

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 682 767**

51 Int. Cl.:

H01P 1/161 (2006.01)

G01S 7/40 (2006.01)

G01S 13/44 (2006.01)

H01P 5/103 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.10.2013 PCT/EP2013/071973**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.04.2015 WO15058784**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.10.2013 E 13783295 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.05.2018 EP 3060937**

54 Título: **Extractor de modos TM01 muy compacto**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.09.2018

73 Titular/es:
EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA) (100.0%)
8-10 rue Mario-Nikis
75738 Paris Cedex 15, FR

72 Inventor/es:
FONSECA, NELSON

74 Agente/Representante:
ELZABURU, S.L.P

ES 2 682 767 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

Extractor de modos TM01 muy compacto

5 **Campo técnico de la invención**

La presente invención se refiere a un extractor de modos de guía de ondas para extraer un modo de orden superior, tal como el modo TM01 (TM₀₁), de una señal electromagnética entrante.

10 La invención se puede aplicar en particular, aunque no de forma exclusiva, a cadenas de alimentación de antenas de microondas, tales como las antenas de satélites, y, especialmente, a cadenas de alimentación que incluyen un sistema de Captación de Radiofrecuencia (RFS).

15 **Antecedentes de la invención**

Las cadenas de alimentación son componentes estratégicos para las antenas satelitales. La tendencia actual en los satélites de comunicaciones va dirigida a la cobertura de múltiples haces, siendo necesarias cada vez más cadenas de alimentación por cada satélite. Esto es así, en particular, para aplicaciones de banda ancha en la banda Ka, con diseños de antenas actuales que tienen aproximadamente 20 cadenas de alimentación de banda dual (transmisión y recepción) de enlace de usuario por cada reflector en una configuración de antena de una sola alimentación por haz, y se espera que este número crezca en al menos un factor de dos en la siguiente década. Esto significa también que el ancho del haz debe reducirse. Los valores actuales del ancho de haz se encuentran en el intervalo de 0,5 a 0,8 grados, y se espera que disminuyan hasta un ancho de haz de aproximadamente 0,2 grados.

25 Teniendo en cuenta esta tendencia, los sistemas de RFS usados para mejorar la precisión en la puntería del haz son particularmente importantes. Uno de los componentes clave de los sistemas de RFS es el extractor de modos al nivel de las cadenas de alimentación, ya que el uso de modos de orden superior, tales como los modos TM01 y TE21 (TE₂₁), permite un rendimiento de puntería con precisión mejorada. Estos modos proporcionan patrones de radiación con un cero en el eje, a los que se hace referencia como "patrón diferencia" según se ilustra en la **figura 1**, en la cual la abscisa indica el ángulo de observación en grados en la posición del sistema de RFS, y la ordenada indica la intensidad de la señal en dB. En la figura, con la línea de trazos se representa un ejemplo del patrón diferencia 102, mientras que, con la línea continua, se representa un ejemplo de un "patrón suma" 101, producido típicamente por los modos fundamentales TE11 (TE₁₁). El patrón diferencia permite una puntería más precisa que el patrón suma. El puerto del RFS extrae una señal de una estación baliza que está situada habitualmente dentro de la cobertura con el fin de permitir una puntería precisa del haz. No obstante, esto requiere que por lo menos una de las cadenas de alimentación de enlace de usuario por cada antena de reflector comprenda un extractor de modos a efectos del RFS, es decir, un extractor de modos con capacidad de extraer un modo de orden superior que tiene un patrón diferencia.

40 Para mantener el volumen del grupo de alimentación lo más pequeño posible, se requiere un extractor de modos muy compacto para el sistema de RFS. Por otro lado, el extractor de modos también debería ser compatible con un diseño genérico de la cadena de alimentación de enlace de usuario, de manera que el extractor de modos se pueda utilizar en diferentes cadenas de alimentación sin tener que adaptar o personalizar de antemano la cadena de alimentación respectiva al extractor de modos.

45 En la técnica anterior, se conocen dos grupos principales de configuraciones para las cadenas de alimentación en sistemas de RFS, o de manera más general, cadenas de alimentación que comprenden un extractor de modos. El primer grupo de configuraciones se basa en la extracción del modo TE21 con un extractor 201 de modos dispuesto entre la bocina 203 de antena y la cadena 202 de alimentación de enlace de usuario, según se ilustra esquemáticamente en la **figura 2**. Este planteamiento permite usar un diseño genérico de cadena de alimentación para el enlace de usuario, siempre que el extractor 201 de modos TE21 esté diseñado para tener un impacto limitado sobre los modos fundamentales en las dos bandas de frecuencias de funcionamiento (transmisión y recepción). En el documento "Thales Alenia Space France antennas: recent achievements and future trends for telecommunications", de P. Lepeltier et al., en las actas de la 2a Conferencia Europea sobre Antenas y Propagación (EuCAP), págs. 1 a 5, 2007, se describe un ejemplo de implementación. De acuerdo con esta implementación, para extraer el modo TE21 se usa un dispositivo de acoplamiento. No obstante, este requiere una sección de acoplamiento prolongada y una red de combinación específica. En consecuencia, el extractor de modos según esta implementación tiene aproximadamente el mismo tamaño que una cadena completa de alimentación de enlace de usuario de transmisión/recepción.

60 El documento "Thales Alenia Space France antennas: recent achievements for telecommunications", en las actas de la 5a Conferencia Europea sobre Antenas y Propagación (EuCAP), págs. 3.193 a 3.197, 2011, de J. C. Lafond et al., ilustra la tendencia actual de reducción de la longitud y el diámetro de las cadenas de alimentación. Se muestra claramente una mejora significativa para la cadena de alimentación de enlace de usuario, cuya longitud se reduce en un factor de dos. Naturalmente, esto exige como mínimo una reducción de tamaño similar en el extractor de modos de orden superior.

El segundo grupo de configuraciones se basa en la extracción del modo TM₀₁ con un extractor 301 de modos dispuesto después de la cadena 302 de alimentación de enlace de usuario que se acopla a la bocina 303 de antena, tal como se ilustra esquemáticamente en la **figura 3**. En el documento "High performance communications and tracking multi-beam antennas", de E. Amyotte et al., en las actas de la 1a Conferencia Europea sobre Antenas y Propagación (EuCAP), 2006, se describe un ejemplo de implementación. Esta configuración permite el diseño de un extractor de modos muy compacto. No obstante, el inconveniente principal es que se requiere un diseño específico de cadena de alimentación de enlace de usuario, es decir, un diseño de cadena de alimentación de enlace de usuario adaptado específicamente al extractor 301 de modos. En particular, es necesario modificar la sección de recepción de la cadena de alimentación para propagar el(los) modo(s) de orden superior requerido(s), y el polarizador de septo, que habitualmente se implementa en la cadena de recepción por motivos de simplicidad y compacidad, debe sustituirse por una unión ortomodo (OMJ) asociada a una red de combinación específica. Además, en esta implementación, se requiere también un filtro de modos, dando como resultado un diseño más complejo de la cadena de alimentación el cual es significativamente diferente con respecto al diseño típico de cadena de alimentación solamente de enlace de usuario. De este modo, este planteamiento requiere un desarrollo específico para la cadena de alimentación incluyendo el RFS, lo cual da como resultado costes de desarrollo adicionales.

El segundo grupo de configuraciones incluye también aquellas que apuntan a la extracción de los modos tanto TM₀₁ como TE₂₁. En el documento "A dual circular combined K/Ka-band RF sensing feed chain for multi beam satellite antennas", de E. Reiche et al., en las actas de la 5a Conferencia Europea sobre Antenas y Propagación (EuCAP), págs. 3.198 a 3.202, 2011, se proporciona un ejemplo de implementación. Este planteamiento sigue requiriendo un desarrollo específico de la cadena de alimentación de enlace de usuario con la restricción adicional de diseño de que el modo TE₂₁ también se debe propagar en la parte de recepción de la alimentación. Esto tiende a degradar el rendimiento en comparación con un diseño de solamente enlace de usuario, afectando en particular al rechazo de transmisión-a-recepción en la banda de recepción que se obtiene típicamente usando un filtrado por sección transversal de la guía de ondas por debajo de la frecuencia de corte.

Resumiendo, las implementaciones actuales de los extractores de modos o bien son voluminosas o bien requieren un diseño personalizado de las cadenas de alimentación. Además, las implementaciones conocidas en la técnica tienden a presentar una buena extracción del modo de orden superior respectivo únicamente sobre un intervalo de frecuencias limitado, con lo cual se requiere que el diseño se sintonice a una frecuencia de baliza dada.

Los documentos US 4 322 731 y JP S56 104201 U describen, cada uno de ellos, una unión de torniquete que tiene una guía de sección circular y cuatro secciones de guía rectangulares acopladas electromagnéticamente a la guía de sección circular, de manera que el lado grande de la sección transversal de las secciones de guía rectangulares es paralelo al eje de la guía circular.

La publicación "Multiple Phase Center Performance of Reflector Antennas Using a Dual Mode Horn", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 54, n.º 11, 1 de noviembre de 2006, págs. 3.407 a 3.417, de Lotfollah Shafai et al., describe una bocina de alimentación de modo dual TE₁₁ y TM₀₁ con un bicono de adaptación de impedancia de modo TM₀₁ dispuesto en el fondo de la bocina de alimentación de modo dual.

El documento US 3 731 236 describe un transductor ortomodo de cuatro puertos. El transductor ortomodo tiene una sección de guía de ondas circular con cuatro puertos o aberturas en su pared, situados en posiciones ortogonales. Cuatro secciones de guía de onda rectangular están conectadas, respectivamente, a los cuatro puertos. Las dimensiones longitudinales de las aberturas son paralelas al eje de la sección de guía de ondas circular.

Sumario de la invención

Es un objetivo de la presente invención superar las limitaciones de la técnica anterior previamente descrita. Es otro objetivo de la invención proporcionar un extractor de modos compacto para extraer modos de orden superior a partir de una señal electromagnética (extractor de modos de orden superior). Es todavía otro objetivo de la invención proporcionar un extractor de modos de orden superior compatible con cadenas de alimentación de enlace de usuario genéricas. Es todavía otro objetivo de la invención proporcionar un extractor de modos de orden superior de banda ancha.

Teniendo en cuenta los objetivos anteriores, se propone un extractor de modos que presenta las características de la reivindicación 1. En las reivindicaciones dependientes se describen realizaciones preferidas de la invención.

Según un aspecto de la invención, un extractor de modos para extraer un modo TM₀₁ a partir de una señal electromagnética (entrante) comprende una primera unión de torniquete y una segunda unión de torniquete, presentando cada una de las uniones de torniquete un primer puerto, cuatro segundos puertos de guía de ondas rectangular que son mutuamente ortogonales y ortogonales con respecto al primer puerto, y una sección de adaptación proporcionada, al menos parcialmente, en una región central de la unión de torniquete respectiva, estando situada la región central en una intersección del primer puerto y los cuatro segundos puertos, en donde la

primera unión de torniquete y la segunda unión de torniquete están dispuestas de manera que ejes longitudinales de sus primeros puertos están alineados entre sí y sus primeros puertos están encarados en direcciones opuestas, cada uno de los segundos puertos de la primera unión de torniquete está acoplado electromagnéticamente a uno correspondiente de los segundos puertos de la segunda unión de torniquete, y un dispositivo de acoplamiento coaxial se introduce en la sección de adaptación de la primera unión de torniquete de manera que una parte del dispositivo de acoplamiento coaxial se extiende en el primer puerto de la primera unión de torniquete. Cada una de las guías de ondas rectangulares de los segundos puertos de la primera y la segunda uniones de torniquete tiene dos paredes laterales amplias que se extienden según una dirección de guía de la guía de ondas rectangular respectiva y dos paredes laterales estrechas que se extienden según la dirección de guía de la guía de ondas rectangular respectiva, y, para cada una de las guías de ondas rectangulares de los segundos puertos de la primera y la segunda uniones de torniquete, paredes laterales amplias respectivas son ortogonales a los ejes longitudinales de los primeros puertos de la primera y la segunda uniones de torniquete. En ellas, las paredes laterales amplias se corresponden con lados más largos de una sección de corte transversal de la guía de ondas rectangular respectiva y las paredes estrechas se corresponden con lados más cortos de la sección de corte transversal de la guía de ondas rectangular respectiva.

Con la configuración anterior, que utiliza dos uniones de torniquete contiguas por el lado trasero, es decir, dos uniones de torniquete que están dispuestas lado trasero con lado trasero y acopladas a través de sus puertos respectivos de guía de ondas rectangular, la presente invención proporciona un extractor de modos de orden superior muy compacto. Se observa que un extractor de modos de orden superior de acuerdo con la presente invención cabe en un cilindro de 32 mm de diámetro y 23 mm de altura, cuando el mismo está adaptado para cubrir la banda Ka convencional asignada a comunicaciones satelitales de banda ancha, es decir, 17,7 a 20,2 GHz en la transmisión y 27,5 a 30,0 GHz en la recepción para el segmento espacial. Esto es aproximadamente diez veces más corto que un extractor de modos TE₂₁ convencional compatible con un diseño genérico de cadena de alimentación de enlace de usuario. Además, el diámetro, que es menor que dos longitudes de onda en la frecuencia más baja, es compatible con diseños muy compactos de cadenas de alimentación de enlace de usuario de la siguiente generación. Un diseño tan compacto permite ahorrar tanto en coste de material como en masa, siendo especialmente esta última ventaja muy importante para aplicaciones a bordo de satélites y otras aplicaciones espaciales.

Además, la disposición del dispositivo de acoplamiento coaxial de manera que se extiende a través de la sección de adaptación hacia el primer puerto (puerto común) de la primera unión de torniquete permite lograr una buena adaptación entre el dispositivo de acoplamiento coaxial y el modo TM₀₁ de la señal electromagnética, de manera que el modo TM₀₁ se puede extraer con pérdidas de inserción bajas.

Por otro lado, los modos fundamentales de la señal electromagnética a partir de la cual se extrae el modo de orden superior no se ven afectados por la extracción de modos de acuerdo con la configuración anterior, de manera que puede decirse que el extractor de modos de orden superior de la invención actúa como paso a través para los modos fundamentales. Esta afirmación es aplicable tanto para la banda de recepción (Rx) como para la banda de transmisión (Tx) en las bandas de comunicación de microondas usadas comúnmente, tales como las bandas Ka, Ku y C.

Puesto que los modos fundamentales no se ven afectados, puede considerarse que la presente invención pertenece al primer grupo de configuraciones. Por consiguiente, el extractor de modos de orden superior de la invención se puede usar entre la bocina y la cadena de alimentación de enlace de usuario de un conjunto de antena (conjunto de cadena de alimentación) sin requerir un diseño dedicado de la cadena de alimentación de enlace de usuario. En otras palabras, la presente invención, incluso si se usa entre la bocina y la cadena de alimentación de enlace de usuario del conjunto de antena, es compatible con un diseño genérico de cadena de alimentación de enlace de usuario. Por lo tanto, puesto que el extractor de modos de orden superior de la invención es compatible con cadenas genéricas de alimentación de enlace de usuario, ayuda a ahorrar costes de desarrollo para cadenas de alimentación de enlace de usuario.

Resumiendo, la presente invención combina las ventajas de los dos grupos de configuraciones antes descritas al mismo tiempo que evita sus inconvenientes respectivos.

Los segundos puertos de la primera unión de torniquete se pueden acoplar electromagnéticamente a los segundos puertos correspondientes de la segunda unión de torniquete mediante secciones intermedias de guía de ondas rectangular que se extienden en paralelo al eje longitudinal del primer puerto de la primera unión de torniquete.

Se logra una ventaja en particular si cada una de las secciones intermedias de guía de ondas rectangular tiene una primera parte escalonada en uno de sus extremos y una segunda parte escalonada en su otro extremo, reduciendo cada una de la primera y la segunda partes escalonadas una sección de corte respectiva de la sección intermedia de guía de ondas rectangular.

Con esta configuración, puede reducirse el impacto del extractor de modos sobre los modos fundamentales sin afectar a la extracción de modos de orden superior. Pueden añadirse etapas adicionales para mejorar más la

adaptación de los modos fundamentales, pero las mismas también pueden dar como resultado un diseño más complejo.

5 Preferentemente, las guías de ondas rectangulares de los segundos puertos de la primera y la segunda uniones de torniquete tienen una relación de aspecto de la sección de corte que es inferior a 1:2. Además, preferentemente, las guías de ondas rectangulares de los segundos puertos de la primera y la segunda uniones de torniquete tienen una relación de aspecto de la sección de corte entre $(1:4 - x/2)$ y $(1:4 + x/2)$, con $x \leq 0,4$.

10 En este caso, se entiende que la relación de aspecto de la sección de corte de una guía de ondas rectangular indica la relación de la longitud b de los lados estrechos (es decir, lados cortos) de la sección de corte transversal de la guía de ondas rectangular y la longitud a de los lados amplios (lados largos) de la sección de corte transversal de la guía de ondas rectangular, es decir, la relación de aspecto de la sección de corte viene dada por $b:a$, en donde la sección de corte transversal es la sección de corte perpendicular a una dirección de guía (es decir, dirección longitudinal) de la guía de ondas rectangular.

15 Convencionalmente, las guías de onda rectangulares están diseñadas para presentar una relación de aspecto de la sección de corte de 1:2. Con el diseño anterior de los segundos puertos de la primera y la segunda uniones de torniquete, respectivamente, que se desvía con respecto al diseño convencional, se logra una adaptación mejorada del modo TM01 al dispositivo de acoplamiento coaxial. Por otro lado, los modos fundamentales de la señal electromagnética apenas se ven afectados por esta medida.

20 Se logra una ventaja adicional si el primer puerto de la primera unión de torniquete tiene una parte constreñida que rodea la parte del dispositivo de acoplamiento coaxial que se extiende hacia el primer puerto de la primera unión de torniquete, y que tiene un área de sección de corte menor que el primer puerto de la segunda unión de torniquete. Además, el primer puerto de la primera unión de torniquete puede tener una parte dilatada que está situada entre la parte constreñida y la región central de la primera unión de torniquete, y que tiene una sección de corte mayor que el primer puerto de la segunda unión de torniquete.

25 De este modo, la adaptación entre el dispositivo de acoplamiento coaxial y el modo TM01 se puede incrementar adicionalmente sin afectar de manera significativa a los modos fundamentales.

30 Preferentemente, la sección de adaptación de la primera unión de torniquete es simétrica en torno al eje longitudinal del primer puerto de la primera unión de torniquete, el dispositivo de acoplamiento coaxial se introduce en la sección de adaptación de la primera unión de torniquete a través de una pared posterior de la primera unión de torniquete, que está situada en un lado alejado (de la primera unión de torniquete) con respecto al primer puerto de la primera unión de torniquete, y se extiende a través de la sección de adaptación de la primera unión de torniquete según una línea central de la sección de adaptación hacia el primer puerto de la primera unión de torniquete.

35 La sección de adaptación de la primera unión de torniquete puede comprender una o más partes de adaptación que son concéntricas entre sí, y cada una de las cuales es un cilindro metálico, un cuboide o un tronco, en donde la parte o partes de adaptación están dispuestas para ser simétricas en torno al eje longitudinal del primer puerto de la primera unión de torniquete, y por lo menos una de la parte o partes de adaptación sobresale hacia el primer puerto de la primera unión de torniquete, y el dispositivo de acoplamiento coaxial se extiende a través de la parte o partes de adaptación a lo largo de sus eje centrales hacia el primer puerto de la primera unión de torniquete.

40 La sección de adaptación de la primera unión de torniquete puede comprender una primera y una segunda partes de adaptación que son concéntricas entre sí, y cada una de las cuales es un cilindro metálico, un cuboide o un tronco, en donde la primera y la segunda partes de adaptación están dispuestas para ser simétricas en torno al eje longitudinal del primer puerto de la primera unión de torniquete, y por lo menos una de la primera y la segunda partes de adaptación sobresale hacia el primer puerto de la primera unión de torniquete, y el dispositivo de acoplamiento coaxial se extiende a través de la primera y la segunda partes de adaptación a lo largo de sus ejes centrales hacia el primer puerto de la primera unión de torniquete. Partes de adaptación adicionales pueden hacer que mejore la adaptación de los modos fundamentales a costa de un diseño más complejo.

45 Además, el dispositivo de acoplamiento coaxial se puede acoplar a una guía de ondas rectangular o a un cable coaxial dispuesto entre la pared posterior de la primera unión de torniquete y una pared posterior de la segunda unión de torniquete, estando situada la pared posterior de la segunda unión de torniquete en un lado alejado (de la segunda unión de torniquete) con respecto al primer puerto de la segunda unión de torniquete. Preferentemente, el dispositivo de acoplamiento coaxial es un *stub* de acoplamiento o un pin de una línea coaxial.

50 Además, preferentemente, los primeros puertos de la primera y la segunda uniones de torniquete son guías de ondas circulares (etiquetándose en consecuencia los modos de guías de ondas). La primera parte de adaptación puede ser un primer cilindro metálico dispuesto en la pared posterior de la primera unión de torniquete, y la segunda parte de adaptación puede ser un segundo cilindro metálico que tiene un diámetro menor que el primer cilindro metálico y que está dispuesto encima del primer cilindro metálico.

55

60

65

Una unión de torniquete convencional presenta una adaptación deficiente al modo TM01. Por lo tanto, el uso de un diseño convencional de una unión de torniquete basada en solamente la optimización del modo fundamental según es sabido en la técnica anterior, daría como resultado un rechazo muy fuerte de TM01, lo cual derivaría en una extracción deficiente de modos de orden superior. Para reducir el rechazo de modos TM01, la presente invención propone la anterior configuración la cual difiere de una configuración convencional de uniones de torniquete contiguas por el lado trasero, con respecto a la relación de aspecto de la sección de corte de los puertos de guías de onda rectangulares, la variación del diámetro del puerto común de la primera unión de torniquete, la variación en el área de sección de corte de las secciones intermedias de guía de ondas rectangular y la configuración particular de las secciones de adaptación.

Otro aspecto de la invención se refiere a un conjunto de antena que comprende una cadena de alimentación de enlace de usuario, una bocina de antena y el extractor de modos de la invención. En este conjunto de antena, el extractor de modos puede estar dispuesto entre la cadena de alimentación de enlace de usuario y la bocina de antena a lo largo de un trayecto de la señal.

Según se ha descrito anteriormente, el extractor de modos de orden superior de la invención presenta la propiedad de que actúa como un paso a través para los modos fundamentales de la señal electromagnética y, por tanto, se puede usar entre la bocina de antena y la cadena de alimentación de enlace de usuario sin requerir un diseño dedicado de la cadena de alimentación de enlace de usuario.

Breve descripción de las figuras

A continuación se describe la invención de una manera ejemplificativa, haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales

- la **figura 1** ilustra un patrón suma y un patrón diferencia correspondientes a una cadena de alimentación que tiene puertos de enlace de usuario y de RFS;
- la **figura 2** es una ilustración esquemática de un primer conjunto de antena conocido en la técnica anterior;
- la **figura 3** es una ilustración esquemática de un segundo conjunto de antena conocido en la técnica anterior;
- la **figura 4** es una vista en perspectiva de una unión de torniquete convencional;
- la **figura 5** es una vista en perspectiva del trayecto de RF del extractor de modos de acuerdo con la presente invención;
- la **figura 6** es una vista mecánica en perspectiva del extractor de modos según la presente invención;
- la **figura 7** es un corte longitudinal a través del extractor de modos de acuerdo con la presente invención;
- la **figura 8** es un corte en sección transversal a través del extractor de modos según la presente invención;
- la **figura 9** es una vista en perspectiva de componentes mecánicos a partir de los cuales se puede ensamblar el extractor de modos según la presente invención;
- las **figuras 10A y 10B** ilustran el rendimiento eléctrico del extractor de modos según la presente invención; y
- las **figuras 11A y 11B** ilustran el rendimiento eléctrico de una modificación del extractor de modos según la presente invención.

Descripción detallada de la invención

En lo sucesivo se describirán realizaciones preferidas de la presente invención en referencia a las figuras adjuntas, en donde, en dichas figuras, los objetos idénticos se indican con números de referencia idénticos. Se entiende que la presente invención no se limitará a las realizaciones descritas, y que las características y aspectos descritos de las realizaciones se pueden modificar o combinar para constituir otras realizaciones de la presente invención.

Tal como se describirá de forma más detallada a continuación, el extractor de modos según la presente invención comprende dos uniones de torniquete contiguas por el lado trasero, es decir, dos uniones de torniquete que están dispuestas lado trasero con lado trasero. En la **figura 4** se ilustra esquemáticamente una unión 400 de torniquete de guía de ondas convencional, o, más bien, su trayecto de RF. Se entiende que el trayecto de RF de la unión 400 de torniquete está delimitado por paredes metálicas.

La unión 400 de torniquete está compuesta por un puerto común 401 (primer puerto), el cual es una guía de ondas que tiene una sección de corte o bien circular o bien cuadrada, para soportar los dos modos fundamentales ortogonales y, por tanto, soportar una operación de polarización lineal-dual o circular-dual. En este caso y en lo sucesivo, a no ser que se indique lo contrario, la expresión "sección de corte" de una guía de ondas se entiende que se refiere a la sección en corte transversal, es decir, la sección en corte perpendicular a la dirección de guía de la guía de ondas. La unión 400 de torniquete comprende, además, cuatro guías 402 de ondas, rectangulares (cuatro puertos de guía de ondas rectangular, o segundos puertos) que están dispuestas de manera simétrica en torno a un eje longitudinal del puerto común y cada una de las cuales es ortogonal al eje longitudinal del puerto común 401. En otras palabras, los cuatro puertos de guía de ondas rectangular 402 son coplanarios y están dispuestos en una configuración transversal, es decir, cada puerto de la guía 402 de ondas rectangular es ortogonal a sus dos puertos adyacentes de guía de ondas rectangular 402.

La unión 400 de torniquete convencional comprende, además, una sección 404 de adaptación para adaptar impedancias del puerto común 401 y de los cuatro puertos de guía de ondas rectangular 402. La sección 404 de adaptación está dispuesta, al menos parcialmente, dentro de una región central 403 de la unión 400 de torniquete, en donde la región central se entiende que está situada en una intersección del puerto común 401 y los cuatro puertos de guía de ondas rectangular 402. En otras palabras, la región central 403 es una región en el trayecto de RF de la unión 400 de torniquete convencional que va a dar a cada uno del puerto común 401 y los cuatro puertos de guía de ondas rectangular 402. De forma más detallada, la sección 404 de adaptación se proporciona en una pared posterior de la unión 400 de torniquete. En ella, la pared posterior de la unión 400 de torniquete es una pared que delimita el trayecto de RF de la unión 400 de torniquete, y que está orientada ortogonalmente al eje longitudinal del puerto común 401 y situada en un lado alejado con respecto al puerto común 401. En otras palabras, la pared posterior delimita los cuatro puertos de guía de ondas rectangular 402 y la región central de la unión 400 de torniquete en un lado situado en alejamiento con respecto al puerto común 401. En la **figura 4**, la pared posterior está situada al fondo de la unión 400 de torniquete. La sección 404 de adaptación está dispuesta de manera que es simétrica en torno al eje longitudinal del puerto común 401, y se puede extender hacia el puerto común 401. La sección 404 de adaptación puede consistir en cuboides, cilindros, conos, pirámides, troncos (de conos o pirámides) o cualquier combinación de los mismos (metálicos).

En la publicación "Applications of the turnstile junction" de M. A. Meyer y H. B. Goldberg, *IRE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, Vol. 3, n.º 6, págs. 40 a 45, 1955, se describe un ejemplo de unión de torniquete que usa una combinación de dos cilindros como sección de adaptación. En la publicación "Circular polarization feed with dual-frequency OMT-based turnstile junction" de R. Garcia et al., *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, vol. 53, n.º 1, págs. 226 a 236, febrero de 2011, se describió una combinación de dos uniones de torniquete contiguas por el lado trasero. Esta combinación de uniones de torniquete contiguas por el lado trasero está optimizada para funcionar con los dos modos fundamentales ortogonales (TE_{11}), y una de las dos uniones de torniquete se usa como OMJ en combinación con filtros implementados a lo largo de las guías de ondas que conectan los puertos rectangulares de las dos uniones de torniquete con el fin de separar señales de enlace de usuario de transmisión y de recepción.

A continuación, se describirá, en referencia a la **figura 5** a **figura 8**, un extractor 500 de modos de acuerdo con la presente invención para extraer un modo TM_{01} de una señal electromagnética (entrante). La **figura 5** es una vista de un trayecto de RF del extractor 500 de modos, y la **figura 6** es un semicorte de una vista mecánica del extractor 500 de modos que muestra las paredes (metálicas) físicas reales del trayecto de RF en la **figura 5**. Es decir, si se orienta adecuadamente, la vista de la **figura 5** es un negativo de la vista de la **figura 6**. La **figura 7** es un corte sagital a través del extractor 500 de modos, es decir, un corte según un plano formado por un eje longitudinal (eje de simetría) de uno de los cuatro puertos de guía de ondas rectangular de una primera unión de torniquete del extractor 500 de modos y un eje longitudinal de un puerto común de la primera unión de torniquete, y la **figura 8** es una vista superior del trayecto de RF del extractor 500 de modos según una línea de visión que se extiende en paralelo a un eje longitudinal del extractor 500 de modos, es decir, según una línea de visión que se extiende en paralelo al eje longitudinal del puerto común de la primera unión de torniquete. En las **figuras 7** y **8**, se muestran algunas líneas y superficies ocultas.

El extractor 500 de modos ilustrado en la **figura 5** a la **figura 8** comprende una primera unión 510 de torniquete y una segunda unión 520 de torniquete, cada una de las cuales se corresponde con la configuración descrita anteriormente en referencia a la **figura 4** a no ser que se indique lo contrario. La primera unión 510 de torniquete comprende un puerto común 511 (primer puerto) y cuatro puertos idénticos de guía de ondas rectangular 512 (segundos puertos). Los cuartos puertos de guía de ondas rectangular 512 son ortogonales y simétricos con respecto a un eje longitudinal del puerto común 511. De este modo, los cuartos puertos de guía de ondas rectangular 512 son coplanarios y están dispuestos, además, en una configuración transversal, es decir, cada puerto de guía de ondas rectangular 512 es ortogonal a sus puertos adyacentes de guía de ondas rectangular 512. En este caso, el eje longitudinal del puerto común 511 se extiende a lo largo de la dirección de guía del puerto común 511, y está en intersección con una sección en corte transversal del puerto común 511 en su centro. En otras palabras, el eje longitudinal del puerto común 511 se corresponde con un eje de simetría del puerto común 511.

La segunda unión 520 de torniquete comprende un puerto común 521 (primer puerto) y cuatro puertos idénticos de guía de ondas rectangular 522 (segundos puertos). Los cuatro puertos de guía de ondas rectangular 522 son ortogonales y simétricos con respecto a un eje longitudinal del puerto común 521. Por lo tanto, los cuatro puertos de guía de ondas rectangular 522 son coplanarios y están dispuestos, además, en una configuración transversal, es decir, cada puerto de guía de ondas rectangular 522 es ortogonal a sus puertos adyacentes de guía de ondas rectangular 522. En este caso, el eje longitudinal del puerto común 521 se extiende a lo largo de la dirección de guía del puerto común 521, y está en intersección con una sección en corte transversal del puerto común 521 en su centro. En otras palabras, el eje longitudinal del puerto común 521 se corresponde con un eje de simetría del puerto común 521.

La primera y la segunda uniones 510, 520 de torniquete están dispuestas en una configuración de lado trasero con lado trasero, de manera que los ejes longitudinales de sus puertos comunes 511, 521 están alineados y de manera

que sus puertos comunes 511, 521 están encarados en alejamiento mutuo. De este modo, una pared posterior de la primera unión 510 de torniquete está encarada a una pared posterior de la segunda unión 520 de torniquete, en donde las paredes posteriores son perpendiculares a los ejes longitudinales de los puertos comunes respectivos 511, 521, y están situadas en un extremo distal de la unión 510, 520 de torniquete respectiva cuando se observan desde el puerto común respectivo 511, 521. Además, la primera y la segunda uniones 510, 520 de torniquete están dispuestas de manera que los puertos de guía de ondas rectangular 512 de la primera unión 510 de torniquete están en una relación de paralelismo con respecto a los puertos de guía de ondas rectangular 522 de la segunda unión 520 de torniquete, es decir, cada uno de los puertos de guía de ondas rectangular 512 de la primera unión 510 de torniquete tiene su dirección de guía extendiéndose en paralelo a la dirección de guía de uno correspondiente de los puertos de guía de ondas rectangular 522 de la segunda unión 520 de torniquete.

Según la configuración de la invención, las dos uniones 510, 520 de torniquete están conectadas por medio de guías 530 de ondas rectangulares simples (secciones intermedias de guía de ondas rectangular), ya que es necesario que las señales tanto de transmisión como de recepción se propaguen desde el puerto común de una unión de torniquete al puerto común de la otra unión de torniquete. Las secciones intermedias de guía de ondas rectangular 530 se extienden con sus direcciones de guía en paralelo a la dirección de guía del puerto común 511 de la primera unión 510 de torniquete.

A continuación, se aportan varias definiciones que se usarán en la descripción adicional de la invención. Se dice que cada guía de ondas rectangular tiene dos paredes amplias, que son las paredes laterales de la guía de ondas rectangular respectiva que se corresponden con las dimensiones amplias (es decir, más largas) de la sección de corte transversal de la guía de ondas rectangular respectiva, y dos paredes estrechas, que son las paredes laterales de la guía de ondas rectangular respectiva que se corresponden con las dimensiones estrechas (es decir, más cortas) de la sección de corte transversal de la guía de ondas rectangular respectiva. En ellas, las paredes laterales se extienden a lo largo de la dirección de guía de la guía de ondas rectangular respectiva, y la sección de corte transversal es la sección de corte de la guía de ondas rectangular respectiva perpendicular a su dirección de guía. En lo sucesivo, a la sección de corte transversal se le hará referencia simplemente como sección de corte.

Las paredes amplias encaradas hacia dentro de los cuatro puertos de guía de ondas rectangular 512, 522 de la primera y la segunda uniones 510, 520 de torniquete son aquellas paredes amplias que forman parte de las paredes extremas respectivas de la primera y la segunda uniones 510, 520 de torniquete, es decir, aquellas paredes amplias más próximas a un plano central transversal del extractor 500 de modos, extendiéndose el plano central transversal en perpendicular a las direcciones de guía de los puertos comunes 511, 521 de la primera y la segunda uniones 510, 520 de torniquete y entre las paredes posteriores de la primera y la segunda uniones 510, 520 de torniquete. Una pared amplia encarada hacia fuera de cada uno de los puertos de guía de ondas rectangular 512, 522 de la primera y la segunda uniones 510, 520 de torniquete es la pared amplia opuesta a la pared amplia respectiva encarada hacia dentro, es decir, la pared amplia restante del puerto respectivo de guía de ondas rectangular 512, 522. Las paredes amplias encaradas hacia fuera de las secciones intermedias de guía de ondas rectangular 530 son aquellas paredes amplias más distantes con respecto a un eje central (eje de simetría longitudinal) del extractor 500 de modos.

En la **figura 5**, las paredes amplias encaradas hacia fuera de los cuatro puertos de guía de ondas rectangular 512 de la primera unión 510 de torniquete son las paredes superiores de los cuatro puertos de guía de ondas rectangular 512, y las paredes amplias encaradas hacia fuera de los cuatro puertos de guía de ondas rectangular 522 de la segunda unión 520 de torniquete son las paredes inferiores de los cuatro puertos de guía de ondas rectangular 522. Las paredes amplias encaradas hacia dentro de los cuatro puertos de guía de ondas rectangular 512 de la primera unión 510 de torniquete son las paredes inferiores de los cuatro puertos de guía de ondas rectangular 512, y las paredes amplias encaradas hacia dentro de los cuatro puertos de guía de ondas rectangular 522 de la segunda unión 520 de torniquete son las paredes superiores de los cuatro puertos de guía de ondas rectangular 522. Además, las paredes amplias encaradas hacia fuera de las secciones intermedias de guía de ondas rectangular 530 son aquellas que son visibles cuando el extractor 500 de modos se observa desde sus lados respectivos.

En una región central 513 de la primera unión 510 de torniquete, se proporciona una sección metálica 514 de adaptación. Haciendo referencia a la descripción anterior de la unión 400 de torniquete convencional, la región central 513 de la primera unión 510 de torniquete está situada en una intersección del puerto común 511 y los cuatro puertos de guía de ondas rectangular 512 de la primera unión 510 de torniquete. Para ser más precisos, la región central 513 está situada en una intersección de una extensión del puerto común 511 y extensiones de los cuatro puertos de guía de ondas rectangular 512 de la primera unión 510 de torniquete. De este modo, la región central 513 es una región en el trayecto de RF de la primera unión 510 de torniquete, que va a dar a cada uno del puerto común 511 y los cuatro puertos de guía de ondas rectangular 512.

De forma más detallada, la sección 514 de adaptación se proporciona en la pared posterior de la primera unión 510 de torniquete. La sección 514 de adaptación está dispuesta de manera que es simétrica en torno al eje longitudinal del puerto común 511 de la primera unión 510 de torniquete, y se puede extender hacia el puerto común 511. La sección 514 de adaptación puede consistir en cuboides, cilindros, conos, pirámides, troncos (de conos o pirámides) o cualquier combinación de los mismos (metálicos).

5 En una realización de la invención, el puerto común 511 de la primera unión 510 de torniquete es una guía de ondas circular, y la sección 514 de adaptación consiste en uno o más cilindros metálicos concéntricos (partes de adaptación). Uno primero de los cilindros está dispuesto en la pared posterior de la primera unión 510 de torniquete de manera que se extiende hacia la región central 513 de la primera unión 510 de torniquete, y todos los cilindros metálicos adicionales (partes de adaptación) tienen un diámetro menor que el primer cilindro y diámetros decrecientes de uno con respecto a otro, y están dispuestos encima del primer cilindro o encima de cilindros adicionales respectivos dispuestos encima del primer cilindro, en el orden de sus diámetros decrecientes.

10 En una realización preferida de la invención, el puerto común 511 de la primera unión 510 de torniquete es una guía de ondas circular, y la sección 514 de adaptación consiste en dos cilindros metálicos concéntricos 514A, 514B, en donde el primer cilindro 514A (primera parte de adaptación) está dispuesto en la pared posterior de la primera unión 510 de torniquete de manera que se extiende hacia la región central 513 de la primera unión 510 de torniquete, y el segundo cilindro 514B (segunda parte de adaptación) tiene un diámetro menor que el primer cilindro 514A y está dispuesto encima del primer cilindro 514A.

15 Asimismo, en una región central 523 de la segunda unión 520 de torniquete, se proporciona una sección 524 de adaptación, metálica. La sección 524 de adaptación se proporciona en la pared posterior de la segunda unión 520 de torniquete. Además, la sección 524 de adaptación está dispuesta de manera que es simétrica en torno al eje longitudinal del puerto común 521 de la segunda unión 520 de torniquete, y se puede extender hacia el puerto común 521. La sección 524 de adaptación puede consistir en cuboides, cilindros, conos, pirámides, troncos (de conos o pirámides) o cualquier combinación de los mismos (metálicos).

20 En la realización preferida de la invención, el puerto común 521 de la segunda unión 520 de torniquete es una guía de ondas circular, y la sección 524 de adaptación consiste en dos cilindros metálicos 524A, 524B, en donde el primer cilindro 524A está dispuesto en la pared posterior de la segunda unión 520 de torniquete de manera que se extiende hacia la región central 523 de la segunda unión 520 de torniquete, y el segundo cilindro 524B tiene un diámetro menor que el primer cilindro 524A y está dispuesto encima del primer cilindro 524A.

25 En la realización preferida de la invención, las secciones 514 y 524 de adaptación son idénticas para reducir la complejidad del diseño, aunque con el fin de potenciar adicionalmente el rendimiento de RF, pueden tener una forma y dimensiones diferentes.

30 En una realización alternativa, el puerto común 511 de la primera unión 510 de torniquete es una guía de ondas cuadrada, y la sección 514 de adaptación consiste en cuboides (prismas rectos) de sección de corte cuadrada, estando dispuesto el primero de ellos en la pared posterior de la primera unión 510 de torniquete de manera que se extiende hacia la región central 513 de la primera unión 510 de torniquete, y presentando los otros cuboides unas secciones de corte decrecientes de un cuboide a otro, y estando dispuestos, con sus ejes centrales alineados, encima del primer cuboide o de cuboides respectivos de entre los otros cuboides en orden de tamaño decreciente de sus secciones de corte.

35 Asimismo, en la realización alternativa, el puerto común 521 de la segunda unión 520 de torniquete es una guía de ondas cuadrada, y la sección 524 de adaptación de la segunda unión 520 de torniquete, en la realización alternativa, se construye y dispone de acuerdo con la sección 514 de adaptación de la primera unión 510 de torniquete.

40 En lo sucesivo, por motivos de concisión, se hará referencia al primer y al segundo cilindros 514A, 514B, 524A, 524B, en lugar de enumerar cada configuración geométrica posible de las partes de adaptación. No obstante, se entiende que la siguiente descripción de la presente invención se refiere igualmente a partes de adaptación genéricas, tales como cuboides, cilindros, conos, pirámides, troncos (de conos o pirámides) o cualquier combinación de los mismos.

45 La primera unión 510 de torniquete se usa como extractor de modos que tiene un dispositivo 540 de acoplamiento coaxial introducido en la sección 514 de adaptación. El dispositivo 540 de acoplamiento coaxial es una línea coaxial insertada en la sección 514 de adaptación con un *stub* o pin de acoplamiento que sale de la línea coaxial y se extiende hacia el puerto común 511 de la primera unión 510 de torniquete. La línea coaxial se puede conectar a un cable coaxial o se puede usar para excitar una guía 550 de ondas rectangular insertada entre las paredes posteriores de la primera y la segunda uniones 510, 520 de torniquete. El cable coaxial o guía 550 de ondas rectangular se conecta a un puerto de RFS. La vista superior de la **figura 8** ilustra el caso en el que la línea coaxial se conecta a la guía 550 de ondas rectangular, y muestra cómo la guía 550 de ondas rectangular que se inserta entre las paredes posteriores de la primera y la segunda uniones 510, 520 de torniquete se proyecta fuera del extractor 500 de modos.

50 El dispositivo 540 de acoplamiento coaxial se introduce en la sección 514 de adaptación de la primera unión 510 de torniquete a través de la pared posterior de la primera unión 510 de torniquete, y se extiende a lo largo del eje central (eje de simetría) de la sección 514 de adaptación, es decir, a lo largo de los ejes centrales (ejes de simetría) del primer y el segundo cilindro 514A, 514B (primera y segunda partes de adaptación), y también a lo largo del eje central (eje de simetría) del puerto común 511 de la primera unión 510 de torniquete. Una parte del dispositivo 540

de acoplamiento coaxial (es decir, el *stub* o pin de acoplamiento) se extiende hacia el puerto común 511 de la primera unión 510 de torniquete. Con este fin, el primer y el segundo cilindro 514A, 514B están diseñados en forma de cilindros huecos, o en forma de cilindros que tienen un agujero pasante a lo largo de sus ejes centrales. En general, puede decirse que la primera y la segunda partes de adaptación son huecas o tienen un agujero pasante a lo largo de sus ejes centrales, o que la sección 514 de adaptación es hueca o tiene un agujero pasante a lo largo de su eje central, respectivamente.

El dispositivo 540 de acoplamiento coaxial permite extraer el modo TM01 radialmente simétrico, a partir de una señal electromagnética entrante que es captada por el extractor 500 de modos, sin afectar significativamente a los modos fundamentales de la señal electromagnética (correspondientes a las señales de enlace de usuario).

Para mejorar el acoplamiento del modo TM01 al dispositivo 540 de acoplamiento coaxial pueden usarse cambios de la sección de corte en el puerto común 511 de la primera unión 510 de torniquete, en torno a la parte del dispositivo 540 de acoplamiento coaxial que se extiende hacia el puerto común 511 de la primera unión 510 de torniquete. Tal como puede observarse a partir de las **figuras 5 a 7**, el puerto común 511 de la primera unión 510 de torniquete tiene una primera parte 511A, una segunda parte (parte constreñida) 511B y una tercera parte (parte dilatada) 511C, que están dispuestas en este orden y adyacentes entre sí según la dirección de guía del puerto común 511 de la primera unión 510 de torniquete, desde una parte distal del puerto común 511 hacia una parte del puerto común 511 que se encuentra con los cuatro puertos de guía de ondas rectangular 512. En la realización preferida, cada una de la primera a tercera partes 511A, 511B, 511C tiene forma de un cilindro en la vista del trayecto de RF. No obstante, en la realización alternativa, la primera a tercera partes 511A, 511B, 511C tienen forma de una sección de corte cuadrada en la vista del trayecto de RF.

Una parte extrema de la tercera parte (parte dilatada) 511C está situada en una posición en la que el puerto común 511 está en intersección con los cuatro puertos de guía de ondas rectangular 512. La tercera parte 511C rodea a una parte de la sección 514 de adaptación, o para ser más precisos, una parte del segundo cilindro 514B. La segunda parte (parte constreñida) 511B está situada adyacente a la tercera parte 511C (es decir, más distante de la posición en la que el puerto común 511 entra en intersección con los cuatro puertos de guía de ondas rectangular 512, o más distante de la región central de la primera unión 510 de torniquete), y rodea a la parte del dispositivo 540 de acoplamiento coaxial que se extiende hacia el puerto común 511 de la primera unión 510 de torniquete. La primera parte 511A está situada adyacente a la segunda parte 511B, con el mayor distanciamiento con respecto a la posición en la que el puerto común 511 entra en intersección con los cuatro puertos de guía de ondas rectangular 512.

En lo anterior, se entiende que la afirmación de que la tercera parte 511C rodea a una parte de la sección 514 de adaptación, o para ser más precisos, a una parte del segundo cilindro 514B, se refiere tanto a un caso en el cual dicha parte de la sección 514 de adaptación se extiende hacia la tercera parte 511C como a través de la tercera parte 511C. Se entiende además que la afirmación de que la segunda parte 511B rodea a la parte del dispositivo 540 de acoplamiento coaxial que se extiende hacia el puerto común 511 de la primera unión 510 de torniquete, se refiere tanto a un caso en el que dicha parte del dispositivo 540 de acoplamiento coaxial se extiende hacia la segunda parte 511B como a través de la segunda parte 511B. De este modo, se entiende que dicha información se refiere también a un caso en el que dicha parte del dispositivo 540 de acoplamiento coaxial se extiende a través de la segunda parte 511B y además hacia la primera parte 511A. Este caso se ilustra en la **figura 6** y la **figura 7**. Tal como puede observarse en estas figuras, dicha parte del dispositivo 540 de acoplamiento coaxial se extiende, en este orden, a través del primer cilindro 514A, a través del segundo cilindro 514B, a través de la segunda parte 511B y hacia la primera parte 511A del puerto común 511 de la primera unión 510 de torniquete.

La segunda parte 511B tiene una sección de corte que es menor que una sección de corte del puerto común 521 de la segunda unión 520 de torniquete, es decir, el diámetro de la segunda parte 511B es menor que el diámetro del puerto común 521 de la segunda unión 520 de torniquete. En otras palabras, la segunda parte 511B es una parte constreñida (es decir, una parte de sección de corte reducida en comparación con el puerto común 521 de la segunda unión 520 de torniquete). La tercera parte 511C tiene una sección de corte que es mayor que la sección de corte del puerto común 521 de la segunda unión 520 de torniquete, es decir, el diámetro de la tercera parte 511C es mayor que el diámetro del puerto común 521 de la segunda unión 520 de torniquete. En otras palabras, la tercera parte 511C es una parte dilatada o una parte ensanchada (es decir, una parte de sección de corte aumentada en comparación con el puerto común 521 de la segunda unión 520 de torniquete). La primera parte 511A tiene una sección de corte que es igual a la sección de corte del puerto común 521 de la segunda unión 520 de torniquete, es decir, el diámetro de la primera parte 511A es igual al diámetro del puerto común 521 de la segunda unión 520 de torniquete.

Con esta elección de las secciones de corte de la primera a la tercera partes 511A, 511B, 511C del puerto común 511 de la primera unión 510 de torniquete, se mejoran el acoplamiento del modo TM01 al dispositivo 540 de acoplamiento coaxial y la adaptación de los modos fundamentales TE11.

Para mejorar adicionalmente la extracción de modos TM01, uno de los parámetros de diseño clave es la dimensión de la pared pequeña en la sección de corte de las guías de ondas rectangulares de los cuatro puertos de guía 512

de ondas rectangular. En este caso, la pared pequeña, o pared estrecha, es la pared de la guía de ondas rectangular correspondiente a los lados más cortos (estrechos) de entre los lados de la sección de corte (transversal) de la guía de ondas rectangular, en donde la sección de corte transversal, o simplemente sección de corte para abreviar, es la sección a través de la guía de ondas rectangular, perpendicular a su dirección de guía. Tal como ha percibido el presente inventor, la reducción de la dimensión de la pared pequeña en la sección de corte de las guías de ondas rectangulares da como resultado un aumento significativo del acoplamiento del modo TM01 al dispositivo 540 de acoplamiento coaxial.

Puesto que una reducción de la dimensión de las paredes pequeñas también tiende a degradar el rendimiento de los modos fundamentales, debe encontrarse un compromiso entre la extracción del modo TM01 y la propagación de los modos fundamentales a través del extractor 500 de modos. En el extractor 500 de modos de la invención, la relación de aspecto de la sección de corte de la guía de ondas rectangulares de los puertos de guía de ondas rectangular 512, 522 de la primera y la segunda uniones 510, 520 de torniquete, respectivamente, es inferior a 1:2, en donde la relación de aspecto de la sección de corte indica la relación entre la dimensión de las paredes estrechas y la dimensión de las paredes amplias de la guía de ondas rectangular. En otras palabras, la relación de aspecto de la sección de corte es la relación de altura/anchura de la sección de corte de la guía de ondas rectangular.

Un buen punto de partida para la optimización es una relación de aspecto de 1:4 para la sección de corte de las guías de ondas rectangulares. De este modo, en una relación preferida, el extractor 500 de modos tiene una relación de aspecto de la sección de corte de las guías de ondas rectangulares de los puertos de guía de ondas rectangular 512, 522 de la primera y la segunda uniones 510, 520 de torniquete, respectivamente, entre $(1:4 - x/2)$ y $(1:4 + x/2)$, con $x \leq 0,4$. Además, preferentemente, la relación de aspecto de la sección de corte está entre $(1:4 - x/2)$ y $(1:4 + x/2)$, con $x \leq 0,2$. Además, todavía preferentemente, la relación de aspecto de la sección de corte está entre $(1:4 - x/2)$ y $(1:4 + x/2)$, con $x \leq 0,1$.

En los puertos comunes 511, 521 de la primera y la segunda uniones 510, 520 de torniquete y/o en las secciones intermedias de guía de ondas rectangular 530 que conectan las dos uniones 510, 520 de torniquete contiguas por el lado trasero, con el fin de mejorar el rendimiento de RF global del extractor 500 de modos, se pueden implementar ranuras, corrugaciones, iris o cualesquiera otras características adicionales bien conocidas que son usadas típicamente por los expertos en la materia para mejorar las pérdidas de retorno. Dichas características también se pueden añadir en el dispositivo 540 de acoplamiento coaxial o a la guía 550 de ondas rectangular insertada entre las paredes traseras de la primera y la segunda uniones 510, 520 de torniquete para mejorar las pérdidas de retorno del puerto de RFS, y proporcionar un diseño genérico de extractor de modos que cubra la banda completa de recepción con un excelente rendimiento de RF. Como ejemplo, posteriormente se describirá el impacto de dichas modificaciones en referencia a las **figuras 11A y 11B**.

Tal como puede observarse en las **figuras 5 a 9**, cada una de las secciones intermedias de guía de ondas rectangular 530 tiene una primera parte escalonada 530A en uno de sus extremos, y una segunda parte escalonada 530B en su otro extremo. La primera parte escalonada 530A se proporciona en la pared amplia de cada sección intermedia 530 que está encarada hacia fuera (es decir, la pared amplia de la sección intermedia respectiva 530 más remota con respecto al eje central del extractor 500 de modos) en una posición en la que la sección intermedia respectiva 530 se encuentra con uno correspondiente de los cuatro puertos de guía de ondas rectangular 511 de la primera unión 510 de torniquete. De este modo, la primera parte escalonada 530A se proporciona en el borde de encuentro de la pared amplia encarada hacia fuera de la sección intermedia 530, y la pared amplia encarada hacia fuera del correspondiente de entre los cuatro puertos de guía de ondas rectangular 512 de la primera unión 510 de torniquete, en donde la pared amplia encarada hacia fuera del correspondiente de los cuatro puertos de guía de ondas rectangular 512 es la pared amplia más remota con respecto a un plano transversal central del extractor 500 de modos.

La segunda parte escalonada 530B se proporciona en la pared amplia encarada hacia fuera de cada sección intermedia 530 en una posición en la que la sección intermedia respectiva 530 se encuentra con uno correspondiente de los cuatro puertos de guía de ondas rectangular 522 de la segunda unión 520 de torniquete. De este modo, la segunda parte escalonada 530B se proporciona en el borde de encuentro de la pared amplia encarada hacia fuera de la sección intermedia 530, y la pared amplia encarada hacia fuera del correspondiente de los cuatro puertos de guía de ondas rectangular 522 de la segunda unión 520 de torniquete, en donde la pared amplia encarada hacia fuera del correspondiente de los cuatro puertos de guía de ondas rectangular 522 es la pared amplia más remota con respecto a un plano transversal central del extractor 500 de modos.

Cada una de la primera y la segunda partes escalonadas 530A, 530B, que, preferentemente, son idénticas en cuanto a sus dimensiones por motivos de simetría, reduce el área de la sección de corte de la sección intermedia respectiva de guía de ondas rectangular 530. Estas partes escalonadas hacen que mejore la transferencia de los modos fundamentales entre los dos puertos comunes 511, 521. Pueden implementarse partes escalonadas adicionales para reducir más las pérdidas de inserción que afectan a los modos fundamentales.

En un conjunto de cadena de alimentación que use el extractor 500 de modos, el puerto común 511 de la primera

unión 510 de torniquete debe conectarse a una antena de bocina del conjunto de cadena de alimentación, y el puerto común 521 de la segunda unión 522 de torniquete debe conectarse a una cadena genérica de alimentación de enlace de usuario del conjunto de cadena de alimentación. De este modo, el extractor 500 de modos está configurado para un conjunto de cadena de alimentación según se ilustra en la **figura 2**, con la diferencia de que, de acuerdo con la presente invención, el extractor 500 de modos extrae el modo TM01 en lugar del modo TE21. El conjunto de cadena de alimentación resultante, que incluye el extractor 500 de modos, se puede usar en el plano focal de una antena de reflector de múltiples haces que funcione en una configuración de una sola alimentación por haz. El plano focal de esta antena de reflector comprende varias cadenas de alimentación solamente de enlace de usuario, y por lo menos una cadena de alimentación genérica de enlace de usuario y con extractor de modos. El complejo de antenas resultante para una aplicación típica de satélites de comunicación de múltiples haces, comprende, típicamente, tres o cuatro de estas antenas de reflector de una sola alimentación por haz, presentando cada una de ellas por lo menos una cadena de alimentación que comprende el extractor 500 de modos.

La **figura 9** ilustra un método para el ensamblaje del extractor 500 de modos de la invención. De acuerdo con este método, el extractor 500 de modos se ensambla uniendo entre sí una primera parte 910, una segunda parte 920, y una tercera parte 930, las cuales son, todas ellas, partes metálicas, excepto por el dispositivo 540 de acoplamiento coaxial (sonda coaxial) el cual puede usar otros materiales, tales como materiales dieléctricos, para sujetar el pin. La primera y la tercera partes 910, 930 son idénticas, de manera que, en lo sucesivo, se describirá únicamente la tercera parte 930. La tercera parte 930 comprende una primera parte cilíndrica de tipo disco a la cual se le une una segunda parte cilíndrica que alberga el puerto común 521 de la segunda unión 520 de torniquete. En un lado de la primera parte encarado en alejamiento con respecto a la segunda parte se constituye un rebaje con forma de cruz que se corresponde con los cuatro puertos de guía de onda rectangular 522 de la segunda unión 520 de torniquete. Al final de cada brazo del rebaje con forma de cruz, se proporciona una parte que presenta una profundidad reducida, y que se corresponde con una respectiva de las segundas partes escalonadas 530B de las secciones intermedias de guía de ondas rectangular 530. En un extremo distal de la segunda parte de la tercera parte 930, se proporciona una brida de guía de ondas para conectar el puerto común 522 de la segunda unión 520 de torniquete a, por ejemplo, la cadena de alimentación de enlace de usuario.

La segunda parte 920 tiene forma de un disco con cuatro agujeros pasantes rectangulares dispuestos por la circunferencia del disco a intervalos angulares iguales. Estos agujeros pasantes se corresponden con una parte central de las secciones intermedias de guía de ondas rectangular 530. En las superficies superior e inferior de la segunda parte 920, correspondientes a las paredes amplias encaradas hacia dentro de los cuatro puertos de guía de ondas rectangular 512, 522 de la primera y la segunda uniones 510, 520 de torniquete, se proporcionan las secciones 514, 524 de adaptación de la primera y la segunda uniones 510, 520 de torniquete. Entre las superficies superior e inferior de la segunda parte 920, se constituye un hueco que tiene forma de un cuboide rectangular y se extiende desde una superficie cilíndrica lateral de la segunda parte 920 hasta ligeramente más allá del centro de la segunda parte 920. Este hueco se corresponde con la guía de ondas rectangular 550 insertada entre las paredes posteriores de la primera y la segunda uniones 510, 520 de torniquete. Además, el dispositivo 540 de acoplamiento coaxial se introduce en la segunda parte 920 para extenderse desde el hueco correspondiente a la guía 550 de ondas rectangular, a través de la sección 514 de adaptación de la primera unión 510 de torniquete, y hacia el puerto común 511 de la primera unión 510 de torniquete.

Tal como puede deducirse a partir de las escalas proporcionadas en la parte inferior de las **figuras 5 a 9**, el extractor 500 de modos según la presente invención es extremadamente compacto. La estructura funcional de RF sintonizada para cubrir la banda Ka convencional asignada a comunicaciones por satélite, es decir, de 17,7 a 20,2 GHz en transmisión y de 27,5 a 30,0 GHz en recepción, cabe en un cilindro de 32 mm de diámetro y 23 mm de altura. Esto es aproximadamente diez veces más corto que un extractor de modos TE21 convencional compatible con un diseño genérico de cadenas de alimentación de enlace de usuario. El diámetro, el cual es menor que dos longitudes de onda a la frecuencia más baja, es compatible con diseños de cadenas de alimentación de enlace de usuario muy compactas de la siguiente generación. Evidentemente, un diseño tan compacto permite ahorrar tanto costes como masa.

A continuación, se describirá el rendimiento eléctrico del extractor 500 de modos, de acuerdo con la presente invención, según se ilustra en las **figuras 5 a 9**. El extractor 500 de modos se ha analizado usando un software electromagnético de onda completa (EM) basado en un Método de Elementos Finitos (FEM) para evaluar el potencial de la invención. Para este análisis, el diseño del extractor 500 de modos se sintonizó de manera que cubriese la banda Ka convencional asignada a comunicaciones por satélite, es decir, de 17,7 a 20,2 GHz en transmisión y de 27,5 a 30,0 GHz en recepción. Para reducir el número de parámetros de diseño, se decidió usar dos uniones de torniquete idénticas (dimensiones idénticas del puerto común, de los puertos de guía de ondas rectangular y de las secciones de adaptación), aunque un diseño más avanzado podría beneficiarse de diseños asimétricos, aportando así grados de libertad adicionales en el proceso de optimización. Las secciones 514, 524 de adaptación de la primera y la segunda uniones 510, 520 de torniquete son, cada una de ellas, una combinación de troncos cónicos, viniendo impuestas las dimensiones de los discos superiores por el diámetro de la línea coaxial. En el puerto común 511 de la primera unión 510 de torniquete que se va a conectar a la bocina se añade un cambio de sección de corte según se ha descrito anteriormente, para mejorar la extracción del modo TM01.

Se informa sobre los resultados de simulación para el rendimiento eléctrico (rendimiento de RF) de este diseño en las **figuras 10A y 10B**, de las cuales la **figura 10A** indica el parámetro S para los modos TE11 fundamentales en unidades de dB en función de la frecuencia en unidades de GHz, y la **figura 10B** indica el parámetro S del modo TM01 en unidades de dB en función de la frecuencia en unidades de GHz. La gráfica 1001 de la **figura 10A** indica la adaptación del puerto de entrada del extractor 500 de modos a un puerto externo para los modos fundamentales (componente S11 del parámetro S para los modos fundamentales), y la gráfica 1002 indica el coeficiente de transmisión entre el puerto de entrada y el puerto de salida del extractor 500 de modos para los modos fundamentales (componente S12 del parámetro S para los modos fundamentales). Las áreas grises 1003, 1004 de la **figura 10A** representan los requisitos típicos de la banda de transmisión (área gris izquierda 1003) y de la banda de recepción (área gris derecha 1004) en la banda Ka (adaptación mejor que -20 dB sobre las bandas de funcionamiento). La gráfica 1005 de la **figura 10B** indica el coeficiente de transmisión entre el puerto de entrada y el puerto de RFS del extractor 500 de modos para el modo TM01 (componente S13 del parámetro S para el modo TM01), la gráfica 1006 indica el coeficiente de transmisión entre el puerto de entrada y el puerto de salida del extractor 500 de modos para el modo TM01 (componente S12 del parámetro S para el modo TM01), y la gráfica 1007 indica la adaptación del puerto de RFS del extractor 500 de modos a un puerto externo para el modo TM01 (componente S33 del parámetro S para el modo TM01), en donde el puerto de RFS se indica con el índice 3. El área gris 1008 de la **figura 10B** representa el requisito de la banda de recepción en la banda Ka.

Tal como puede observarse a partir de la gráfica 1001 de la **figura 10A**, la adaptación para los dos modos TE11 fundamentales es mejor de -23 dB en la banda de transmisión y de -20 dB en la banda de recepción, con pérdidas de inserción inferiores a 0,04 dB sobre las dos bandas de frecuencias (consúltense la gráfica 1002), sin tener en cuenta pérdidas óhmicas. En general, el extractor 500 de modos presenta claramente un comportamiento de banda ancha que proporciona ciertos márgenes sobre los errores de fabricación y los desplazamientos de frecuencia típicos debidos a variaciones de temperatura en órbita. El propio comportamiento de banda ancha del extractor 500 de modos también indica que el mismo se podría sintonizar satisfactoriamente para funcionar con un rendimiento similar sobre la banda Ku o la banda C, que se usan en aplicaciones satelitales y que también pueden requerir extractores de modos, compactos, a la vista de la tendencia actual de extender el funcionamiento de múltiples haces también a estas bandas. Tal como puede observarse a partir de la gráfica 1005 de la **figura 10B**, el extractor 500 de modos proporciona un factor de acoplamiento mejor de 0,6 dB sobre la banda de recepción completa para el modo de RFS, lo cual es aceptable para muchas aplicaciones.

Para ilustrar una posible mejora añadiendo características de adaptación típicas al diseño, se añadió una línea de sección de adaptación (que consiste en un cambio en el radio de la sección de corte) a la línea coaxial, es decir, al dispositivo 540 de acoplamiento coaxial. Los resultados de la simulación obtenidos tras una optimización se comunican en las **figuras 11A y 11B**, de las cuales la **figura 11A** indica el parámetro S para los modos fundamentales en unidades de dB en función de la frecuencia en unidades de GHz, y la **figura 11B** indica el parámetro S del modo TM01 en unidades de dB en función de la frecuencia en unidades de GHz. La gráfica 1101 de la **figura 11A** indica el componente S11 del parámetro S para los modos fundamentales, y la gráfica 1102 indica el componente S12 del parámetro S para los modos fundamentales. En la **figura 11B**, la gráfica 1105 indica el componente S13 del parámetro S para el modo TM01, la gráfica 1106 indica el componente S12 del parámetro S para el modo TM01, y la gráfica 1107 indica el componente S33 del parámetro S para el modo TM01. También en este caso, las áreas grises 1103, 1104, 1108 representan, respectivamente, los requisitos de la banda de transmisión y la banda de recepción en la banda Ka.

Tal como puede observarse a partir de la **figura 11B**, el rendimiento del puerto de RFS mejora significativamente al añadir características de adaptación típicas. La adaptación del puerto es mejor de -19 dB sobre la banda completa de recepción (en la **figura 10B**, el peor caso sobre la banda de recepción fue de -11 dB mientras que el mejor caso fue de -18 dB). Esto está en relación con un factor de acoplamiento mejorado el cual ahora es mejor de 0,4 dB sobre la banda de recepción completa. Por otro lado, las modificaciones sobre los parámetros de diseño afectan solamente de manera ligera a la respuesta a los modos fundamentales, de manera que la adaptación para los modos fundamentales ilustrados en la **figura 11A** sigue siendo mejor de -20 dB sobre las bandas de transmisión y recepción. Esto se corresponde con pérdidas de inserción mejores de 0,05 dB sobre dichas dos bandas de frecuencia, nuevamente sin tener en cuenta pérdidas óhmicas.

Los análisis anteriores confirman que la presente invención proporciona una extracción de modos de banda ancha que afecta únicamente de manera mínima a la propagación de los modos fundamentales, dando como resultado, así, un diseño genérico de extractor de modos que también tiene un impacto positivo sobre los costes de desarrollo.

La descripción anterior de la invención se basa en una unión de torniquete convencional que tiene cuatro puertos de guía de ondas rectangular (segundos puertos), ya que esta disposición simétrica proporciona de manera natural un mejor rendimiento en el caso del funcionamiento de polarización dual. En caso de que se requiera solamente un funcionamiento de polarización lineal única, el número de puertos de guía de ondas rectangular se podría reducir a dos.

Además, la descripción anterior de la invención se ha proporcionado en el caso específico de un segmento espacial para aplicaciones de comunicación satelital de banda ancha y múltiples haces, pero la invención puede encontrar

aplicación en cualquier campo que requiera alimentaciones con una capacidad de puntería mejorada y restricciones exigentes tanto en cuanto a la masa como en cuanto a las dimensiones. Esto puede incluir el segmento terrestre para aplicaciones de comunicación por satélite (estaciones y terminales terrestres), aplicaciones de pruebas de alcance, etcétera.

- 5 Características, componentes y detalles específicos de las estructuras de las realizaciones antes descritas se pueden intercambiar o combinar para formar otras realizaciones optimizadas para la aplicación respectiva. En la medida en la que esas modificaciones son fácilmente perceptibles para un experto versado en la materia, las mismas serán dadas a conocer implícitamente por la anterior descripción sin especificar de forma explícita cada
- 10 combinación posible, por motivos de concisión de la presente descripción.

REIVINDICACIONES

- 5 **1.** Extractor de modos para extraer un modo TM01 a partir de una señal electromagnética, que comprende una primera unión (510) de torniquete y una segunda unión (520) de torniquete, presentando cada una de las uniones de torniquete un primer puerto (511, 521), cuatro segundos puertos de guía de ondas rectangular (512, 522) que son mutuamente ortogonales y ortogonales con respecto al primer puerto (511, 521), y una sección (514, 524) de adaptación proporcionada, al menos parcialmente, en una región central (513, 523) de la unión de torniquete respectiva, estando situada la región central (513, 523) en una intersección del primer puerto (511, 521) y los cuatro segundos puertos (512, 522),

10 en donde la primera unión (510) de torniquete y la segunda unión (520) de torniquete están dispuestas de manera que ejes longitudinales de sus primeros puertos (511, 521) están alineados entre sí y sus primeros puertos (511, 521) están encarados en direcciones opuestas,

15 cada una de las guías de ondas rectangulares de los segundos puertos (512, 522) de la primera y la segunda uniones (510, 520) de torniquete tiene dos paredes laterales amplias que se extienden según una dirección de guía de la guía de ondas rectangular respectiva y dos paredes laterales estrechas que se extienden según la dirección de guía de la guía de ondas rectangular respectiva, correspondiéndose las paredes laterales amplias con lados más largos de una sección de corte transversal de la guía de ondas rectangular respectiva y correspondiéndose las paredes estrechas con lados más cortos de la sección de corte transversal de la guía de ondas rectangular respectiva, y, para cada una de las guías de ondas rectangulares de los segundos puertos (512, 522) de la primera y la segunda uniones (510, 520) de torniquete, paredes laterales amplias respectivas son ortogonales a los ejes longitudinales de los primeros puertos (511, 521) de la primera y la segunda uniones (510, 520) de torniquete,

20 cada uno de los segundos puertos (512) de la primera unión (510) de torniquete está acoplado electromagnéticamente a uno correspondiente de los segundos puertos (522) de la segunda unión (520) de torniquete, y

25 un dispositivo (540) de acoplamiento coaxial está introducido en la sección (514) de adaptación de la primera unión (510) de torniquete, de manera que una parte del dispositivo (540) de acoplamiento coaxial se extiende en el primer puerto (511) de la primera unión (510) de torniquete.
- 30 **2.** Extractor de modos según la reivindicación 1, en el que las guías de ondas rectangulares de los segundos puertos (512, 522) de la primera y la segunda uniones (510, 520) de torniquete tienen una relación de aspecto de la sección de corte inferior a 1:2.
- 35 **3.** Extractor de modos según la reivindicación 1 ó 2, en el que las guías de ondas rectangulares de los segundos puertos (512, 522) de la primera y la segunda uniones (510, 520) de torniquete tienen una relación de aspecto de la sección de corte entre $(1:4 - x/2)$ y $(1:4 + x/2)$, con $x \leq 0,4$.
- 40 **4.** Extractor de modos según por lo menos una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que los segundos puertos (512) de la primera unión (510) de torniquete están acoplados electromagnéticamente a los segundos puertos correspondientes (522) de la segunda unión (520) de torniquete mediante secciones intermedias de guía de ondas rectangular (530) que se extienden en paralelo al eje longitudinal del primer puerto (511) de la primera unión (510) de torniquete.
- 45 **5.** Extractor de modos según la reivindicación 4, en el que cada una de las secciones intermedias de guía de ondas rectangular (530) tiene una primera parte escalonada (530A) en uno de sus extremos y una segunda parte escalonada (530B) en su otro extremo, reduciendo cada una de la primera y la segunda partes escalonadas (530A, 530B) una sección de corte respectiva de la sección intermedia de guía de ondas rectangular (530).
- 50 **6.** Extractor de modos según por lo menos una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el primer puerto (511) de la primera unión (510) de torniquete tiene una parte constreñida (511B) que rodea la parte del dispositivo (540) de acoplamiento coaxial que se extiende hacia el primer puerto (511) de la primera unión (510) de torniquete, y que tiene una sección de corte menor que el primer puerto (521) de la segunda unión (520) de torniquete.
- 55 **7.** Extractor de modos según la reivindicación 6, en el que el primer puerto (511) de la primera unión (510) de torniquete tiene una parte dilatada (511C) que está situada entre la parte constreñida (511B) y la región central (513) de la primera unión (510) de torniquete, y que tiene una sección de corte mayor que el primer puerto (521) de la segunda unión (520) de torniquete.
- 60 **8.** Extractor de modos según por lo menos una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la sección (514) de adaptación de la primera unión (510) de torniquete es simétrica en torno al eje longitudinal del primer puerto (511) de la primera unión (510) de torniquete, la sección (514) de adaptación de la primera unión (510) de torniquete es una sección metálica de adaptación y está dispuesta en una pared posterior de la primera unión (510) de torniquete, que está situada en un lado alejado de la primera unión (510) de torniquete con respecto al primer puerto (511) de la primera unión (510) de torniquete,

65

- la sección (514) de adaptación de la primera unión (510) de torniquete es hueca o tiene un agujero pasante a lo largo de una línea central de la sección (514) de adaptación, el dispositivo (540) de acoplamiento coaxial está introducido en la sección (514) de adaptación de la primera unión (510) de torniquete a través de la pared posterior de la primera unión (510) de torniquete, y el dispositivo (540) de acoplamiento coaxial se extiende a través de la sección (514) de adaptación de la primera unión (510) de torniquete a lo largo de la línea central de la sección (514) de adaptación hacia el primer puerto (511) de la primera unión (510) de torniquete.
- 5
9. Extractor de modos según la reivindicación 8, en el que la sección (514) de adaptación de la primera unión (510) de torniquete comprende una o más partes (514A, 514B) de adaptación que son concéntricas entre sí, y cada una de las cuales es un cilindro, cuboide o tronco metálico, la parte o partes (514A, 514B) de adaptación están dispuestas de manera que son simétricas en torno al eje longitudinal del primer puerto (511) de la primera unión (510) de torniquete, y por lo menos una de la parte o partes (514A, 514B) de adaptación sobresale hacia el primer puerto (511) de la primera unión (510) de torniquete, y el dispositivo (540) de acoplamiento coaxial se extiende a través de la parte o partes (514A, 514B) de adaptación a lo largo de sus ejes centrales hacia el primer puerto (511) de la primera unión (510) de torniquete.
- 10
10. Extractor de modos según la reivindicación 8, en el que la sección (514) de adaptación de la primera unión (510) de torniquete comprende una primera y una segunda partes (514A, 514B) de adaptación que son concéntricas entre sí, y cada una de las cuales es un cilindro, cuboide o tronco metálico, la primera y la segunda partes (514A, 514B) de adaptación están dispuestas de manera que son simétricas en torno al eje longitudinal del primer puerto (511) de la primera unión (510) de torniquete, y por lo menos una de la primera y la segunda partes (514A, 514B) de adaptación sobresale hacia el primer puerto (511) de la primera unión (510) de torniquete, y el dispositivo (540) de acoplamiento coaxial se extiende a través de la primera y la segunda partes (514A, 514B) de adaptación a lo largo de sus ejes centrales hacia el primer puerto (511) de la primera unión (510) de torniquete.
- 15
- 20
- 25
- 30
11. Extractor de modos según la reivindicación 9 ó 10, en el que los primeros puertos (511, 521) de la primera y la segunda uniones (510, 520) de torniquete son guías de ondas circulares, y la primera parte (514A) de adaptación es un primer cilindro metálico dispuesto en la pared posterior de la primera unión (510) de torniquete, y la segunda parte (514B) de adaptación es un segundo cilindro metálico que tiene un diámetro menor que el primer cilindro metálico y que está dispuesto encima del primer cilindro metálico.
- 35
- 40
12. Extractor de modos según por lo menos una de las reivindicaciones 8 a 11, en el que el dispositivo (540) de acoplamiento coaxial está acoplado a una guía (550) de ondas rectangular o a un cable coaxial dispuesto entre la pared posterior de la primera unión (510) de torniquete y una pared posterior de la segunda unión (520) de torniquete, estando situada la pared posterior de la segunda unión (520) de torniquete en un lado alejado de la segunda unión (520) de torniquete con respecto al primer puerto (521) de la segunda unión (520) de torniquete.
- 45
13. Extractor de modos según por lo menos una de las reivindicaciones 1 a 12, en el que el dispositivo (540) de acoplamiento coaxial es un *stub* de acoplamiento o un pin de una línea coaxial.
- 50
14. Extractor de modos según por lo menos una de las reivindicaciones 1 a 10, 12 ó 13, en el que los primeros puertos (511, 521) de la primera y la segunda uniones (510, 520) de torniquete son guías de ondas circulares.
- 55
15. Conjunto de antena que comprende una cadena de alimentación de enlace de usuario, una bocina de antena y el extractor (500) de modos según por lo menos una de las reivindicaciones 1 a 14, en el que el extractor (500) de modos está dispuesto entre la cadena de alimentación de enlace de usuario y la bocina de antena a lo largo de un trayecto de la señal.

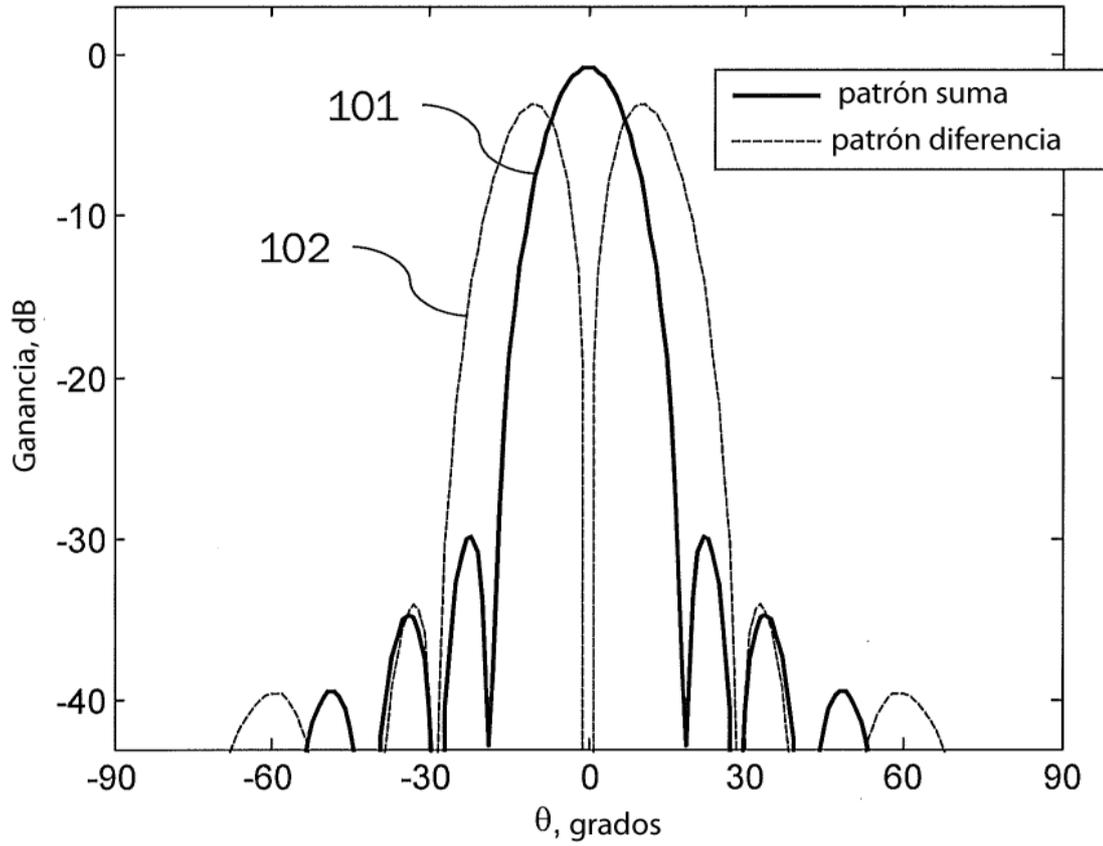


Fig.1

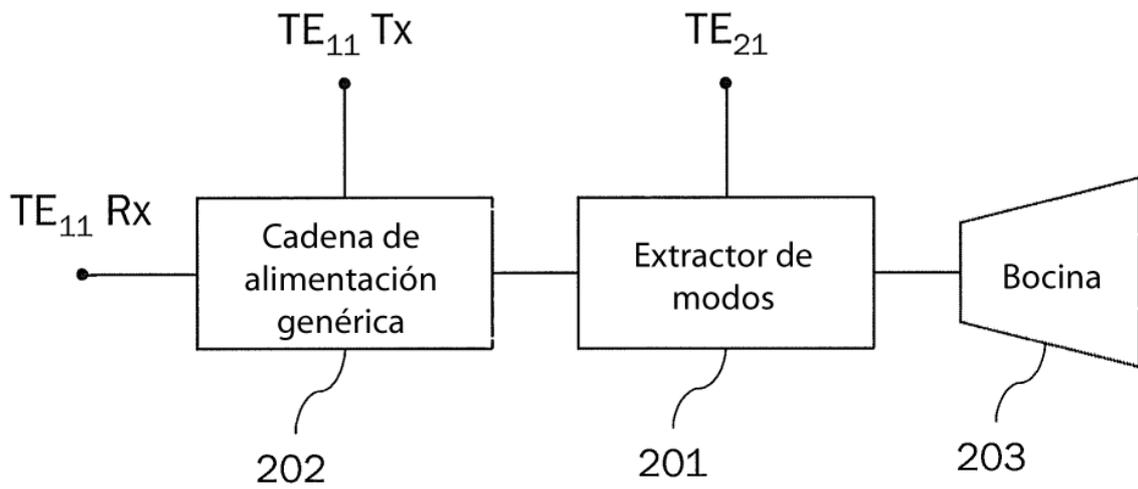


Fig.2

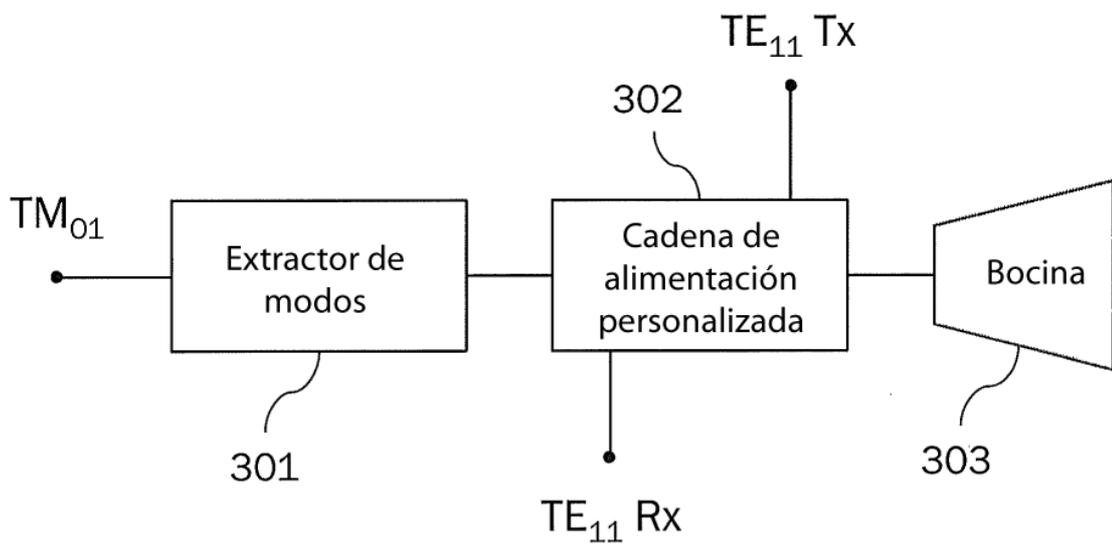


Fig.3

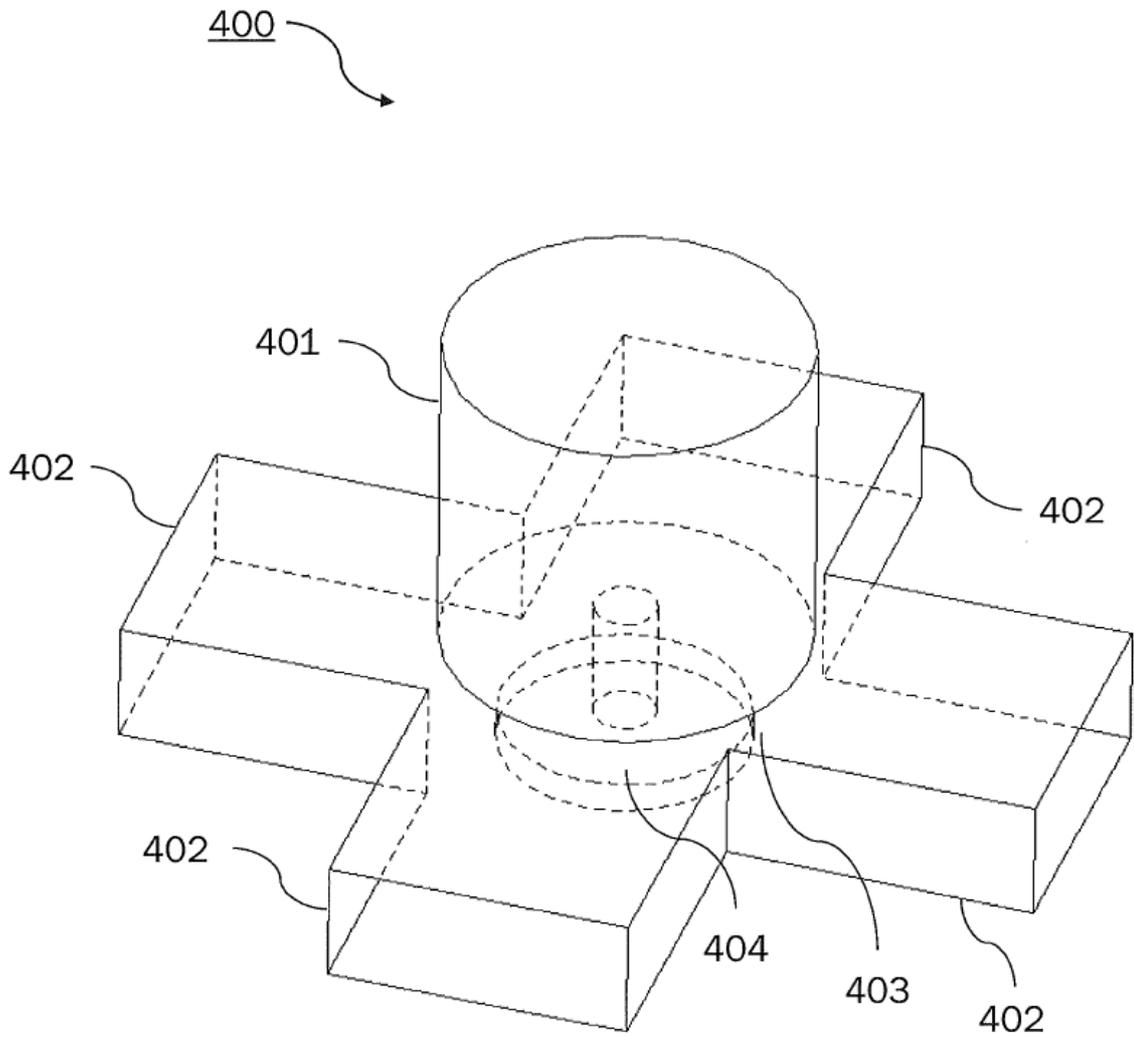


Fig.4

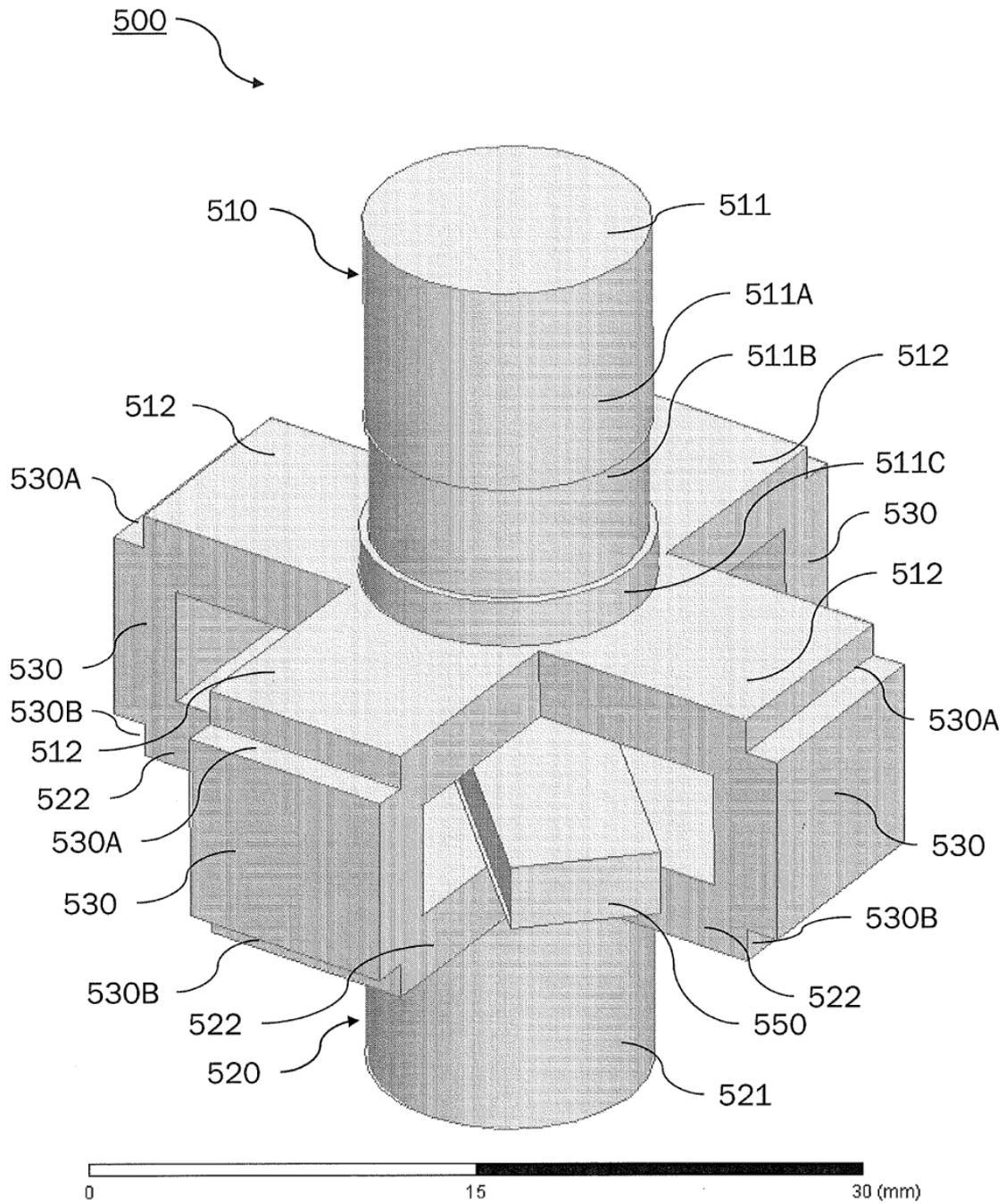


Fig.5

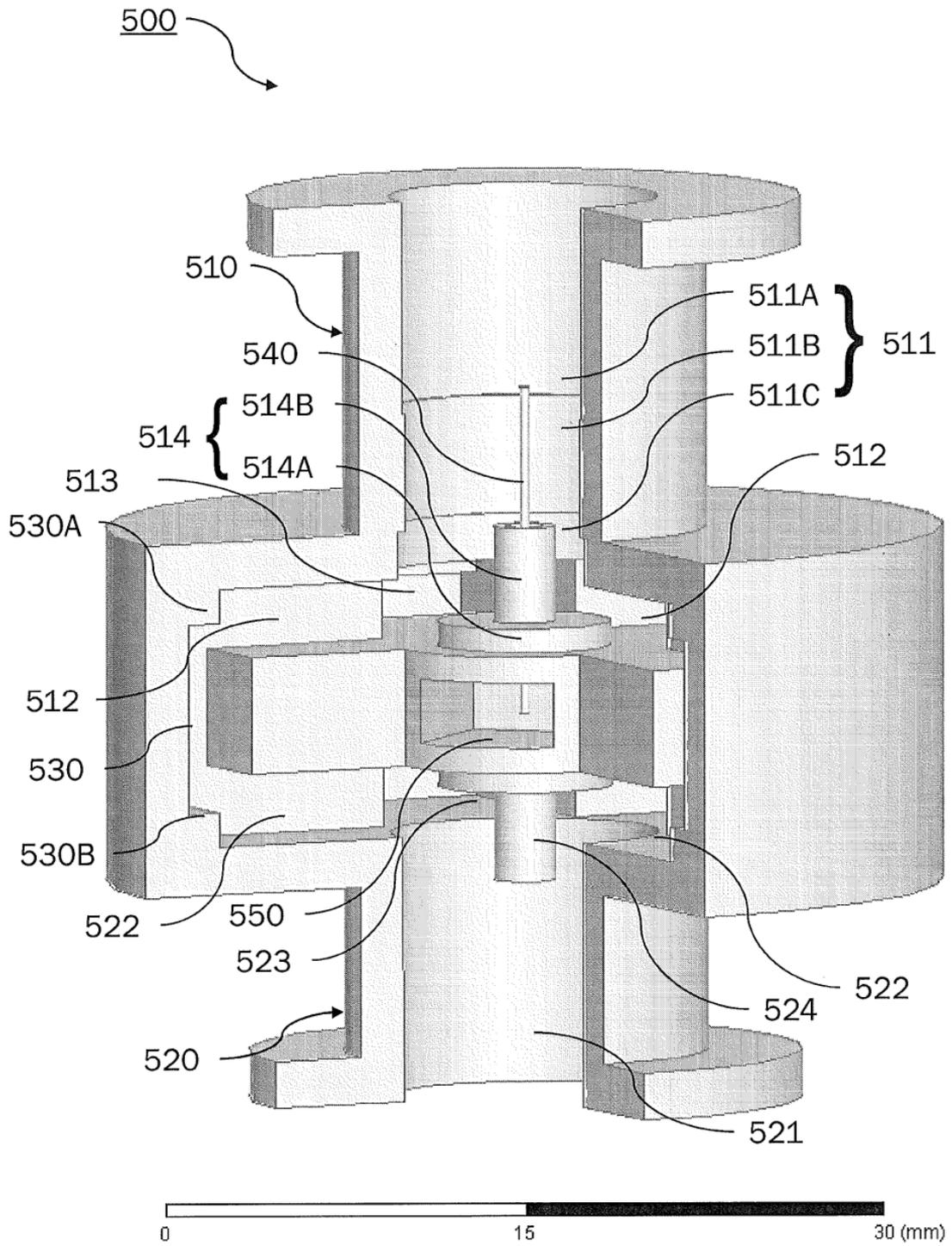


Fig.6

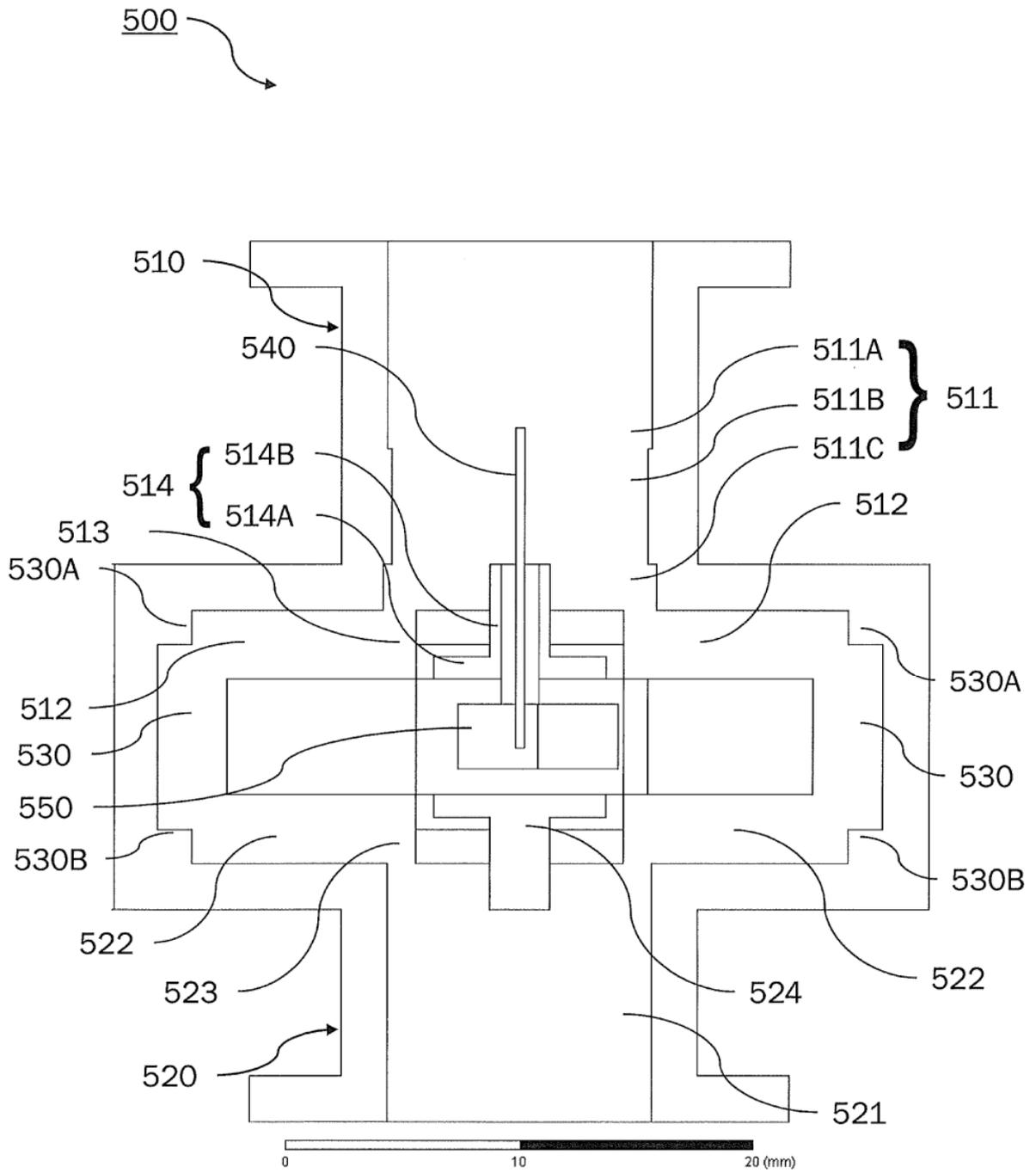


Fig.7

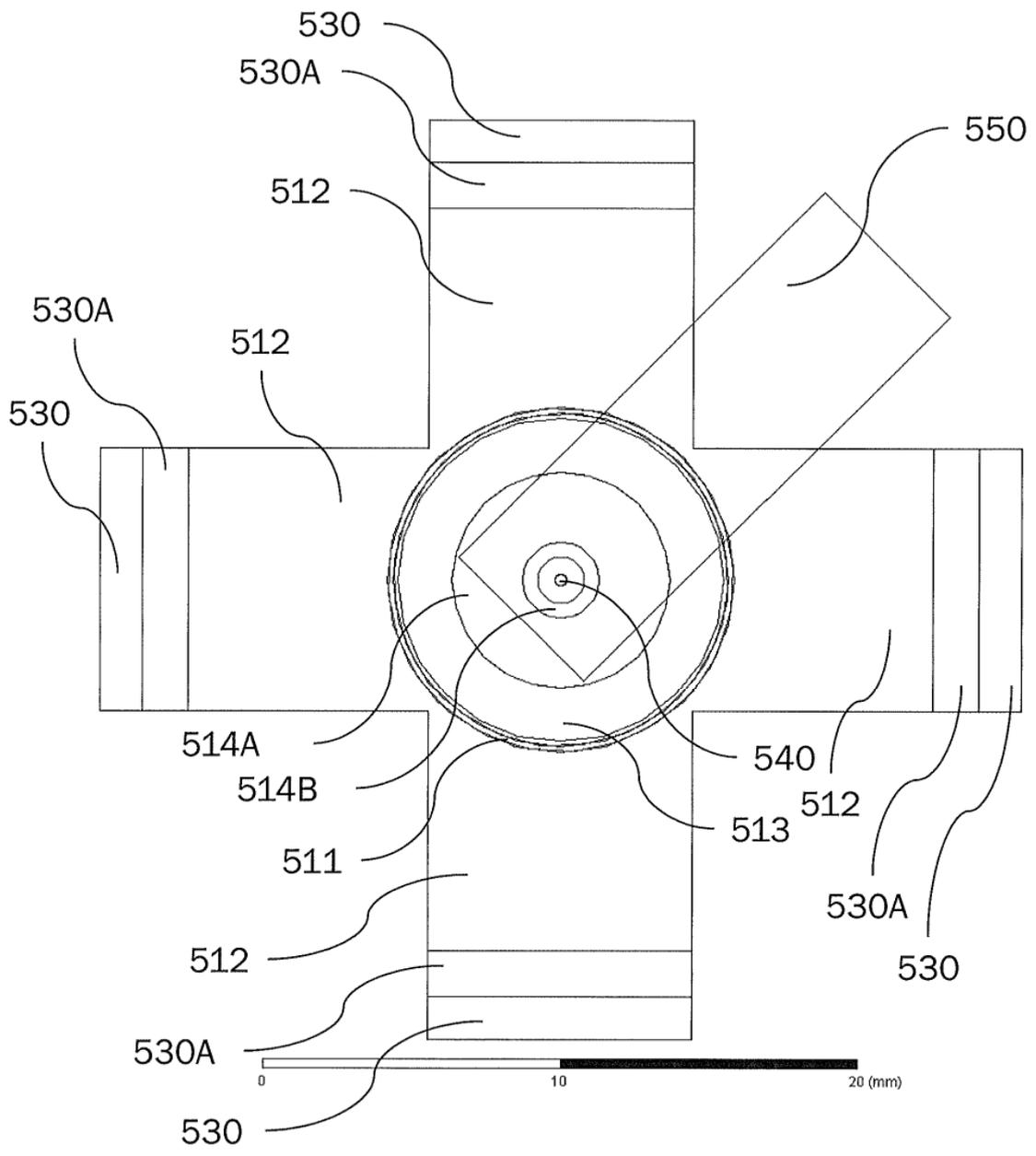


Fig.8

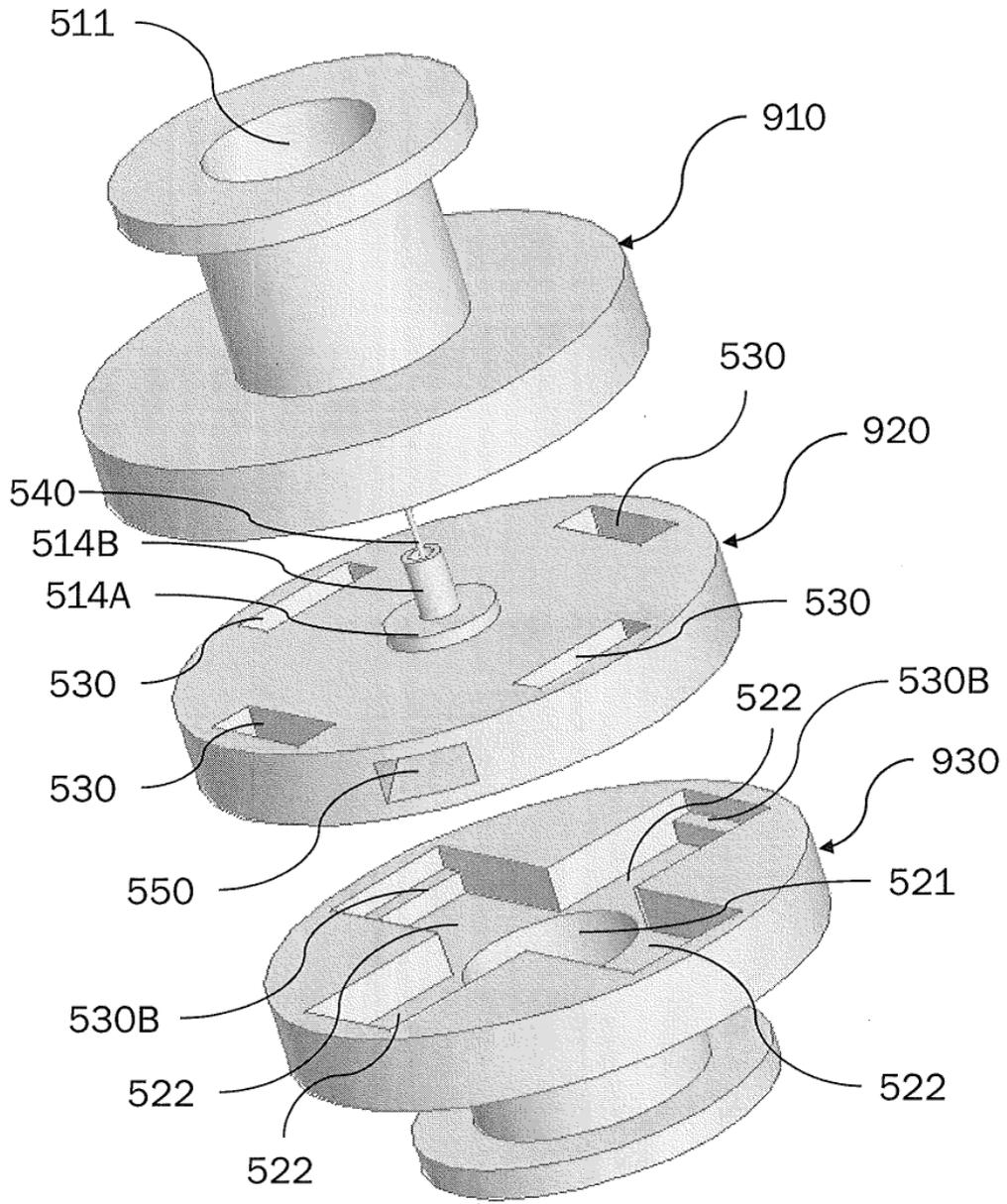


Fig.9

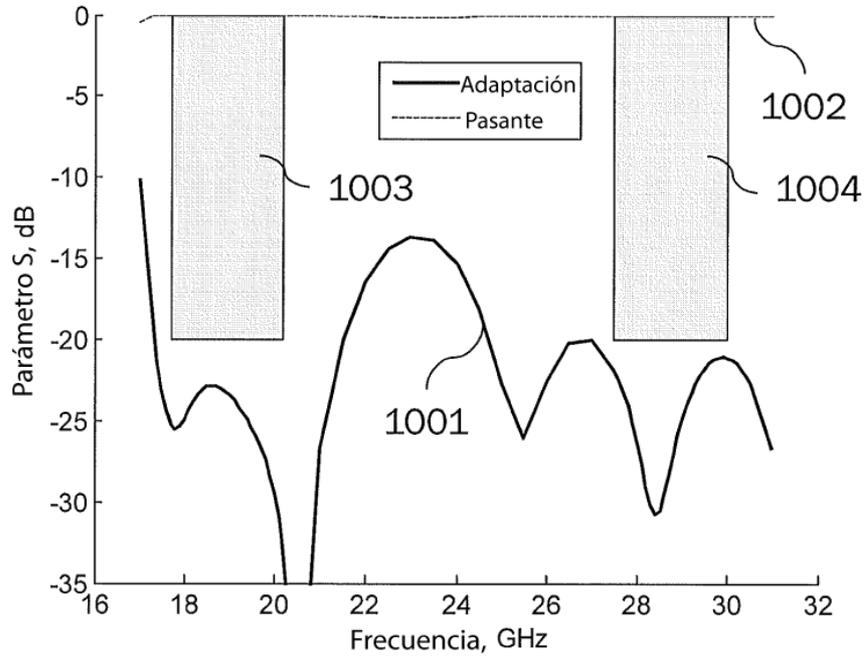


Fig.10A

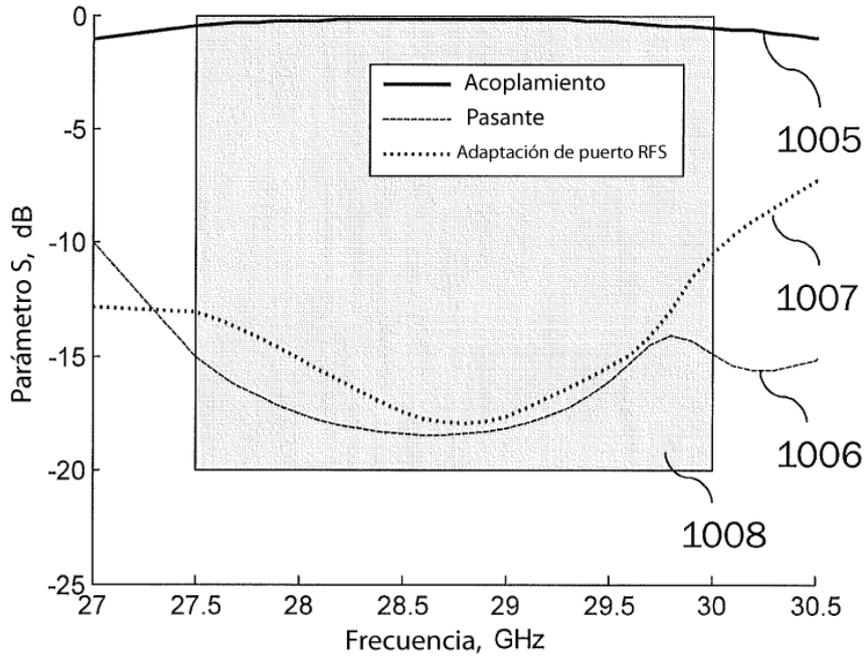


Fig.10B

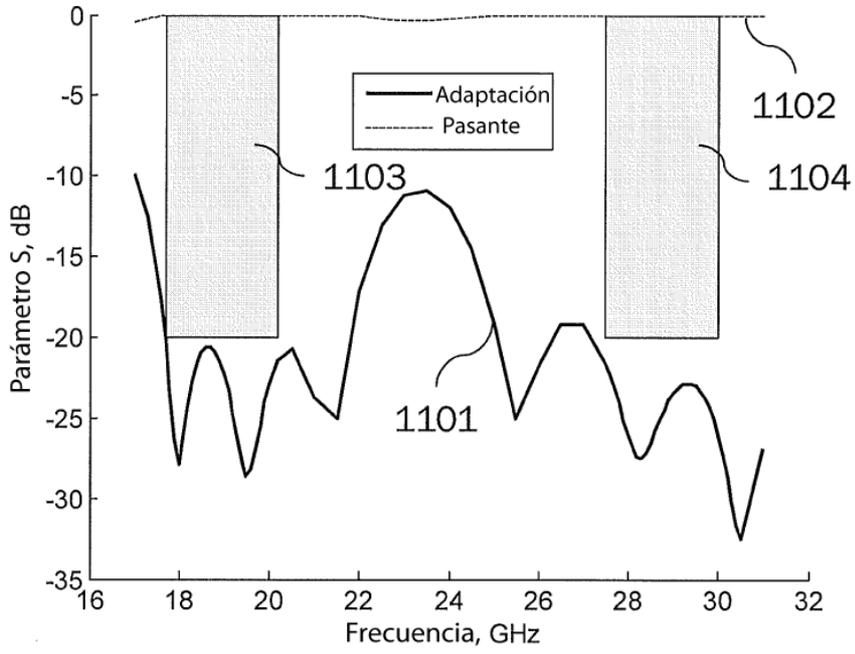


Fig.11A

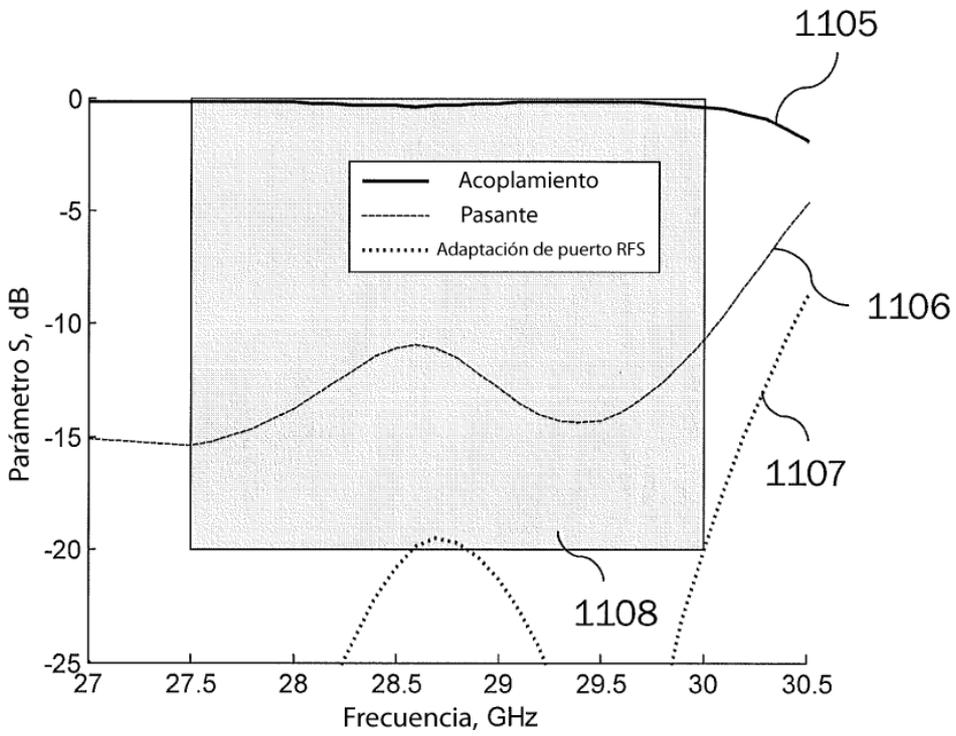


Fig.11B