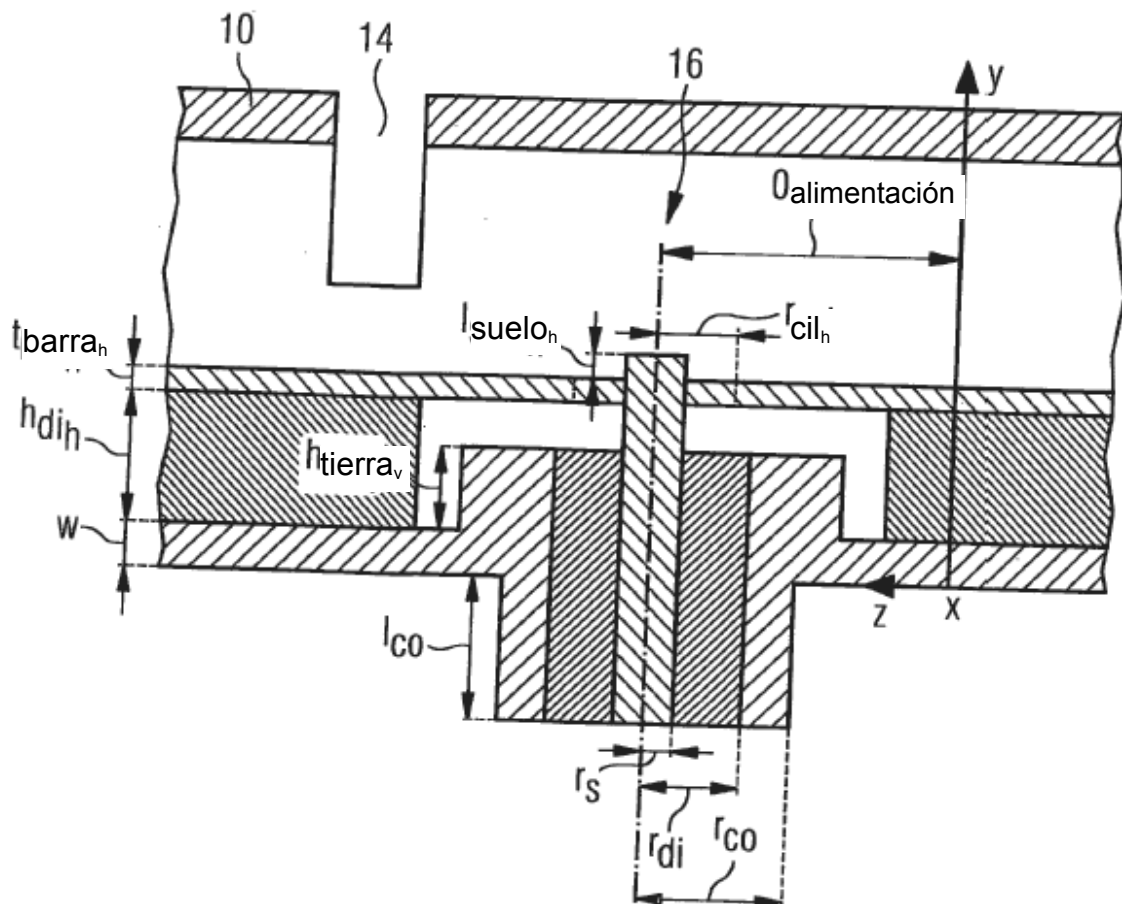


FIG 15

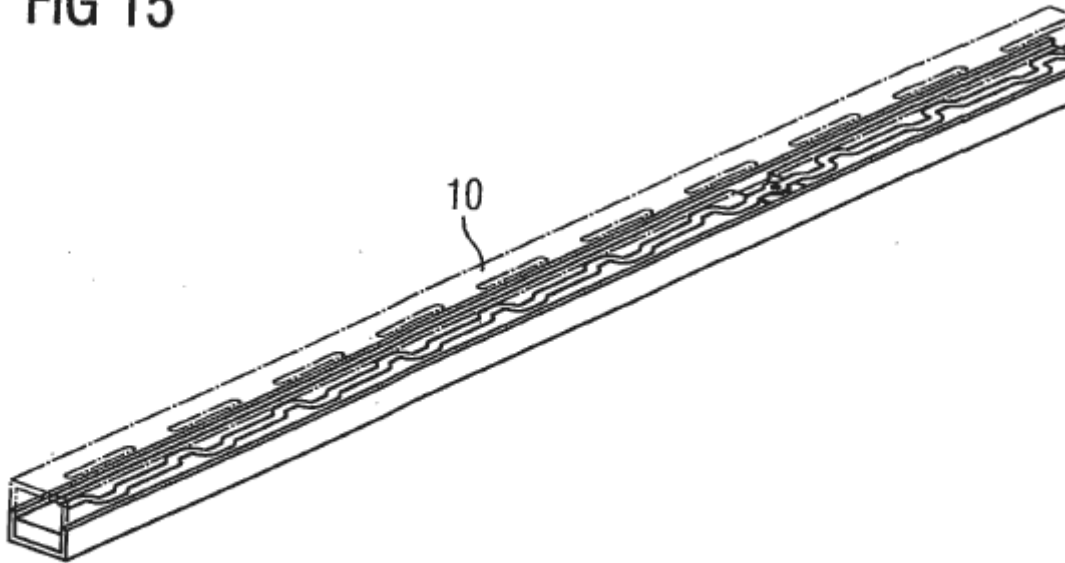


FIG 16

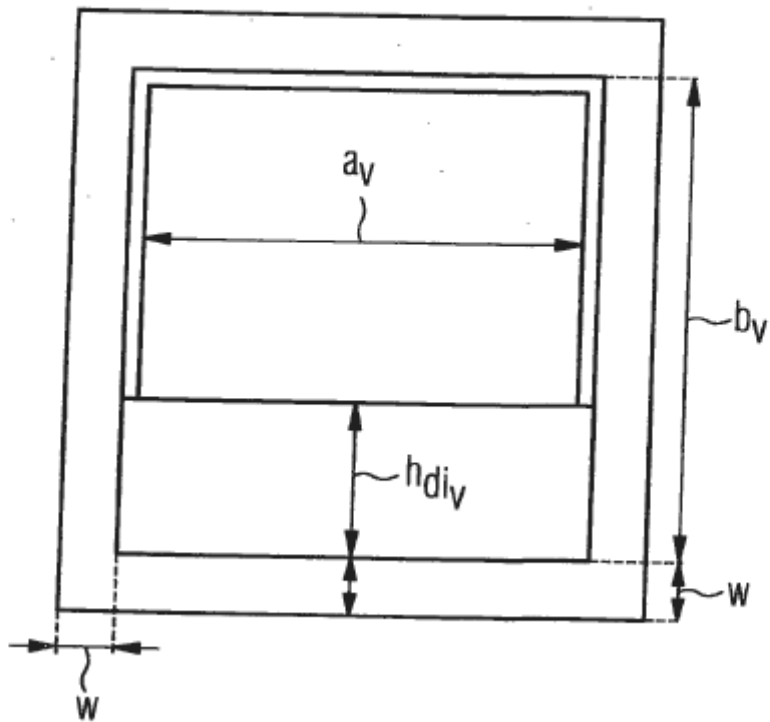


FIG 17

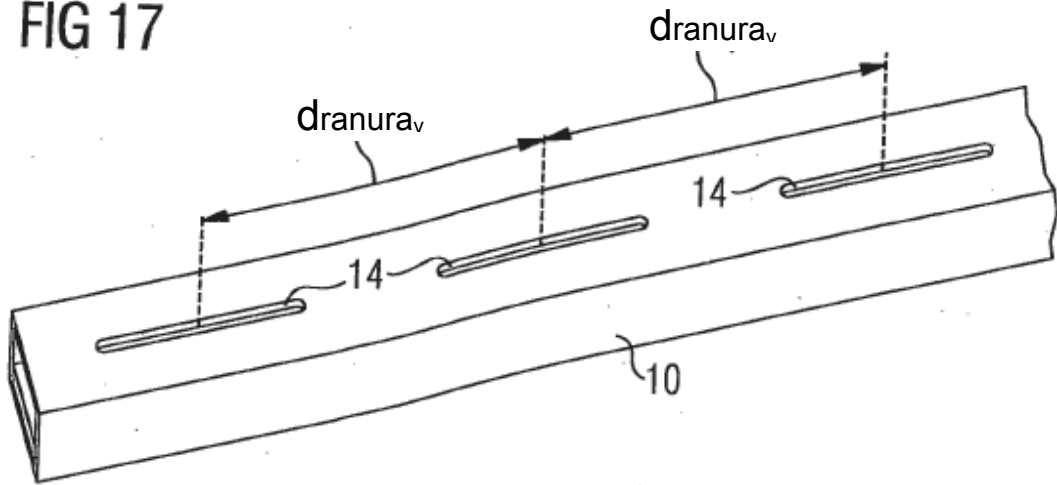


FIG 18

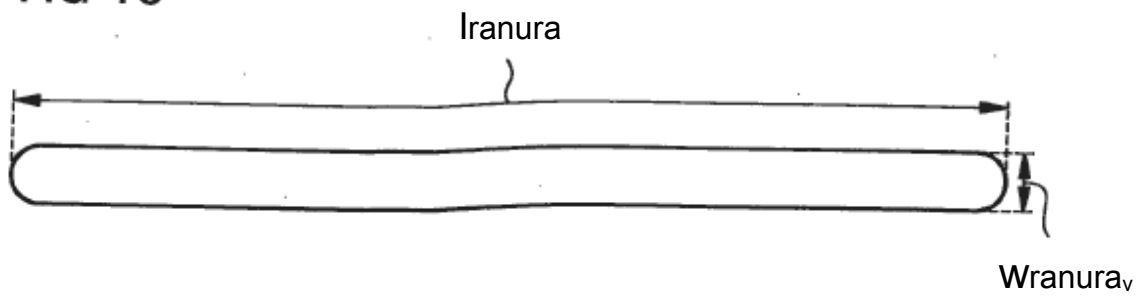


FIG 19

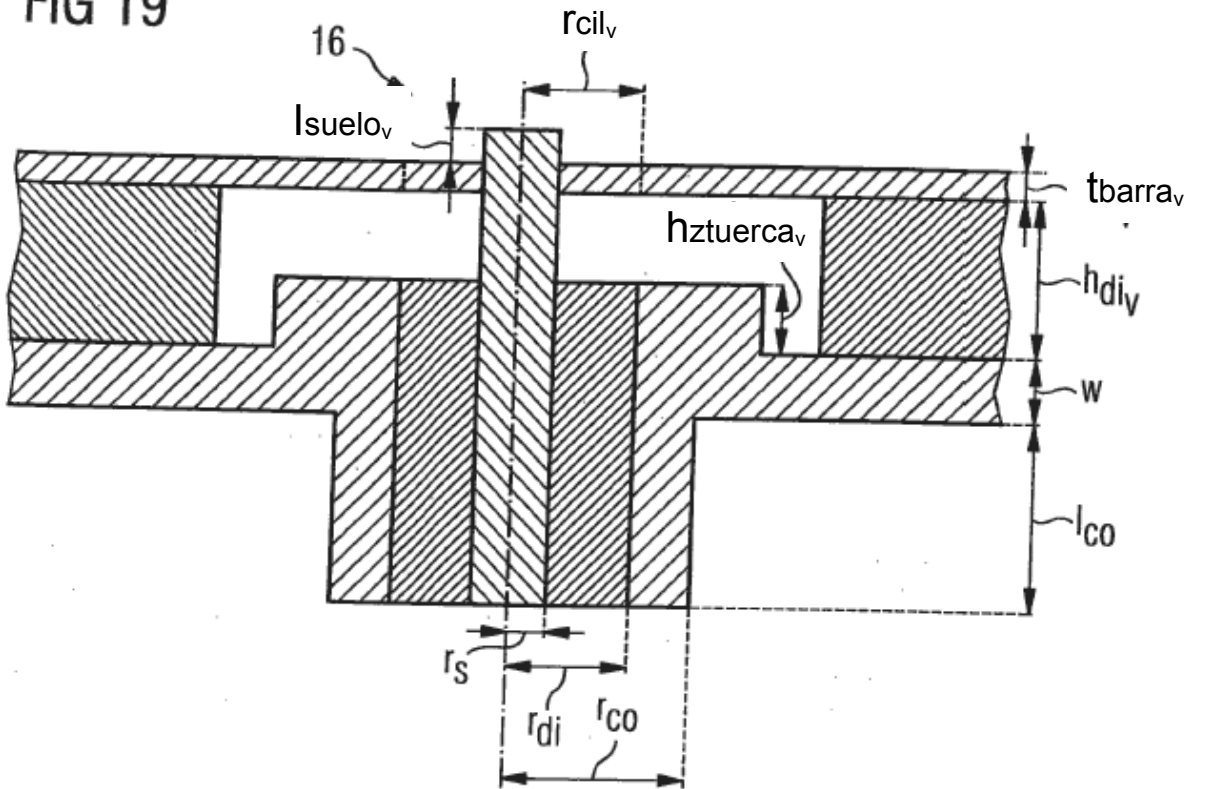


FIG 20

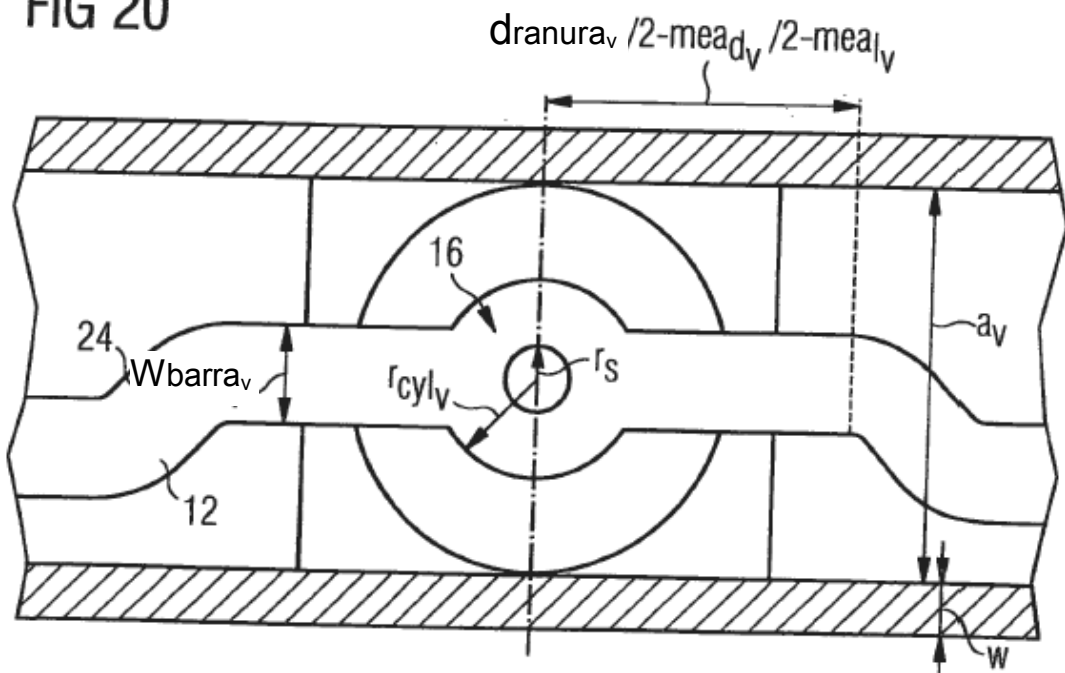


FIG 21

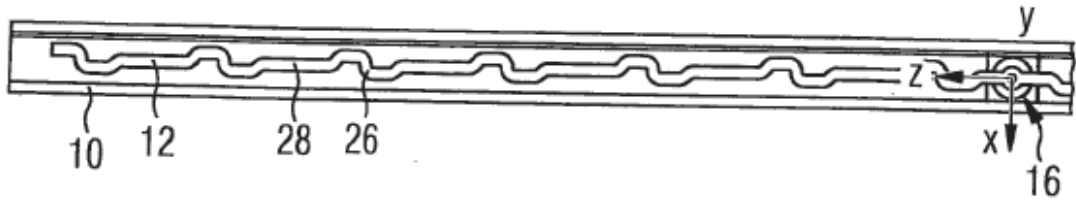


FIG 22

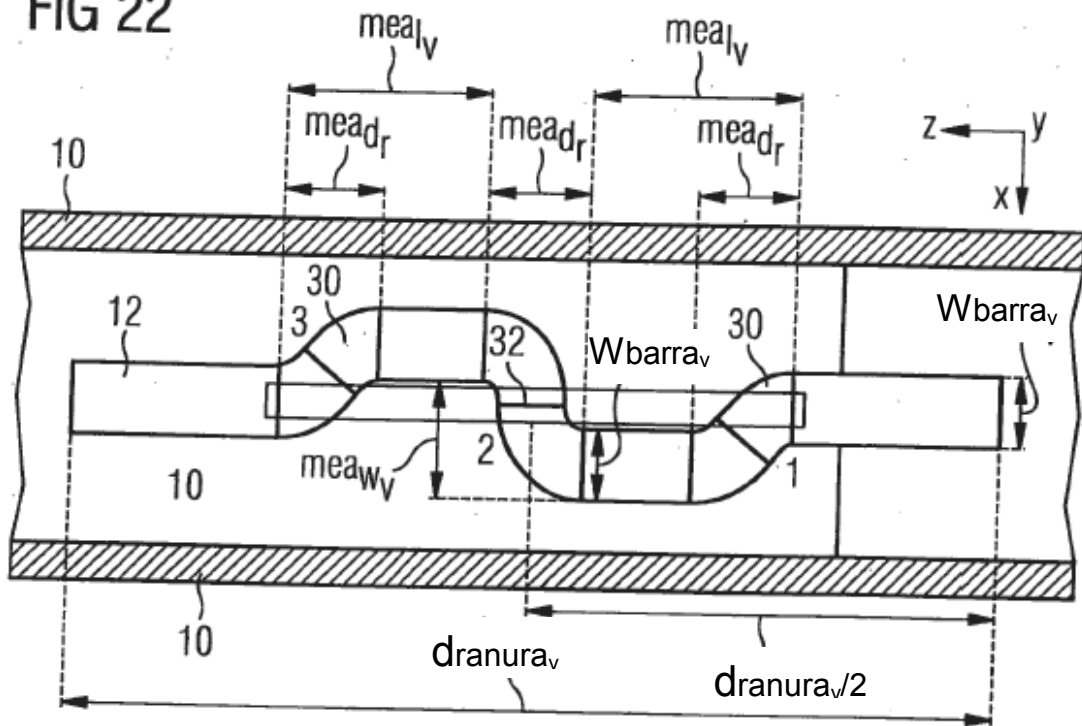


FIG 23

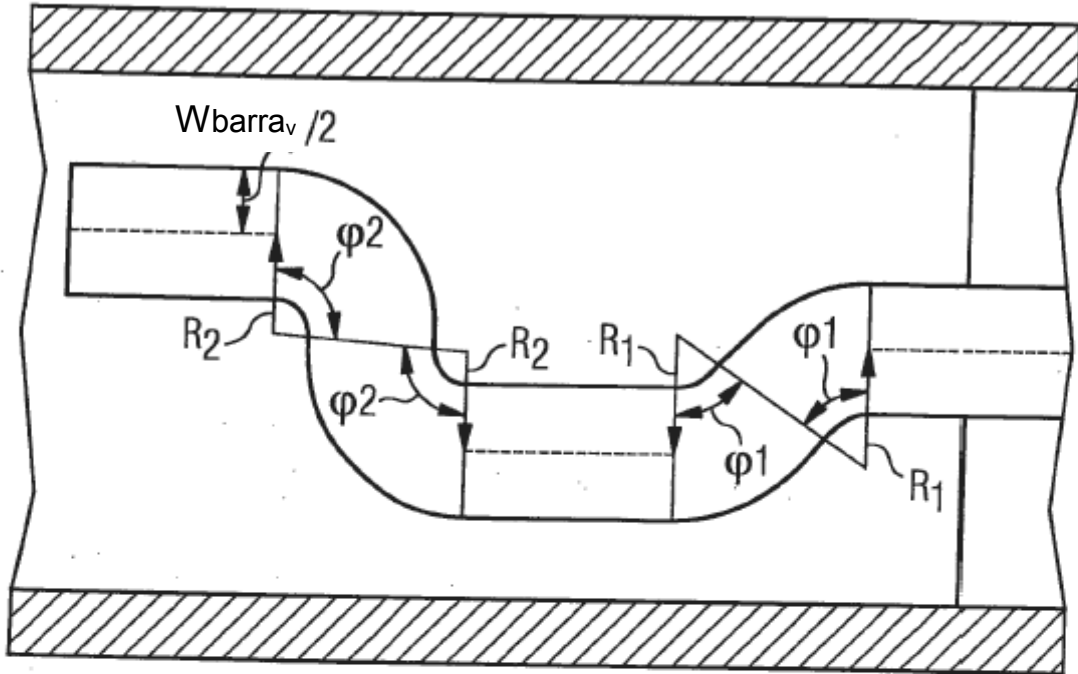


FIG 24

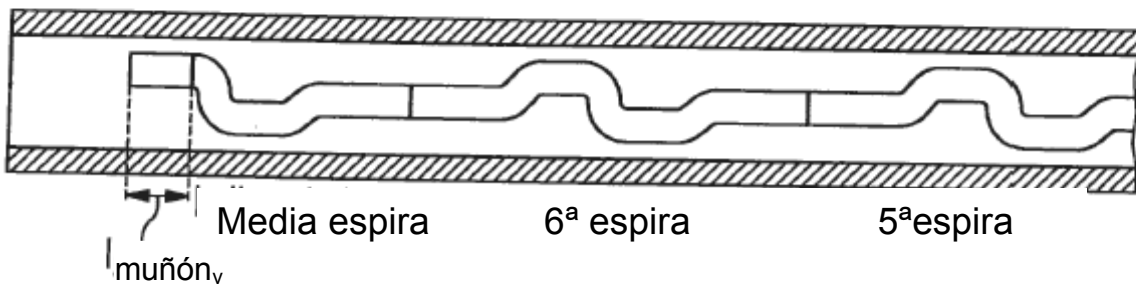


FIG 25

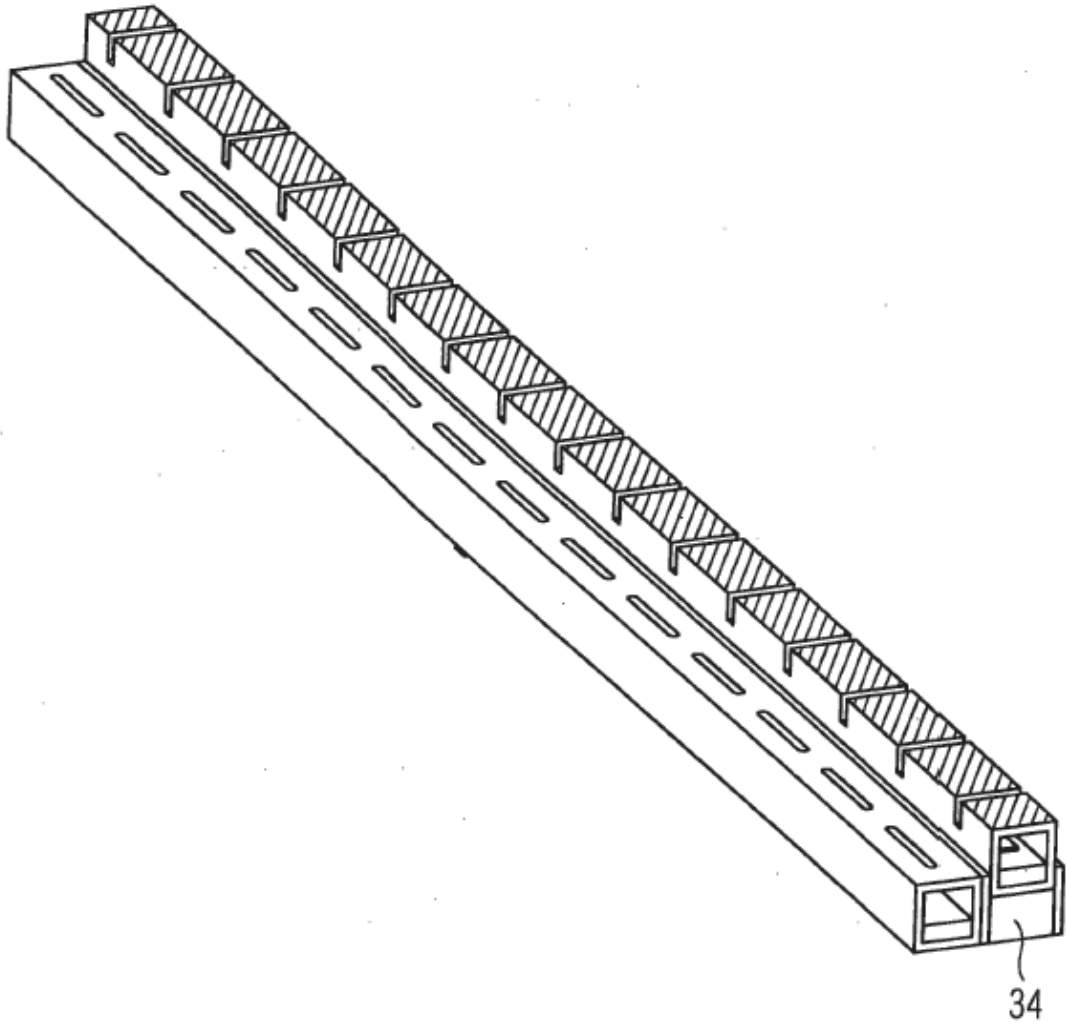


FIG 26

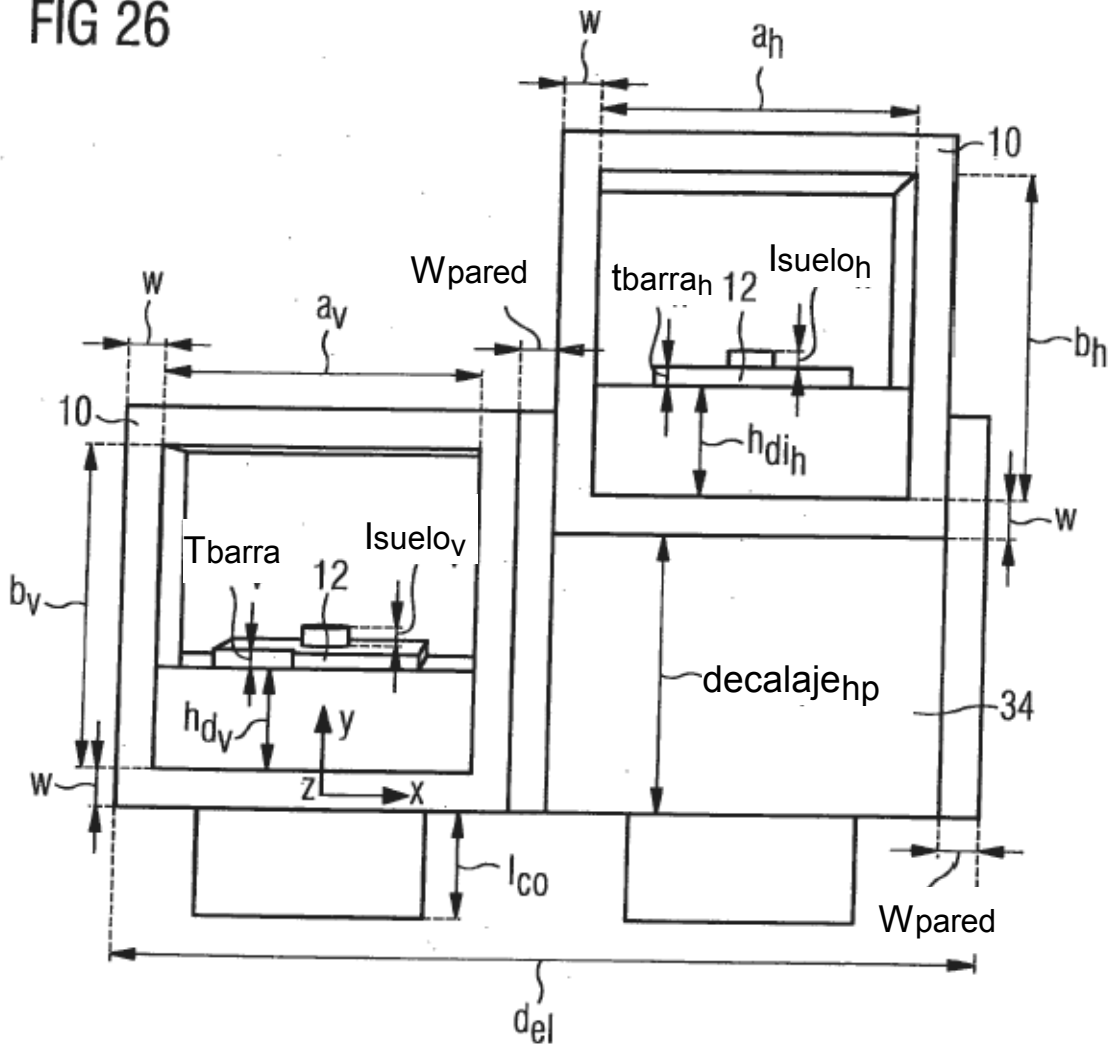


FIG 27

Adaptación de los radiadores HP y VP

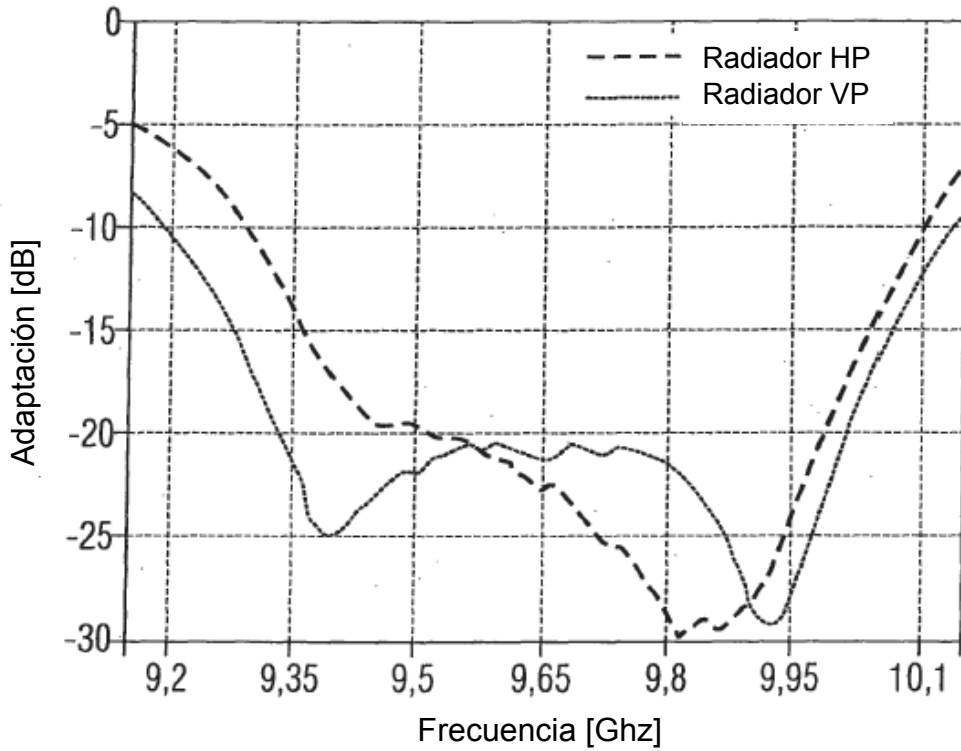


FIG 28

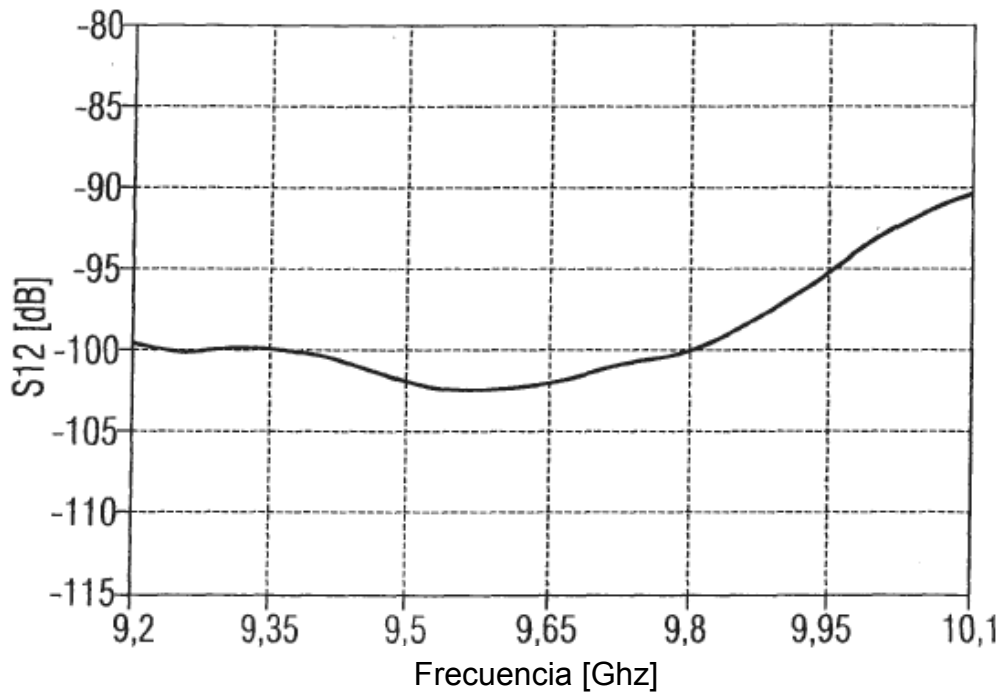


FIG 29

Característica direccional en acimut (radiador HP)

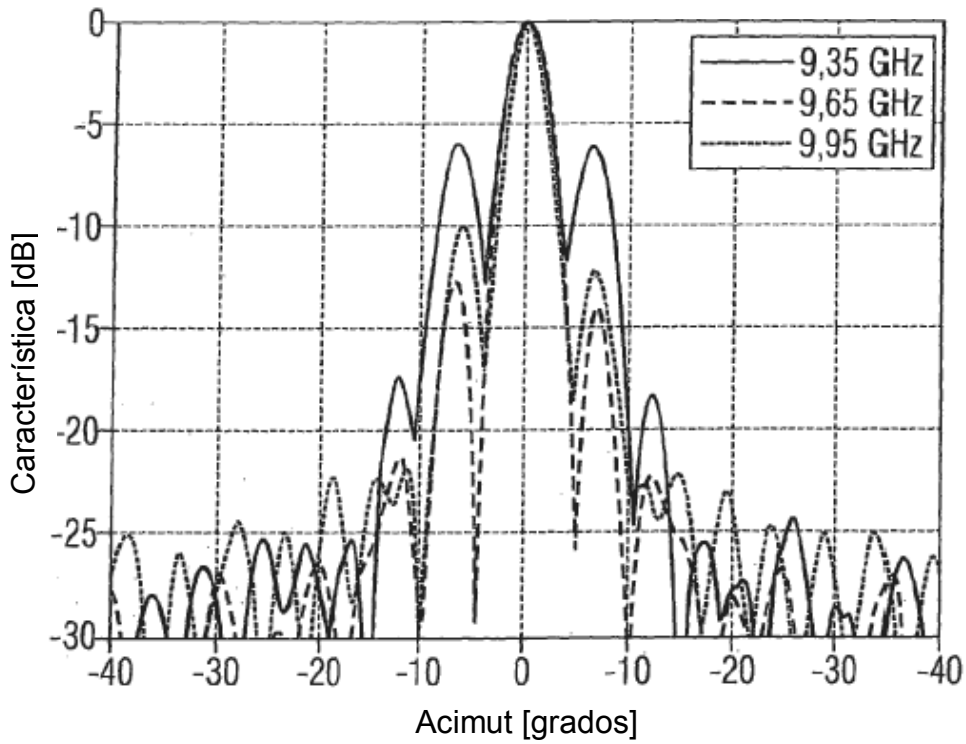


FIG 30

Característica direccional en acimut (radiador VP)

