

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 977 347**

51 Int. Cl.:

**H01Q 13/02** (2006.01)  
**H01Q 21/00** (2006.01)  
**H01Q 3/06** (2006.01)  
**H01Q 3/08** (2006.01)  
**H01P 1/18** (2006.01)  
**H01P 3/12** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2022** **E 22214926 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.02.2024** **EP 4207493**

54 Título: **Antena RF direccional pasiva de barrido en una o dos dimensiones**

30 Prioridad:

**29.12.2021 FR 2114610**

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

**22.08.2024**

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)**  
**4 Rue de la Verrerie**  
**92190 Meudon, FR**

72 Inventor/es:

**BOIN, BERTRAND;**  
**LESURE, AGNÈS y**  
**PRIVAT, ERIC**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 977 347 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

Antena RF direccional pasiva de barrido en una o dos dimensiones

5 **Campo técnico**

La invención se encuadra en el campo de las antenas y, más particularmente, de las antenas direccionales. Se aplica en particular a las antenas que funcionan en la banda de frecuencias HF (Hiperfrecuencias), extendiéndose en la banda de 300 MHz a 300 GHz, pero puede aplicarse a cualquier banda de frecuencia para la que las guías de ondas puedan transmitir ondas electromagnéticas.

**Técnica anterior**

A fin de maximizar el balance de enlace de las comunicaciones por radiofrecuencia, o para hacer que un enlace sea más selectivo en el espacio, es habitual utilizar antenas direccionales, que permiten orientar con precisión la antena o su máximo de radiación en la dirección deseada, con frecuencia sin mover la antena.

Para ello, la solución más común consiste en utilizar antenas de barrido electrónico pasivas (por su expresión en inglés *Passive Electronic Scanner Array*, PESA) o activas (en inglés *Active Electronic Scanner Array*, AESA), que permiten dirigir el haz de radiación de la antena sin intervención mecánica. Estas soluciones, sin embargo, son complejas de implementar, tanto en hardware como en software. En efecto, el principio es utilizar un elemento desfasador por antena unitaria de la red, lo que significa que hay que controlar rápidamente miles de desfasadores simultáneamente. Por tanto, estas antenas son complejas de implementar y caras. El documento JP H06 82969 B2 divulga una red direccional de antenas que comprende una guía de ondas. La cavidad de la guía de ondas comprende un elemento dieléctrico que se mueve en traslación para cambiar la dirección de radiación de la guía.

Otra familia de antenas de barrido congrega los dispositivos "cuasi ópticos", basados en la transmisión (lente) o en la reflexión (espejo), de los cuales se varía la posición de la fuente para dirigir el haz de la antena. Sin embargo, estos dispositivos suelen ser más voluminosos (lentes, espejos o similares) y poco efectivos.

Otros tipos de dispositivos son conocidos, como, por ejemplo, el dispositivo VICTS (en inglés *Variable Inclinaison Continuo Transverse Stub*) descrito en la patente US 9.413.073 B2. Utiliza la rotación de dos placas superpuestas, desempeñando cada una la función de "prisma" que desvía el haz en acimut y en elevación. Sin embargo, aunque el espesor de la lente de este dispositivo se reduce con respecto a los dispositivos cuasi ópticos, sigue siendo voluminoso. Además, los dispositivos VICTS basados en la rotación solo permiten abordar antenas circulares.

De manera general, los dispositivos basados en la rotación solo abordan antenas circulares, mientras que los dispositivos no basados en la rotación requieren en general un desplazamiento significativo de la fuente de radiofrecuencia (RF) respecto al sistema de enfoque (espejo, lente), de ahí los problemas de uniones, pérdidas, etc.

También son conocidas por la técnica anterior las antenas de tipo guías ranuradas (en inglés *slot array*), que comprenden una guía de ondas sobre la que se disponen una pluralidad de elementos radiantes, generalmente ranuras. La onda que se propaga en la guía es emitida por cada una de las ranuras, con un desfase que es una función de la separación entre los elementos radiantes y la longitud de onda guiada. Por tanto, la dirección del haz de una antena de este tipo puede ser dirigida modificando la longitud de onda de la señal que se propaga en la guía. Sin embargo, una modificación de este tipo implica generalmente una modificación de la frecuencia, que es generalmente incompatible con el resto de la cadena de radio cuya frecuencia está dictada por otros imperativos.

Por tanto, un objeto de la invención es proponer un sistema de antenas poco complejo que permita controlar una red de N antenas en fase sin tener que recurrir a N desfasadores "electrónicos" (es decir, alimentados eléctricamente y controlados independientemente), y sin tener que recurrir a sistemas ópticos o cuasi ópticos.

**Sumario de la invención**

Para tal efecto, la presente invención describe una red de antenas direccional según la reivindicación 1.

En la red de antenas direccional según la invención, la pieza de fondo de la guía de ondas rectangular es móvil en traslación en una dirección de desplazamiento Oz paralela a las caras laterales, siendo la distancia máxima entre la pieza de fondo y la cara superior inferior a la distancia entre las caras laterales.

En un modo de realización de la invención, la pieza de fondo comprende un núcleo que se extiende a lo largo del eje longitudinal Oy. Comprende además al menos una primera fila de barras que se extienden respectivamente desde el núcleo en una dirección Ox perpendicular al eje longitudinal Oy y a la dirección de desplazamiento de la pieza de fondo Oz.

La invención también se refiere a una antena de radiofrecuencia direccional que comprende:

- N redes de antenas direccionales según la invención, con N superior o igual a 1,
- unos medios de ajuste de la posición de la pieza de fondo de las N redes de antenas direccionales, configurados para ajustar la posición de la pieza de fondo de las N guías de ondas en función de una dirección del haz de antena deseada.

En un modo de realización, la antena de radiofrecuencia direccional según la invención comprende N redes de antenas direccionales idénticas dispuestas en direcciones paralelas y alineadas. El ajuste de la posición de la pieza de fondo de las guías de ondas de las N redes de antenas permite orientar el haz de antena en un plano Oyz que comprende dicho eje longitudinal Oy y un eje Oz perpendicular al eje longitudinal y paralelo a las caras laterales de o de las guías de ondas de la red de antenas direccional.

En otro modo de realización de la antena de radiofrecuencia direccional según la invención, donde N es superior o igual a tres, comprende N-1 redes de antenas direccionales idénticas y dispuestas en direcciones paralelas y alineadas, y una red de antenas direccional distinta configurada de manera que sus elementos radiantes irradian hacia los accesos de dichas N-1 redes de antenas direccionales. Esta última red de antena se utiliza por tanto como un divisor con una entrada y N-1 salidas (recíprocamente un combinador con una salida y N-1 entradas) cuyo desfase es regulable.

Ventajosamente:

- la separación entre la cara superior y la pieza de fondo de las guías de ondas de las N-1 redes de antenas direccionales es la misma para cada una de estas guías de ondas, y el ajuste de la posición de las piezas de fondo de las guías de ondas de las N-1 redes de antenas direccionales permite orientar el haz de la antena en un plano Oyz que comprende un eje Oy paralelo al eje longitudinal de las N-1 redes de antenas direccionales, y un eje Oz perpendicular a estos ejes longitudinales y paralelo a las caras laterales de las guías de ondas de las N-1 redes de antenas direccionales;
- la posición de la pieza de fondo de la guía de ondas de la red de antenas direccional distinta permite orientar el haz de la antena en un plano Oxz ortogonal al eje longitudinal Oy de las N-1 redes de antenas direccionales.

La invención también se refiere a un procedimiento de configuración de la dirección de apuntamiento de una antena de radiofrecuencia direccional según la reivindicación 7.

Por último, la invención se refiere a un programa informático que comprende instrucciones de código de programa para la ejecución de las etapas del procedimiento según la invención cuando dicho programa es ejecutado en un ordenador.

### Breve descripción de las figuras

La invención se comprenderá mejor y otras características, detalles y ventajas se reflejarán mejor tras la lectura de la siguiente descripción, dada a título no limitativo y gracias a las figuras anexas, dadas a título de ejemplo.

[Fig. 1a] La figura 1a representa un primer modo de realización de una red de antenas direccional pasiva según la invención;

[Fig. 1b] La figura 1b es una representación del interior de la red de antenas de la figura 1a;

[Fig. 2a] La figura 2a ilustra esquemáticamente el funcionamiento de la red de antenas, para una longitud de ondas dada;

[Fig. 2b] La figura 2b ilustra esquemáticamente el funcionamiento de la misma red de antenas que en la figura 2a, para otra longitud de ondas;

[Fig. 3a] La figura 3a representa el diagrama de radiación obtenido por una red de antenas direccional según un modo de realización de la invención, para un desfase dado;

[Fig. 3b] La figura 3b representa el diagrama de radiación obtenido por la misma red de antenas direccional que en la figura 3a, para otro desfase;

[Fig. 4] La figura 4 representa una guía de ondas electromagnética que permite implementar la invención;

[Fig. 5a] La figura 5a representa un modo de realización de una antena RF direccional 2D según la invención;

[Fig. 5b] La figura 5b representa y es una representación del interior de la antena RF direccional 2D de la figura 5a;

[Fig. 6a] La figura 6a representa el diagrama de radiación obtenido por una antena de RF direccional 2D según un modo de realización de la invención, para un desfase dado;

[Fig. 6b] La figura 6b representa el diagrama de radiación obtenido por la misma antena RF direccional 2D que en la figura 6a, para otro desfase;

[Fig. 7] La figura 7 describe esquemáticamente las etapas de un procedimiento de configuración de la dirección de apuntamiento de una antena de radiofrecuencia direccional implementada a partir de las redes de antenas según la invención.

Se utilizan referencias idénticas en figuras diferentes cuando designan elementos idénticos o comparables.

### Descripción detallada

A fin de responder a los defectos de la técnica anterior, la invención describe una antena de tipo guía ranurada que permite dirigir la dirección de apuntamiento del haz mediante una acción mecánica sobre la posición de una pared de fondo de la guía.

La figura 1a representa un primer modo de realización de una red 100 de antenas direccional pasiva según la invención.

Comprende una guía 101 de ondas rectangular, adaptada a la propagación de una onda electromagnética que tiene una frecuencia máxima dada. Por ejemplo, la guía de ondas puede tener una anchura de guía de ondas cuyo orden de magnitud es de aproximadamente la mitad de la longitud de onda guiada que transporta. La guía 101 de ondas se extiende a lo largo de un eje longitudinal Oy (siendo O el centro de la guía de ondas). En la guía de ondas están dispuestos una pluralidad de elementos radiantes 102, de manera regular a lo largo del eje Oy. La guía de ondas comprende una entrada y una salida, que pueden ser de manera indiferente los accesos 103 o 104. Cuando la antena se utiliza para emisión, la señal a emitir se inyecta en un acceso de la guía, irradiado por los elementos radiantes a medida que se propaga en la guía de ondas y termina en la salida, que generalmente está conectada a un elemento de absorción de la señal residual, como una carga. Cuando la antena se utiliza para una recepción, la señal de radiofrecuencia ambiental es captada sucesivamente por los elementos radiantes, y se propaga en la guía de ondas hasta la salida de la guía, conectada a elementos que permiten su procesamiento (cadena de radiofrecuencia, convertidor analógico/digital, medios de procesamiento digital, ...).

En lo sucesivo, la red de antenas direccional según la invención se describe en relación con una antena de emisión, pero se aplica de manera idéntica independientemente de si la red de antenas se utiliza para una emisión o una recepción.

La forma más sencilla de implementar los elementos radiantes 102 de la red de antena direccional consiste en realizar ranuras en la guía de onda. Sin embargo, son posibles otros modos de realización, por ejemplo, utilizando como elementos radiantes antenas de tipo parche, un dipolo impreso, una espiral impresa, u otros, alimentados por un medio que permite acoplar la energía procedente de la guía al elemento radiante, como, por ejemplo, un cable coaxial que se introduce en la guía de onda. En lo sucesivo, la invención se describirá utilizando ranuras como elementos radiantes, pero puede ser implementada de diferentes maneras.

Una onda electromagnética que se propaga entre el acceso 103 y el acceso 104 de la guía de ondas excita sucesivamente los diferentes elementos radiantes 102. Cada elemento radiante captura una parte de la energía de las ondas proporcional a su superficie y la emite hacia el exterior de la guía de onda. Dos elementos radiantes adyacentes separados por una distancia  $\Delta y$  emiten por tanto la onda electromagnética con un desfase  $\Delta\varphi$ , que depende de  $\Delta y$  y de la longitud de onda  $\lambda$  de la onda electromagnética. Este desfase permite desviar el haz de la red de antenas a lo largo del eje Oy de un ángulo  $\alpha$  con respecto a la perpendicular de la red de tal manera que  $\Delta\varphi = 2\pi \cdot \Delta y \cdot \sin(\alpha/\lambda)$ .

Por tanto, el desfase entre dos elementos radiantes de la red de antenas pasiva depende de la longitud de onda de la señal transmitida, de la forma de las ranuras y de su separación. La dirección del haz de la antena depende directamente de este desfase.

Este funcionamiento corresponde al estado de la técnica de las antenas de tipo guías ranuradas.

La invención se diferencia del estado de la técnica en que la guía de ondas comprende una parte fija, que comprende la cara superior y los dos lados de la guía de ondas (los lados correspondientes a las longitudes más cortas de la sección de la guía de ondas rectangular) y una pieza de fondo móvil en traslación entre los dos lados, de modo que la altura de la cavidad situada en el interior de la guía de ondas puede ser ajustada sin modificar la anchura de la guía y, por tanto, sin modificar su frecuencia de corte. La pieza de fondo móvil constituye la cara inferior, o pared de fondo, de la guía de ondas.

En la representación de las figuras, los elementos radiantes están posicionados en la cara superior de la guía de onda. Como alternativa, pueden posicionarse en uno de los lados de la guía de onda, o en los dos lados.

5 La figura 1b es una representación del interior de la red de antenas de la figura 1a. Se puede observar la parte 110 de fondo de la guía de onda, móvil en traslación a lo largo del eje Oz. La variación de la altura de la guía de ondas, obtenida modificando la posición de la pieza de fondo móvil, modifica la longitud de la onda electromagnética que pasa a través de la guía de ondas y, por tanto, la dirección de radiación del haz emitido por la red de antenas.

10 Las figuras 2a y 2b ilustran esquemáticamente el funcionamiento de la red de antenas según la invención.

En la figura 2a aparecen la cara superior 201 y la pieza 202 de fondo móvil de la guía de ondas, que constituye su cara inferior. En la cara superior se realizan unas ranuras 203, que tienen la función de elementos radiantes para una onda electromagnética 204 transmitida en la guía de onda. La cara superior y la pieza de fondo están separadas por una distancia  $h_1$ . La onda electromagnética se propaga en la guía de ondas con una longitud de onda  $\lambda_1$ .

La figura 2b vuelve a mostrar los mismos elementos, pero con una distancia  $h_2$  superior a  $h_1$  entre la cara superior y la pieza de fondo. Debido a esto, la onda electromagnética se propaga con una longitud de onda  $\lambda_2$  inferior a  $\lambda_1$ . En el ejemplo de las figuras 2a y 2b,  $\lambda_1 = 2\lambda_2$ , para una misma separación  $\Delta y$  entre los elementos radiantes. La modificación de la posición de la pieza 202 de fondo provoca un cambio en la longitud de onda de la señal guiada, que modifica el desfase de las señales radiadas por los elementos radiantes 203 y, por tanto, la dirección de apuntamiento de la antena.

Las figuras 3a y 3b representan el diagrama de radiación obtenido por una red de antenas direccional según un modo de realización de la invención. Modificando la posición de la pieza de fondo de la guía de ondas, la longitud de onda guiada en la guía de ondas de la figura 3a es diferente de la de la figura 3b, lo que tiene como consecuencia que el lóbulo del diagrama de radiación en el plano Oyz, plano que comprende el eje longitudinal Oy en el que se extiende la red de antenas y el eje Oz perpendicular a este eje longitudinal y paralelo a las caras laterales de la guía de ondas, no tiene la misma inclinación en las dos figuras.

La implementación de la invención requiere la realización de una guía de ondas que tenga una pared de fondo móvil en traslación. Una guía de ondas de este tipo (no representada) puede realizarse distanciando la pared de fondo de una guía de onda y manejando su traslación mediante un elemento mecánico cualquiera. Esta solución, sin embargo, presenta el inconveniente de tener que mecanizarse de forma muy fina ya que el desplazamiento de la pared de fondo puede estar sujeto a fricciones que distorsionan la guía de ondas y, por tanto, distorsionan las ondas electromagnéticas guiadas, y puesto que las conexiones entre la pared de fondo y los lados deben ser herméticas eléctricamente, de nuevo para evitar distorsionar y atenuar la onda electromagnética que se propaga en la guía.

Los inventores presentaron la solicitud de patente FR 2109055 (publicación: FR 3 126 553), en la que describen una guía de ondas que tiene una pieza de fondo móvil no sólida, con patrones periódicos que permiten cerrar la guía de ondas de forma hermética eléctricamente sin que los bordes se toquen entre sí.

La figura 4 representa una guía de ondas electromagnética tal como se describe en la solicitud de patente FR 2109055, particularmente adecuada para la implementación de la invención.

Esta guía de ondas de sección rectangular comprende una parte fija con dos caras laterales 402 y 403 orientadas una frente a la otra en los lados cortos del rectángulo, y una cara superior 401 que une de manera ortogonal las dos caras laterales. La guía de ondas comprende también una pieza 404 de fondo móvil en traslación entre las dos caras laterales en la dirección de desplazamiento D, paralela a las caras laterales, y que constituye la cara inferior de la guía. La cara superior, las dos caras laterales y la pieza de fondo forman entonces un conducto 410 de altura H y de anchura L, configurado para guiar la propagación de una onda electromagnética en la guía de ondas. Para no afectar a la frecuencia de corte de la guía de ondas, el conjunto se define de manera que la altura H sea siempre inferior a la anchura L.

55 En un modo de realización, la pieza de fondo comprende:

- un núcleo 405 que se extiende en una dirección paralela al eje longitudinal de la guía de ondas, situado a medio camino entre las caras laterales 402 y 403, con un borde superior orientado hacia la cara superior de la guía de ondas;
- una primera fila 406 y 407 de barras dispuestas regularmente y que se extienden desde el borde superior del núcleo 405 hacia las caras laterales de la guía de ondas en una dirección paralela a la cara superior 401. Estas barras delimitan, con el borde superior del núcleo 405, la pieza de fondo 404;
- una segunda fila 408 y 409 de barras dispuestas regularmente y que se extienden desde el núcleo 405 hacia las caras laterales de la guía de ondas en una dirección paralela a la cara superior 401, colocadas debajo de la primera

fila de barras.

Según otros modos de realización, la pieza de fondo puede incluir sólo una fila de barras, o más de dos filas de barras. Las barras de las filas sucesivas pueden tener geometrías idénticas y/o alineadas.

5 Según un modo de realización, la pieza 404 de fondo o la cara superior 401 de la guía de ondas puede comprender una nervadura que se extiende en el interior de la cavidad 410 a lo largo de toda la longitud de la guía de ondas en una dirección paralela a su eje longitudinal. Una nervadura de este tipo permite reducir la dimensión de la guía de ondas con respecto a la longitud de onda guiada.

10 Preferentemente se forma una holgura entre las barras y las caras laterales, lo que permite el desplazamiento de la parte 404 de fondo sin fricción con las caras laterales 402 y 403.

15 Las barras 406 a 408 están dimensionadas como se explica en el artículo de Berenguer, Antonio y Fusco, V.F. y Baquero, M. y Boria, Vicente: "A frequency-dependent equivalence between groove gap waveguide and rectangular waveguide", Simposio internacional IEEE sobre antenas y propagación de 2016 y Reunión nacional de radiociencia USNC/URSI.

20 Debido a sus propiedades geométricas, la pieza de fondo forma una pared hermética eléctricamente para las ondas electromagnéticas transmitidas en la guía de onda. Al no estar necesariamente unida a las paredes laterales, puede desplazarse fácilmente en traslación entre estas dos paredes.

25 El conjunto formado por la parte fija y la parte móvil está hecho de un material conductor, tal como cobre, latón, plata o titanio, o de un material plástico recubierto con una fina capa metálica.

Un medio de ajuste de la posición de la pieza de fondo, como un motor, por ejemplo, un motor paso a paso, un motor piezoeléctrico o un motor de bobina (en inglés *coil motor*) controlado por un dispositivo de regulación, puede configurarse para ajustar la posición de la pieza de fondo y, por tanto, la altura H del conducto 410 de la guía de ondas.

30 La guía de ondas representada en la figura 4 es, por tanto, particularmente adecuada para la implementación de una red de antenas según la invención, ya que permite variar el volumen de la cavidad interna de la guía de onda al tiempo que es eléctricamente hermética y sin fricción con las caras laterales.

35 La red de antenas representada en la figura 1a se puede utilizar como una antena de radiofrecuencia direccional para la que el diagrama de radiación puede controlarse en un plano, es decir, una antena RF 1D.

Sin embargo, varias redes de antenas según la invención pueden implementarse conjuntamente para formar una antena RF direccional cuyo diagrama de radiación puede controlarse en dos direcciones, es decir, una antena RF 2D.

40 Las figuras 5a y 5b representan un modo de realización de una antena RF direccional 2D según la invención.

Comprende la implementación de N redes de antenas, con N superior o igual a tres:

- 45 - una primera red 501 de antenas, y
- N-1 redes 502, 503, ... 50N de antenas.

50 Las N-1 redes 502 a 50N de antenas direccionales son idénticas y están dispuestas para formar líneas paralelas alineadas. Se entiende por idénticas que la dimensión de la guía de onda de estas redes de antenas son iguales y que todas comprenden el mismo número de elementos radiantes separados de manera idéntica.

55 Las guías de ondas que forman las N-1 redes de antenas direccionales se disponen cada una a lo largo de un eje longitudinal paralelo al eje Oy representado en la figura, con O el centro de la red que se forma por las N-1 redes 502 a 50N de antenas direccionales.

60 El conjunto está configurado de modo que los elementos radiantes de la red de antenas direccional irradian hacia uno de los accesos de las otras N-1 redes de antenas direccionales. Esto puede hacerse, por ejemplo, disponiendo la red 501 de antenas en una dirección perpendicular a la dirección de las N-1 redes 502 a 50N de antenas, y conectando las ranuras de la red 501 con los accesos de las redes 502 a 50N, como en la figura 5a. En otro modo de realización, la guía 501 de ondas puede tener una orientación cualquiera, estando los elementos radiantes de la guía 501 de ondas conectados a los accesos de las redes 502 a 50N mediante enlaces coaxiales de las mismas longitudes. Son posibles otros modos de realización.

65 El número de elementos radiantes de la red 501 de antenas es igual a N-1. La longitud de la guía de ondas de la red 501 de antenas y el espaciado  $\Delta y'$  entre sus elementos radiantes de la red 501 no son necesariamente iguales a los de las guías de onda de las redes 502 a 50N.

La figura 5b representa las piezas de fondo móviles de las redes de acceso de la figura 5a. Las piezas 512 a 51N de fondo de las redes 502 a 50N de acceso están configuradas de manera que la separación entre la cara superior de la guía de ondas y la pieza de fondo sea la misma para cada una de estas guías de ondas. Un modo de realización posible consiste en sincronizar los medios de ajuste asegurando la traslación de estas partes de fondo. Otro modo de realización consiste en hacer estas piezas de fondo solidarias, siendo las piezas de fondo desplazadas en traslación por un mismo dispositivo de ajuste.

La pieza 511 de fondo de la red 501 de antenas aislada se desplaza en traslación mediante un medio de ajuste independiente al de las otras redes de antenas.

Así, una onda electromagnética inyectada en un acceso de la guía de ondas de la red 501 se propaga a través de la guía de onda, y se irradia hacia los diferentes accesos de las guías de ondas de las redes 502 a 50N de antenas con un desfase  $\Delta\phi'$ . A continuación se propaga en cada una de las guías de ondas de las redes 502 a 50N de antenas excitando sucesivamente los elementos radiantes con un desfase  $\Delta\phi$ , idéntico para todas las guías 502 a 50N de ondas.

El ajuste de la altura de la pieza de fondo de las guías 502 a 50N de ondas permite por tanto variar la longitud de onda de la onda guiada en el interior de estas guías de ondas y, por tanto, orientar el haz de la antena RF en un plano Oyz que comprende el eje Oy que pasa por el centro de la red formada por las redes 502 a 50N y paralelo al eje en el que se extiende cada una de las redes 502 a 50N, y el eje Oz perpendicular a Oy y paralelo a las caras laterales de las guías de ondas de las redes 502 a 50N.

El ajuste de la altura de la pieza de fondo de la guía 501 de ondas permite variar la longitud de onda de la onda guiada en el interior de esta guía de ondas y, por tanto, orientar el haz de la antena RF en un plano Oxz ortogonal al eje Oy.

Las figuras 6a y 6b representan el diagrama de radiación obtenido por una red de antenas direccional 2D según un modo de realización de la invención. En estas figuras dadas a modo de ejemplo, la red de antenas representada se parece a la de las figuras 3a y 3b, sin embargo, las simulaciones que permitieron generar el diagrama de radiación se llevaron a cabo a partir de una red de antenas 2D con  $N = 9$  redes de antenas dispuestas como en las figuras 5a y 5b.

La longitud de onda guiada de la red 501 de antenas de la figura 6a es diferente a las de la figura 6b, mediante traslación de la pieza de fondo móvil de la guía 501 de ondas. Se observa que la inserción de varias guías 503 a 50N de ondas en paralelo y de la red 501 ha modificado el haz de la antena, de modo que el diagrama de radiación de la antena 1D que presenta un gran lóbulo principal (de aproximadamente  $180^\circ$ ) en el plano Oxz se ha vuelto muy direccional y, por tanto, tiene una mayor ganancia. También se observa, por diferencia entre las figuras 6a y 6b, que el haz puede ser dirigido en el plano Oxz, por ajuste de la altura de la pared de fondo de la red 501 de antenas. Además, la dirección de apuntamiento también se puede modificar en el plano Oyz mediante traslación de la pieza de fondo de las guías 502 a 50N de ondas.

En otro modo de realización, no representado, la antena de radiofrecuencia direccional comprende N redes de antenas direccionales según la invención, con N superior o igual a 2, dispuestas en direcciones paralelas y alineadas, como las guías 502 a 50N de la figura 5a. Las piezas de fondo de estas guías se ajustan de manera similar, para que en cada momento, la longitud de onda guiada sea la misma en todas las guías de ondas. Las guías se alimentan por una misma señal en fase. Un dispositivo de este tipo constituye una antena RF direccional cuyo haz puede orientarse en el plano Oyz, como en la red de la figura 1a, pero difiere en que el lóbulo principal del diagrama de radiación de esta antena se reduce (y, por tanto, posee más ganancia) en el plano Oxz.

Las redes de antenas según la invención, realizadas a partir de guías de ondas que tienen una pieza de fondo móvil en traslación que permite modificar la altura de la cavidad de la guía de ondas en la que se transportan las ondas electromagnéticas, permiten por tanto implementar antenas RF direccionales y orientables en una o dos dimensiones, sin acción mecánica distinta de la presencia de un motor que permita modificar la pared de fondo, y sin elementos activos (desfasadores). Responden por tanto al problema técnico planteado.

La invención se refiere a una red de antenas que comprende una guía de ondas con una pieza de fondo móvil y elementos radiantes y una antena de radiofrecuencia direccional que implementa una o más de las redes de antenas según la invención. También se refiere a un procedimiento de configuración de la dirección de apuntamiento de una antena de radiofrecuencia direccional implementada a partir de las redes de antenas según la invención.

El procedimiento se describe de manera esquemática en la figura 7. Se implementa en una antena de radiofrecuencia direccional que comprende una o más redes de antenas según la invención, y comprende:

- una primera etapa 701 de cálculo de la posición de las piezas de fondo de las guías de ondas de la o de las redes de antenas de la antena de radiofrecuencia direccional. Esta etapa consiste en calcular una posición de la pieza de fondo en el caso de una antena 1D, y dos posiciones (una posición para las guías alineadas 502 a 50N y una posición para la guía aislada 501) en el caso de una antena 2D. Las posiciones se obtienen considerando la

dirección de apuntamiento deseada y el número, la posición y la separación de los elementos radiantes en las guías de ondas;

- 5 - una segunda etapa 702 de modificación de la posición de las piezas de fondo de las guías de ondas de la o de las redes de antenas direccional. Esta etapa se realiza accionando los medios de ajuste (motores) conectados a las piezas de fondo de las guías de ondas de la o de las redes de antenas, para que queden posicionadas como se calculó en la primera etapa.

10 Por último, la invención también se refiere a un programa informático que comprende instrucciones de código de programa para la ejecución de las etapas del procedimiento descrito anteriormente cuando dicho programa es ejecutado en un ordenador, o en cualquier otro medio de cálculo tal como un microprocesador, un DSP (siglas en inglés de *Digital Signal Processor*, o procesador de señales digitales), una FPGA (siglas en inglés de *Field Programmable Gate Array*, o matriz de puertas programables en campo), un ASIC (siglas en inglés de *Application-Specific Integrated Circuit*, o circuito integrado para aplicaciones específicas), cualquier combinación de estos medios,

15 o cualquier componente de hardware que permita ejecutar las etapas del procedimiento de configuración de la dirección de apuntamiento de una antena de radiofrecuencia direccional implementada a partir de las redes de antenas según la invención, y enviar a los medios de ajuste consignas relativas al ajuste de la posición de las piezas de fondo de las guías de ondas.

## REIVINDICACIONES

1. Red de antenas direccional que comprende:

- 5       - una guía (101) de ondas rectangular con dos accesos (103, 104), extendiéndose la guía a lo largo de un eje longitudinal (Oy), comprendiendo dicha guía de ondas rectangular:
- 10       • una parte fija con dos caras laterales (402, 403) orientadas una frente a la otra y una cara superior (401) que une de manera ortogonal las dos caras laterales, y
- 10       • una pieza (404) de fondo dispuesta entre las dos caras laterales y que constituye la cara inferior de la guía de ondas;

15       - una pluralidad de elementos radiantes (102) dispuestos regularmente a lo largo de dicho eje longitudinal en la parte fija de la guía de ondas,

15       estando la red de antenas direccional **caracterizada por que** la pieza de fondo de la guía de ondas rectangular es móvil en traslación en una dirección de desplazamiento (Oz) paralela a las caras laterales, la distancia máxima (H) entre la pieza de fondo y la cara superior siendo inferior a la distancia (L) entre las caras laterales.

20       2. Red de antenas direccional según la reivindicación 1, en la que la pieza de fondo comprende un núcleo (405) que se extiende a lo largo del eje longitudinal (Oy), comprendiendo la pieza de fondo además al menos una primera fila (406, 407) de barras que se extienden respectivamente desde el núcleo en una dirección (Ox) perpendicular al eje longitudinal (Oy) y a la dirección de desplazamiento de la pieza de fondo (Oz).

25       3. Antena de radiofrecuencia direccional que comprende:

- 30       - N redes de antenas direccionales según una de las reivindicaciones 1 y 2, con N superior o igual a 1,
- 30       - unos medios de ajuste de la posición de la pieza de fondo de las N redes de antenas direccionales, configurados para ajustar la posición de la pieza de fondo de las N guías de ondas en función de una dirección del haz de antena deseada.

35       4. Antena de radiofrecuencia direccional según la reivindicación anterior, que comprende N redes de antenas direccionales idénticas dispuestas en direcciones paralelas y alineadas, donde el ajuste de la posición de la pieza (404) de fondo de las guías de ondas de las N redes de antenas permite orientar el haz de la antena en un plano (Oyz) que comprende dicho eje longitudinal (Oy) y un eje (Oz) perpendicular al eje longitudinal y paralelo a las caras laterales (402, 403) de la o de las guías de ondas de la red de antenas direccional.

40       5. Antena de radiofrecuencia direccional según la reivindicación 3, con N superior o igual a tres, que comprende N-1 redes de antenas direccionales idénticas y dispuestas en direcciones paralelas y alineadas, y una red de antenas direccional distinta configurada de manera que sus elementos radiantes irradian hacia los accesos de dichas N-1 redes de antenas direccionales.

6. Antena de radiofrecuencia direccional según la reivindicación anterior, donde:

- 45       - la separación (H) entre la cara superior (401) y la pieza (404) de fondo de las guías de ondas de las N-1 redes (502 a 50N) de antenas direccionales es la misma para cada una de estas guías de ondas, y donde el ajuste de la posición de las piezas de fondo de las guías de ondas de las N-1 redes de antenas direccionales permite orientar el haz de la antena en un plano (Oyz) que comprende un eje (Oy) paralelo al eje longitudinal de las N-1 redes de antenas direccionales, y un eje (Oz) perpendicular a estos ejes longitudinales y paralelo a las caras laterales (402, 403) de las guías de ondas de las N-1 redes de antenas direccionales;
- 50       - la posición de la pieza de fondo de la guía de ondas de la red (501) de antenas direccional distinta permite orientar el haz de la antena en un plano (Oxz) ortogonal al eje longitudinal (Oy) de las N-1 redes de antenas direccionales.

55       7. Procedimiento de configuración de la dirección de apuntamiento de una antena de radiofrecuencia direccional, comprendiendo dicha antena de radiofrecuencia:

- 60       - N redes (100, 502 a 50N) de antenas direccionales según una de las reivindicaciones 1 y 2, con N superior o igual a 1,
- 60       - unos medios de ajuste de la posición de la pieza de fondo de las N redes de antenas direccionales configurados para ajustar la posición de la pieza de fondo de las N guías de ondas en función de una dirección del haz de antena deseada,

siendo el procedimiento es **caracterizado por que** comprende:

- 65       - una etapa (701) de cálculo de la posición de las piezas (404) de fondo de las guías de ondas de la o de las redes de antenas direccionales de la antena de radiofrecuencia direccional, y

- una etapa (702) de modificación de la posición de las piezas de fondo de las guías de ondas de la o de las redes de antenas direccionales según lo calculado durante la primera etapa (701).

- 5 8. Un programa informático que comprende instrucciones de código de programa para la ejecución de las etapas del procedimiento según la reivindicación anterior cuando dicho programa es ejecutado en un ordenador.

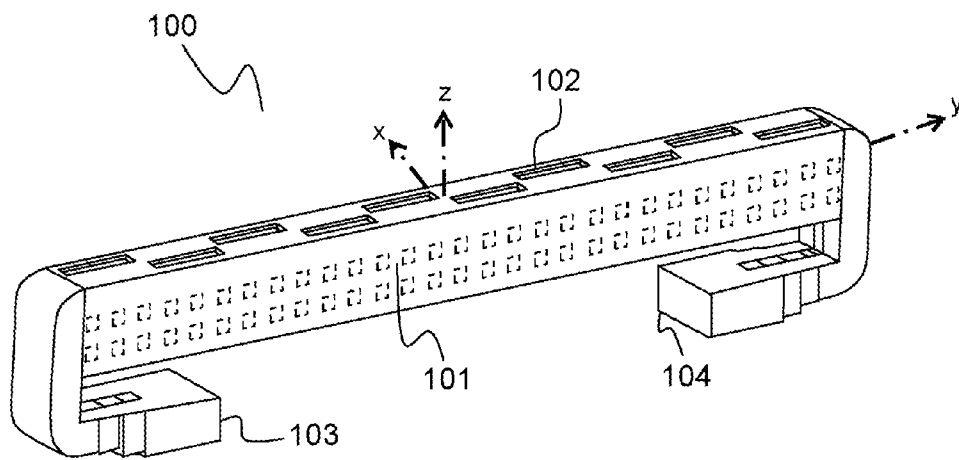


FIG. 1A

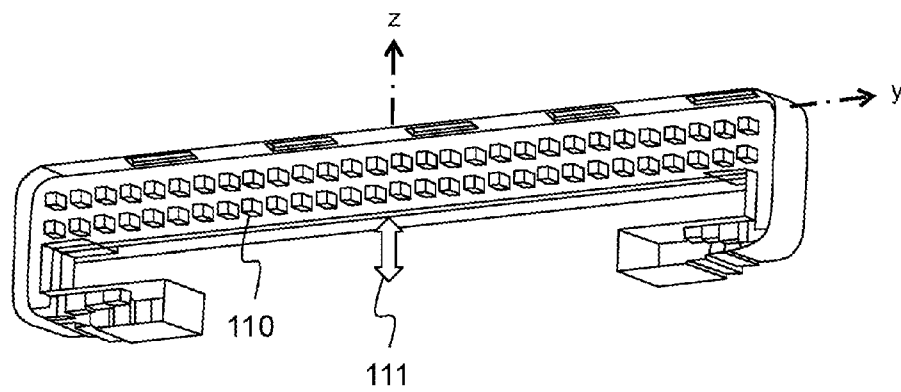


FIG. 1B

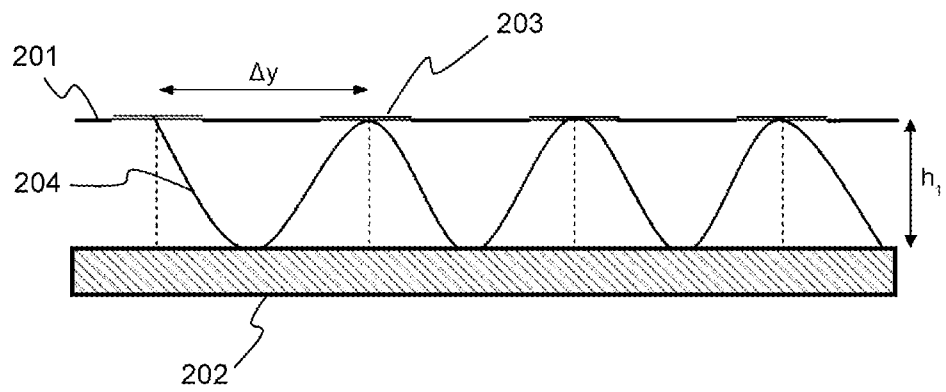


FIG. 2A

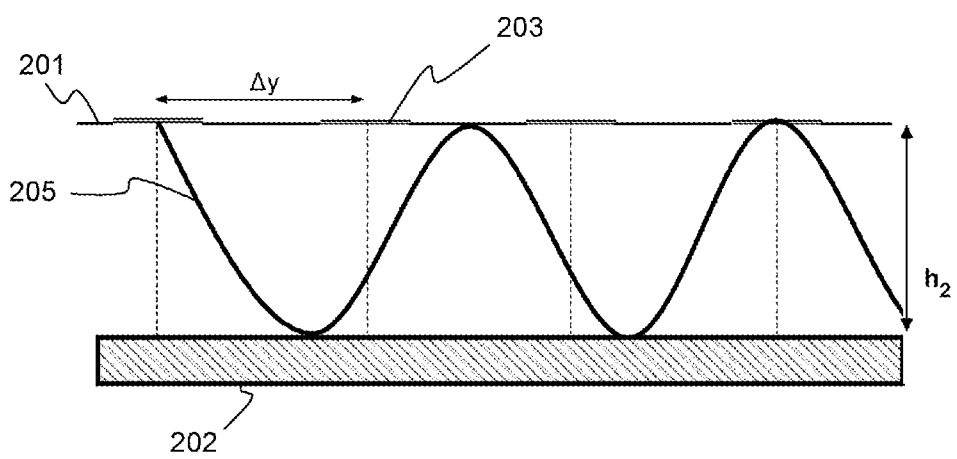


FIG. 2B

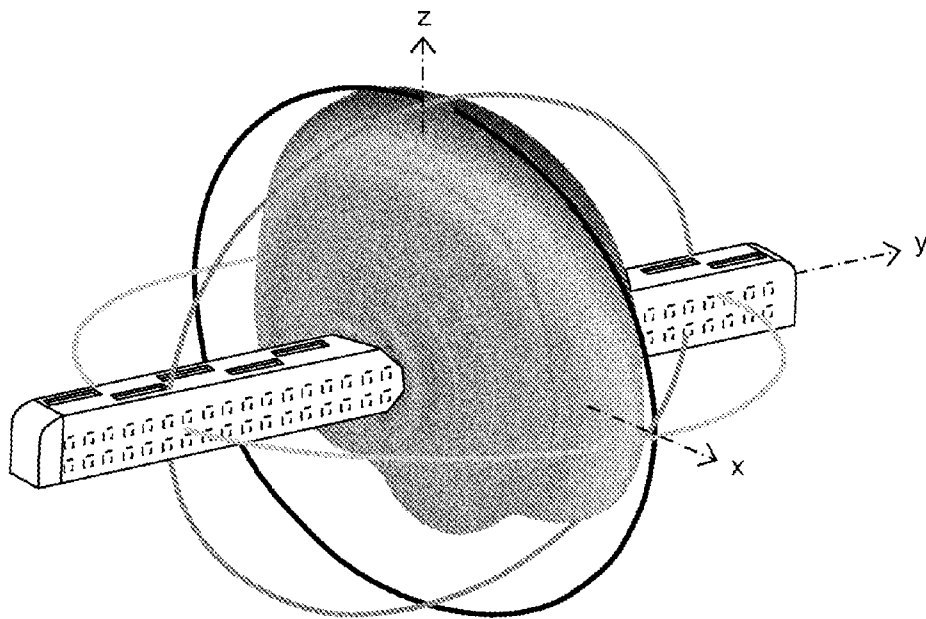


FIG.3a

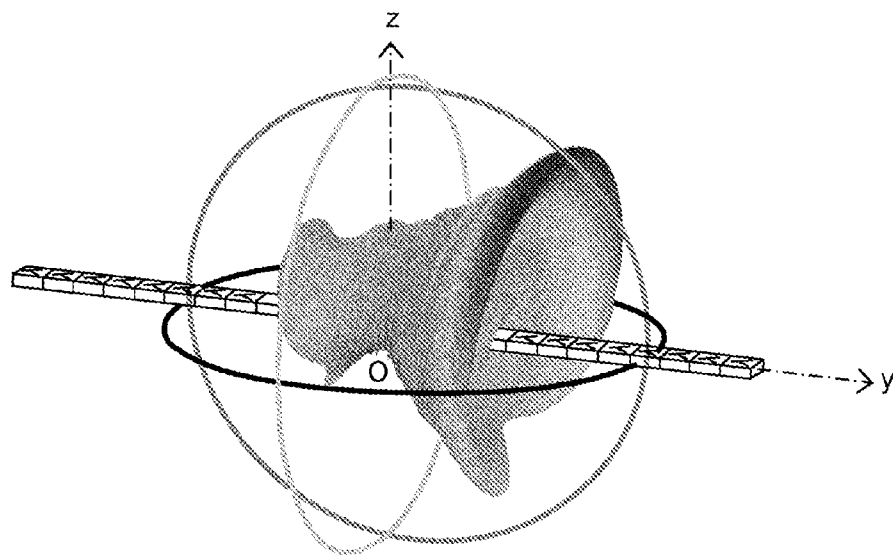


FIG.3b

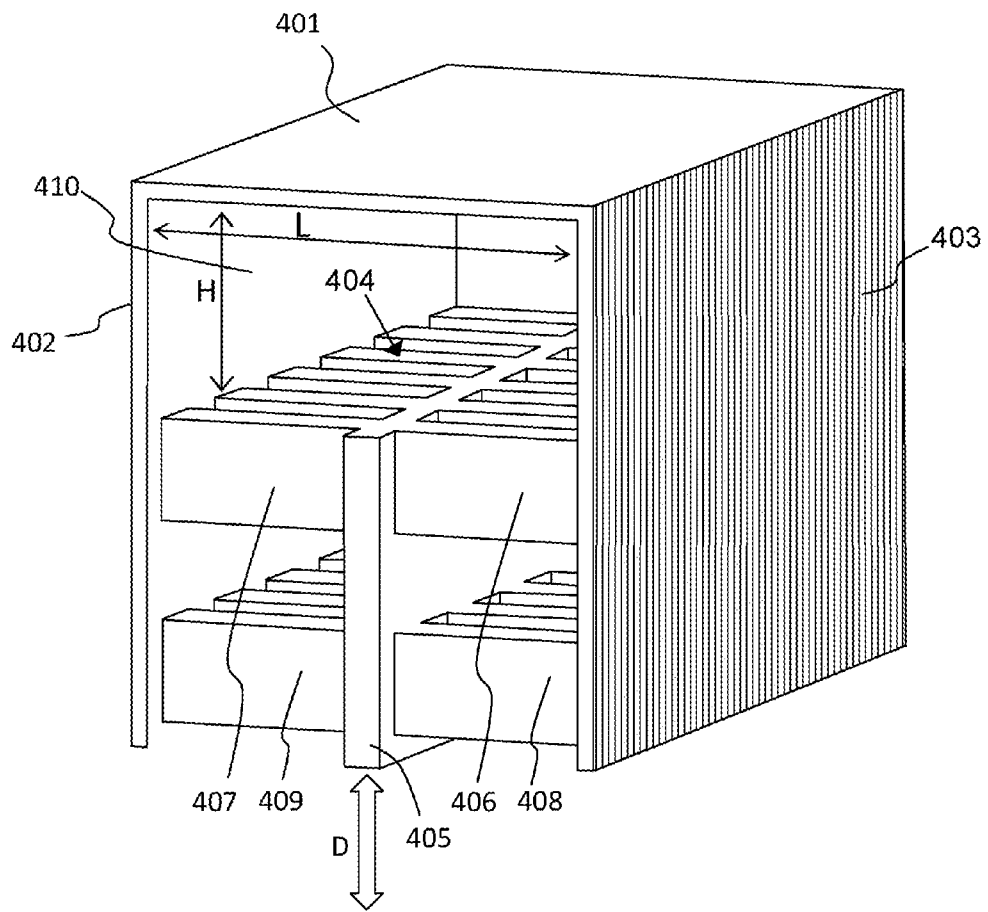


FIG.4

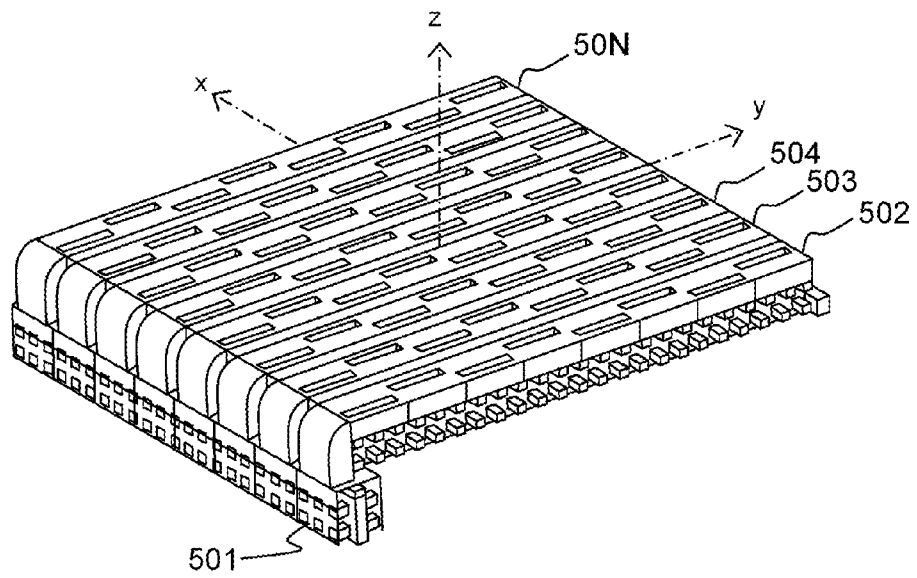


FIG. 5a

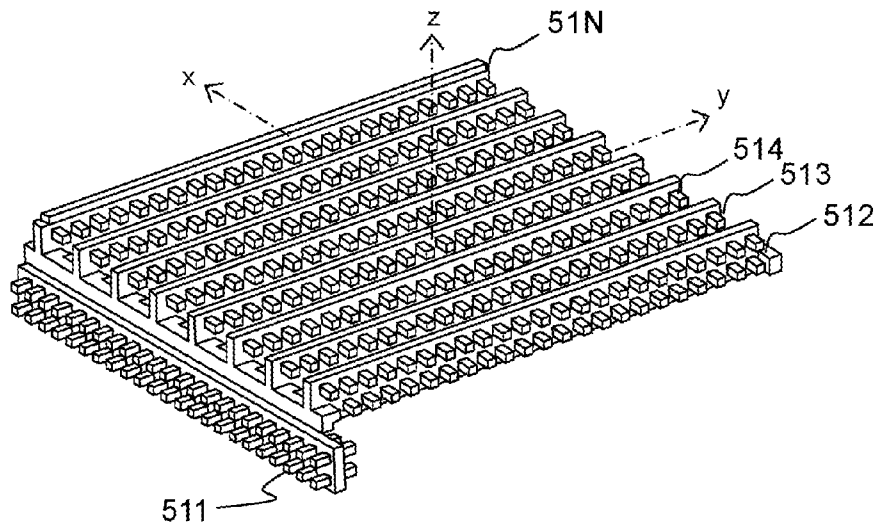


FIG. 5b

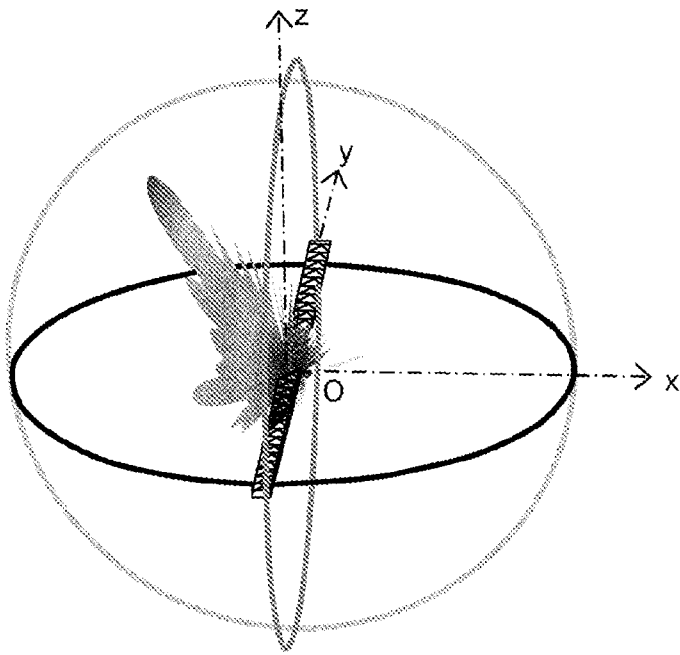


FIG.6a

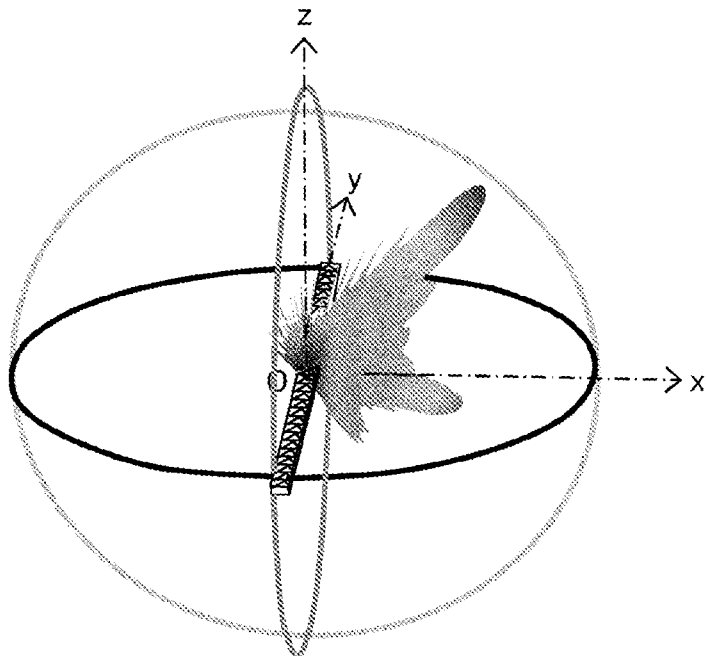


FIG.6b

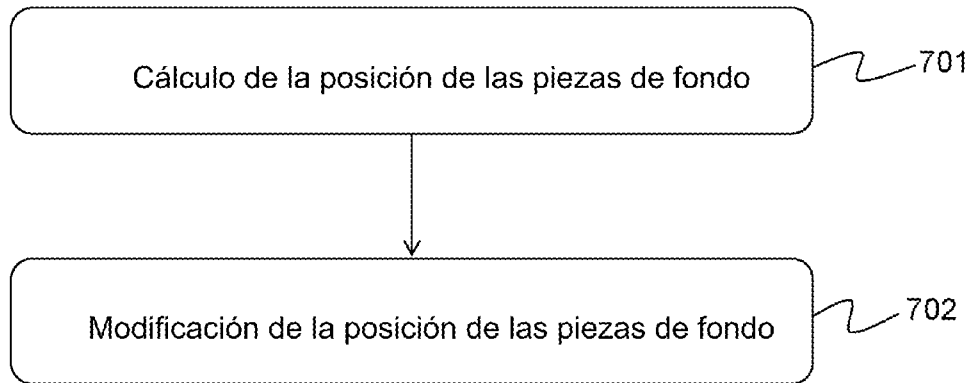


FIG.7