

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 463 772**

51 Int. Cl.:

H01Q 13/00 (2006.01)

H01Q 1/40 (2006.01)

H01Q 1/52 (2006.01)

H01Q 13/02 (2006.01)

H01Q 15/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.04.2011 E 11717197 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.04.2014 EP 2564466**

54 Título: **Elemento radiante compacto con cavidades resonantes**

30 Prioridad:

30.04.2010 FR 1001863

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

29.05.2014

73 Titular/es:

**THALES (50.0%)
45, rue de Villiers
92200 Neuilly-sur-Seine, FR y
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE (50.0%)**

72 Inventor/es:

**LEGAY, HERVÉ;
MUHAMMAD, SHOAIB;
SAULEAU, RONAN y
CAILLE, GÉRARD**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 463 772 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

Elemento radiante compacto con cavidades resonantes

5 La presente invención se refiere al campo de los elementos radiantes, en particular para las bandas de bajas frecuencias, de manera más particular las bandas de frecuencias que se sitúan por debajo de la banda S, y que se emplean en aplicaciones que precisan irradiar potencia, pudiendo utilizarse también en las antenas de una red. Esta de aplica en particular a las antenas que se utilizan en los satélites de telecomunicación.

El término "elemento radiante" designa una combinación de al menos una placa de masa radiante, de unos medios de excitación diseñados para ser suministrados de señales y de una cavidad resonante encargada de irradiar energía representativa de estas señales según una longitud de onda λ_0 seleccionada.

10 Los elementos radiantes que se utilizan en las antenas de una red deben presentar tradicionalmente una al menos de las siguientes características: una alta eficiencia de la superficie y/o un reducido volumen y una baja masa y/o la capacidad de excitarse de forma compacta en polarización simple o en bipolarización y/o un ancho de banda compatible con la aplicación considerada.

15 La característica de alta eficiencia de la superficie es especialmente importante en los usos de elementos radiantes en las antenas de una red, debido a que esta permite optimizar la ganancia y reducir los niveles de los lóbulos secundarios y de los lóbulos de red. Ahora bien, como se explica más adelante, esta característica es difícilmente compatible con algunas de las demás características, y en particular las de compacidad y de integración, sea cual sea la banda de frecuencia concernida.

20 El término "antena de red" designa tanto las antenas activas de red con radiación directa como las antenas focales de red, presentando estas últimas uno o varios reflector(es) focalizador(es), con una red de fuentes elementales situada en la zona focal. Dicha geometría de antena se designa habitualmente con las siglas FAFR que corresponden a la terminología inglesa "Focal Array Fed Reflector". En el interior de dicha antena, cada haz o "spot" se realiza mediante el reagrupamiento coherente de las señales de un sub-conjunto de las fuentes elementales, con unas amplitudes y fases adecuadas para obtener el diagrama de antena deseado, en particular el tamaño y la dirección de enfoque del lóbulo principal de radiación.

25 En las bandas de bajas frecuencias, como por ejemplo la banda L o S, los elementos radiantes, sean cuales sean las aplicaciones para las cuales están destinadas, pretenden reemplazar las bocinas, demasiado voluminosas. Las bocinas más compactas son del tipo bocina de Potter; tienen una dimensión longitudinal tradicionalmente superior a $3\lambda_0$, en la que λ_0 es la longitud de onda en el vacío; por ejemplo, λ_0 es del orden de 150 mm en la banda S. Estas bocinas de Potter están limitadas en abertura radiante, y por lo tanto en ganancia. Un mayor tamaño precisa unas mayores longitudes de onda. Como consecuencia, las bocinas de Potter presentan un tamaño longitudinal significativo, así como una masa importante.

30 Las sub-redes, por ejemplo, planares en el caso de aplicaciones espaciales, tampoco son satisfactorias, en términos de pérdidas y de compatibilidad con operaciones a alta potencia.

35 Un primer tipo de sub-red planar consiste en unos elementos radiantes de tipo parche, también designados "patches" según la terminología inglesa, conectados por un repartidor triplaca. Este repartidor es relativamente complejo y difícilmente permite realizar una sub-red que permita la bipolarización, e incluso un funcionamiento de banda dual. Las pérdidas que se generan en esta red también pueden ser significativas.

40 Un segundo tipo de sub-red, en particular descrito en la solicitud de patente francesa publicada con la referencia FR 2767970, consiste en la combinación de un resonador excitador de tipo parche y de parches parásitos que constituyen unos elementos radiantes conocidos por las siglas ERDV, por "Elemento Radiante de Dirección Variable". Este segundo tipo permite prescindir del repartidor y, por lo tanto, simplificar notablemente su definición, así como repolarizar circularmente los campos cuando los parches, o "patches", están achaflanados y la polarización es circular. Pero, su implementación para las aberturas superiores a 1,5 veces la longitud nominal de onda de funcionamiento es complicada. Este concepto se basa, además, en una tecnología de tipo microcinta que puede no ser compatible con las altas potencias.

45 Se ha propuesto una simplificación para las sub-redes del segundo tipo. Esta consiste en sustituir, por una parte, los parches parásitos por una rejilla metálica que realiza una interfaz semi-reflectante que facilita el establecimiento del campo electromagnético dentro de la cavidad, y, por otra parte, el parche excitador por un excitador guiado, de tal modo que defina una cavidad de tipo Fabry-Pérot, como en el caso de un ERDV. El elemento radiante es entonces completamente metálico, compatible con las aplicaciones que precisan una alta potencia, mucho más simple de definir que un elemento ERDV clásico, y permite alcanzar unas aberturas radiantes más grandes que un elemento ERDV clásico. Sin embargo, dicho elemento radiante presenta dos inconvenientes: la obtención de unas aberturas radiantes de grandes dimensiones precisa unas rejillas con altas reflectividades, para que el campo electromagnético se establezca dentro de la cavidad de tipo Fabry-Pérot. El uso de estas altas reflectividades genera un retorno importante de la señal hacia la guía de acceso, y la adaptación del elemento radiante es muy delicada y válida únicamente en una banda de frecuencia muy estrecha. Por otra parte, cuando se precisa una

5 elevada eficiencia de la superficie, es entonces necesario, para insertar el elemento radiante en una antena de red, restringir la expansión del campo electromagnético dentro de la cavidad, por medio de unas paredes metálicas. Estas últimas inducen una distribución no uniforme del campo dentro de la cavidad metálica. Por supuesto, el uso de rejillas de paso variable permite mejorar la distribución del campo provocando una mayor reflexión en el centro que en la periferia, pero entonces la estructura completa se vuelve muy difícil de adaptar.

10 En la solicitud de patente francesa publicada con la referencia FR 2901062 se ha propuesto una solución. Una de las formas de realización que se presenta, descrita a continuación de forma detallada en referencia a la figura 2, comprende un apilamiento de dos cavidades de aire del tipo Fabry-Pérot, lo que permite una gran compacidad, confiriendo al mismo tiempo un alto rendimiento de la superficie así como la compatibilidad con las señales de alta potencia. El apilamiento de dos cavidades permite reducir el factor de calidad de la cavidad excitadora, y reducir de este modo los retornos en el acceso, para permitir una mejor adaptación. Sin embargo, dicha estructura conduce a la excitación de modos superiores, en particular generados por la discontinuidad presente en la interfaz de las dos cavidades apiladas. Estos modos superiores alteran el diagrama de radiación de la antena. La mencionada solicitud de patente FR 2901062 propone resolver este problema mediante el uso de paredes laterales para las cavidades, en el interior de las cuales se realizan unos relieves adecuados. Los relieves se pueden realizar, por ejemplo, en forma de unas corrugaciones longitudinales. No obstante, estas corrugaciones son difíciles de realizar, y son relativamente voluminosas. Por otra parte, en la práctica puede resultar necesario cargar estas corrugaciones con un dieléctrico, lo que hace que su realización sea más complicada, y puede generar problemas en un entorno espacial, o en el cual es necesario tratar unas señales de gran potencia.

20 Por último, es preciso asociar a los elementos radiantes de antenas unos dispositivos de polarización. Por ejemplo, los elementos radiantes deben poder excitarse en polarización simple y/o en bipolarización y/o en polarización circular. De una manera tradicional, en las antenas que comprenden elementos radiantes de tipo bocina, el tamaño del polarizador es del mismo orden de magnitud que el tamaño de la bocina. De este modo, el volumen de las antenas se ve muy directamente afectado por la adición de polarizadores.

25 Un objeto de la presente invención es resolver al menos los inconvenientes expuestos, proponiendo un elemento radiante con cavidades resonantes con un alto rendimiento de la superficie, cuya estructura es especialmente compacta, y aporta un compromiso óptimo entre una alta eficiencia de la superficie, un reducido tamaño y una baja masa, así como la capacidad de excitarse en polarización simple o en bipolarización.

30 Para ello, la presente invención tiene por objeto un elemento radiante que comprende al menos dos cavidades resonantes concéntricas, formadas por una cavidad inferior alimentada por unos medios de excitación, y una cavidad superior apilada sobre la cavidad inferior, encontrándose cada una de dichas cavidades resonantes delimitada en su parte inferior por una placa de masa, en su parte lateral por una pared lateral esencialmente cilíndrica o cónica, estando al menos la cavidad superior delimitada en su parte superior por una primera tapa sustancialmente plana, caracterizándose el elemento radiante porque las corrugaciones esencialmente de forma cilíndrica y concéntricas de las cavidades resonantes, están formadas sustancialmente por debajo de la primera placa de masa de la cavidad resonante superior.

En una forma de realización de la invención, las paredes laterales pueden tener una forma esencialmente cilíndrica.

En una forma de realización de la invención, las paredes laterales pueden tener una forma esencialmente cónica.

40 En una forma de realización de la invención, la cavidad inferior también puede estar delimitada en su parte superior, sustancialmente a la altura de la parte inferior de la cavidad superior, por una segunda tapa.

En una forma de realización de la invención, los planos de masa, las tapas, las paredes laterales y las corrugaciones se pueden fabricar esencialmente en un material metálico.

En una forma de realización de la invención, las tapas pueden estar formadas por una superficie parcialmente reflectante.

45 En una forma de realización de la invención, las tapas pueden estar formadas por una rejilla metálica.

En una forma de realización de la invención, las tapas pueden estar formadas por un material dieléctrico.

En una forma de realización de la invención, el elemento radiante puede caracterizarse porque se realiza un radomo polarizador en la parte superior de la cavidad superior.

50 En una forma de realización de la invención, el radomo polarizador puede estar formado por dos superficies selectivas de frecuencia polarizadoras denominadas FSS polarizadoras esencialmente planas, dispuestas paralelas entre sí, y de forma paralela y sustancialmente por encima de dicha primera tapa.

En una forma de realización de la invención, cada FSS polarizadora puede estar formada por una placa metálica que comprende una multitud de ranuras.

En una forma de realización de la invención, cada FSS polarizadora puede estar formada por una placa metálica que

comprende una multitud de celdas con ranuras en forma de cruz.

En una forma de realización de la invención, cada FSS polarizadora puede estar formada por una placa metálica que comprende una multitud de celdas con ranuras en forma de cruz dispuestas según un motivo periódico sobre la superficie de la placa metálica.

- 5 En una forma de realización de la invención, las paredes laterales y las corrugaciones pueden ser cilíndricas de sección circular.

En una forma de realización de la invención, dichos medios de excitación pueden comprender al menos una guía de alimentación concéntrica de las cavidades resonantes y que desemboca directamente, o a través de unos medios de adaptación, dentro de la cavidad inferior.

- 10 En una forma de realización de la invención, dichos medios de excitación pueden comprender al menos una doble alimentación formada por dos guías de ondas laterales que desembocan de manera simétrica con respecto al eje principal de la cavidad inferior, sustancialmente a la altura de la pared lateral de la cavidad inferior, estando las señales que transmiten los medios de excitación sintonizadas en fase de tal modo que se filtren los modos superiores no deseados.

- 15 En una forma de realización de la invención, dichos medios de excitación pueden comprender al menos una guía de alimentación concéntrica de las cavidades resonantes y que desemboca directamente, o a través de unos medios de adaptación, dentro de la cavidad inferior, y al menos una fuente de alimentación doble formada por dos guías de ondas laterales que desembocan de manera simétrica con respecto al eje principal de la cavidad inferior, sustancialmente a la altura de la pared lateral de la cavidad inferior, estando las señales que transmiten los medios de excitación sintonizadas en fase de tal modo que se filtren los modos superiores no deseados.

- 20 En una forma de realización de la invención, se puede realizar un radomo polarizador por encima de la cavidad superior, presentando el radomo polarizador sustancialmente una forma cilíndrica y concéntrica de las cavidades resonantes.

- 25 En una forma de realización de la invención, el radomo polarizador puede presentar esencialmente una forma cilíndrica de sección cuadrada.

La presente invención también tiene por objeto una antena de red caracterizada porque comprende un o una multitud de elementos radiantes como los que se han descrito con anterioridad.

Se mostrarán otras características y ventajas de la invención con la lectura de la descripción, que se da a título de ejemplo, realizada en referencia a los dibujos adjuntos que representan:

- 30 – la figura 1, un elemento radiante con una única cavidad de aire, de estructura conocida en sí misma en el estado de la técnica;
- la figura 2, un elemento radiante con apilamiento de dos cavidades de aire, de estructura conocida en sí misma en el estado de la técnica;
- 35 – las figuras 3a y 3b, un elemento radiante según un ejemplo de realización de la invención, respectivamente en una vista en sección lateral y en una vista desde arriba;
- la figura 4, un elemento radiante según otro ejemplo de realización de la invención, en una vista en sección lateral;
- la figura 5, un elemento radiante según otro ejemplo de realización de la invención, en una vista en sección lateral;
- 40 – las figuras 6a y 6b, un elemento radiante según otro ejemplo de realización de la invención, respectivamente en una vista en sección lateral, y en una vista en perspectiva.

- 45 La figura 1 presenta un elemento radiante con una única cavidad de aire, del tipo Fabry-Pérot, según una forma de realización conocida en sí misma en el estado de la técnica y que se describe en la solicitud de patente FR 2901062 ya mencionada.

- Un elemento radiante 10, que se presenta en una vista en sección lateral en un plano XZ en la figura, puede comprender una cavidad resonante de aire 11 totalmente delimitada por una placa de masa 110 en su parte inferior situada en un plano XY, unas paredes laterales 111 y una tapa 112 en su parte superior. El elemento radiante 10 comprende unos medios de excitación 12, que pueden alimentarse con señales de radiofrecuencia. Los medios de excitación 12 pueden en particular comprender un acceso de alimentación, por ejemplo formado por una guía de ondas metálica 121 cuyo eje principal es paralelo al eje Z, uno de cuyos extremos desemboca sustancialmente a la altura de la placa de masa 110.

La cavidad resonante de aire 11 presenta una sección transversal, es decir paralela al plano XY, por ejemplo de forma cuadrada, circular, hexagonal, o incluso de cualquier otra forma que sea compatible con la instalación en red del elemento radiante 10.

5 En el ejemplo de realización que se ilustra en la figura 1, las paredes laterales 111 pueden ser de tipo "hard surface", es decir, por ejemplo fabricadas en un material metálico, en el cual se forman unos surcos longitudinales dispuestos a ambos lados de unas nervaduras longitudinales. Los surcos longitudinales pueden estar llenos al menos de forma parcial con un material dieléctrico. Los surcos longitudinales y las nervaduras pueden definir una estructuración longitudinal periódica. Tal y como se ha expuesto con anterioridad, dicha estructuración en la práctica es difícil de
10 de realizar y presenta un volumen importante. Además, la realización de dicha estructura se complica por la necesidad de cargar con un material dieléctrico los surcos longitudinales.

La tapa 112 se puede fabricar, por ejemplo, en un material dieléctrico fino o espeso. El material dieléctrico puede comprender, por ejemplo, una cara en la cual se forma una rejilla metálica que constituye una superficie semi-reflectante lo que permite aumentar la excitación de la cavidad resonante de aire 11 mediante las señales. El material dieléctrico también puede comprender una cara en la cual se forma un parche metálico, denominado
15 "patch", o una red de parches metálicos, con el fin de inducir una resonancia complementaria a la de la cavidad resonante de aire 11. Del mismo modo, la tapa 112 se puede fabricar en un material metálico en el cual se forma una rejilla metálica. La rejilla formada en la tapa 112 puede presentar de manera ventajosa un paso variable en al menos una dirección seleccionada.

La figura 2 presenta un elemento radiante con apilamiento de dos cavidades de aire del tipo Fabry-Pérot, según una forma de realización conocida en sí misma en el estado de la técnica y que se describe en la ya citada solicitud de patente FR 2901062.

Un elemento radiante 20 puede comprender dos cavidades resonantes de aire 21 y 22 concéntricas colocadas en cascada; una cavidad superior 21 dispuesta por encima de una cavidad inferior 22. Esta colocación en cascada permite excitar mediante el acceso de alimentación una cavidad inferior 22 de dimensiones reducidas, y de este modo limitar la excitación de modos superiores en esta cavidad inferior 22, y a continuación mediante el acoplamiento dentro de la cavidad superior 21. De este modo, se puede controlar mejor la radiación, en particular en el caso de elementos radiantes 20 con anchas aberturas. También permite reducir la reflectividad de las tapas 212 y 222, y por lo tanto acoplar de forma más eficaz el elemento radiante 20 al acceso de alimentación. Las pérdidas por reflexión en la guía de acceso se reducen y, de este modo, se facilita la adaptación de la impedancia de entrada del
25 elemento radiante 20.

La cavidad superior 21 presenta sustancialmente la misma estructura que la cavidad inferior 22. De una manera similar a la estructura en una cavidad descrita anteriormente en referencia a la figura 1, el elemento radiante 20 comprende unos medios de excitación 12, estando estos adaptados para alimentar la cavidad inferior 22. La sección transversal de la cavidad superior 21 es superior a la de la cavidad inferior 22.

35 La cavidad superior 21 está delimitada en el plano XY por una primera pared lateral 211, y cubierta en su parte superior por una primera tapa 212. La primera pared lateral 211 puede estar solidarizada con una primera placa de masa 210, por ejemplo formada en la superficie inferior de un primer sustrato SST. De la misma manera, la cavidad inferior 22 está delimitada por una segunda pared lateral 221 y cubierta por una segunda tapa 222. La segunda pared lateral 221 puede estar solidarizada con una segunda placa de masa 220, que puede formarse sobre la superficie inferior de un segundo sustrato SST'. La primera tapa 212 y la primera pared lateral 211 se pueden realizar según la configuración descrita anteriormente en referencia a la figura 1. El primer sustrato SST y la primera placa de masa 210 pueden comprender una abertura pasante adaptada para alojar la segunda tapa 222 de la cavidad inferior 22. Tal y como se ilustra en la figura 2, cada una de las tapas 212 y 222 puede comprender una
40 rejilla metálica 213, 223, de manera más general estas pueden comprender unas superficie parcialmente reflectantes.

Los ejemplos de realización de la presente invención, que se describen de forma detallada a continuación en referencia a las figuras siguientes, se aplican a una estructura que comprende al menos dos cavidades resonantes apiladas, sin embargo también se pueden aplicar a estructuras que comprenden un apilamiento de una multitud de cavidades resonantes de aire. La presente invención propone no recurrir a las paredes laterales de las cavidades resonantes para resolver los problemas ligados a los modos superiores electromagnéticos.

Las figuras 3a y 3b presentan un elemento radiante según un ejemplo de realización de la invención, respectivamente en una vista en sección lateral y en una vista desde arriba.

En el ejemplo que se ilustra en la figura 3a, un elemento radiante 30 presentado en sección en el plano XZ, puede comprender una cavidad superior 31 que puede ser concéntrica de una cavidad inferior 32, encontrándose la cavidad superior 31 apilada sobre la cavidad inferior 32, de una manera similar al ejemplo que se ha descrito con anterioridad en referencia a la figura 2. Hay que señalar que las cavidades 31, 32 son esencialmente cilíndricas en las formas de realización que se dan a título de ejemplo y se describen en las figuras. Unas formas de realización alternativas también pueden comprender unas cavidades 31, 32 con una forma esencialmente cónica. La cavidad
55

inferior 32 se puede alimentar mediante unos medios de excitación, por ejemplo una guía de ondas metálica 33, con una forma cilíndrica en el ejemplo que se ilustra en la figura. La cavidad superior 31 puede estar delimitada en su parte superior por una primera tapa 312, en su parte lateral por una primera pared lateral 311 y en su parte inferior por una primera placa de masa 310. De la misma manera, la cavidad inferior 32 puede estar delimitada en su parte superior por una segunda tapa 322, en su parte lateral por una segunda pared lateral 312 y en su parte inferior por una segunda placa de masa 320. Los planos de masa 310, 320 se pueden fabricar, por ejemplo, en un material metálico. Del mismo modo, las paredes laterales 311, 321 se pueden realizar en un material metálico, y carecer de dieléctricos y/o de relieves. Se puede realizar una abertura en la primera placa de masa 310, con una superficie que corresponde sustancialmente a la superficie de la cavidad inferior 32 en el plano XY, dejando sitio dicha abertura a la segunda tapa 322. Las tapas 312, 322 pueden estar formadas por unas superficies parcialmente reflectantes, por ejemplo unas rejillas 313, 323. Por ejemplo, para las aplicaciones que precisan una radiación siguiendo una única polarización, las rejillas 313, 323 pueden ser unas rejillas unidimensionales, como unas redes de alambre, encontrándose los alambres alineados con la polarización de excitación. En las aplicaciones que precisan una radiación con doble polarización, las rejillas 313, 323 deben tener unas características de reflectividad idénticas para las dos polarizaciones de excitación, son por lo tanto unas rejillas bidimensionales, en las que no es necesario que la alineación corresponda a la de las polarizaciones de excitación.

La guía de ondas 33 puede desembocar, por ejemplo, a ras del fondo de la cavidad inferior 32, o bien desembocar en la cavidad inferior 32, sobrepasando ligeramente el fondo de esta. Del mismo modo, puede considerarse recurrir a unos medios de adaptación, por ejemplo, por iris.

En una forma alternativa de realización, que no se representa en las figuras, también se pueden formar unos medios de excitación mediante dobles fuentes de alimentación por el lado, respectivamente para unas aplicaciones que requieren una polarización simple o una polarización múltiple. Del mismo modo, se puede obtener una excitación en polarización doble mediante una alimentación desde abajo tal como se ha descrito más arriba, de forma conjunta con una alimentación doble por el lado. Las alimentaciones dobles desembocan en la ortogonal de la superficie lateral de la cavidad inferior 32, y opuestas entre sí con respecto al eje principal. En estas diferentes formas de realización, cada fuente de alimentación doble está asociada a un único acceso, por ejemplo por medio de un repartidor adecuado, y todas las fuentes de alimentación se excitan de manera coherente, de tal modo que se filtran las excitaciones de los modos superiores no deseadas. Estas estructuras permiten utilizar el elemento radiante para las aplicaciones que precisan una polarización doble.

Según una particularidad de la presente invención, se pueden formar unas corrugaciones 300, sustancialmente por debajo de la primera placa de masa 310. Las corrugaciones 300 se pueden fabricar en un material metálico, y pueden ser de forma cilíndrica, concéntricas de las cavidades resonantes 31 y 32. En el ejemplo que se ilustra en las figuras 3a y 3b, se representan dos corrugaciones 300 cilíndricas. En unas formas alternativas de realización, se puede considerar una corrugación cilíndrica. Del mismo modo, se pueden disponer más de dos corrugaciones cilíndricas bajo la cavidad resonante superior 31; puede resultar ventajoso en dicho caso recurrir a una multitud de corrugaciones 300 dispuestas de manera periódica, es decir que la separación entre dos corrugaciones concéntricas contiguas se mantenga constante.

De una manera general, es necesario recurrir a un mayor número de corrugaciones 300, si el tamaño lateral de la cavidad resonante superior 31 es mayor. La posición de una corrugación 300 puede, por ejemplo, caracterizarse por su distancia r_c con respecto al eje principal del elemento radiante 30. El dimensionamiento de las corrugaciones 300 se puede caracterizar por su altura l_c , su espesor d_c . En el caso de que se usen varias corrugaciones 300 concéntricas dispuestas de manera periódica, la separación entre las corrugaciones contiguas puede caracterizarse por el periodo a_c .

La altura l_c de las corrugaciones 300 permite un control de la banda de frecuencia en la que se suprime el modo superior. Resulta ventajoso, por ejemplo seleccionar una altura l_c del orden del cuarto de la longitud de onda nominal λ_0 de funcionamiento del elemento radiante 30, permitiendo este valor la supresión del modo superior.

La posición de las corrugaciones, es decir el valor r_c , permite optimizar la simetría axial del diagrama de radiación del elemento radiante 30, es decir la similitud, deseada, entre los diagramas de radiación en el plano E y en el plano H de la onda electromagnética irradiada. Puede resultar ventajoso seleccionar un valor r_c del orden de la longitud de onda nominal λ_0 .

En un ejemplo clásico es, por ejemplo, posible realizar un elemento radiante 30 destinado a funcionar en una banda de frecuencia que va de 2,48 GHz a 2,5 GHz, cuya cavidad superior 31 tiene una forma cilíndrica de sección circular, con un diámetro del orden de $2,5 \times \lambda_0$, que comprende una única corrugación 300 cilíndrica de sección circular, dispuesta a 118 mm del eje principal del elemento radiante 30, con una altura de 31 mm y con una anchura de 3,7 mm. El diámetro de la cavidad inferior 32 puede, por ejemplo, ser inferior a la mitad del diámetro de la cavidad superior 31. En este ejemplo clásico, es del orden de $1 \lambda_0$. Dicha configuración permite obtener un diagrama de radiación perfectamente axisimétrico, es decir en el cual la anchura del lóbulo es constante sea cual sea el plano de observación, y caracterizado también por un nivel de lóbulo secundario o SLL inferior a -20 dB. Por otra parte, presenta unas prestaciones tales como una variación de directividad comprendida entre 16 dB y 16,2 dB, una variación de la eficiencia de la superficie comprendida entre un 60 % y un 63 %, un coeficiente de reflexión $|S_{11}|$

inferior a -25 dB. De forma comparativa, un elemento radiante de estructura similar que no comprende ninguna corrugación se caracteriza por un diagrama de radiación no axisimétrico, con un pinzamiento del lóbulo en el plano E asociado a un ascenso del lóbulo secundario o SLL, tradicionalmente entre -13 y -10 dB en la banda operativa.

5 Tal y como se ilustra en la figura 3b, las cavidades 31, 32 así como las corrugaciones 300 pueden ser cilíndricas de sección circular. Otras formas de realización de la invención, que no se representan en las figuras, pueden por ejemplo comprender unas cavidades 31, 32 y/o unas corrugaciones 300 cilíndricas de sección no circular, por ejemplo de sección cuadrada, rectangular, hexagonal, etc.

10 La reflectividad de las superficies parcialmente reflectantes 313, 323 que forman las tapas 312, 322 de las cavidades 31, 32 se pueden ajustar con el fin de obtener unas bandas de adaptación y de radiación simultáneas. La cavidad inferior 32 se puede seleccionar con un tamaño más reducido que la cavidad superior 31. Por ejemplo, las superficies parcialmente reflectantes 313, 323 pueden estar formadas por unas rejillas, y la reflectividad de la rejilla asociada a la cavidad inferior 32 puede ser baja, con el objetivo de obtener una buena adaptación. La reflectividad de la cavidad superior 31 puede ser más alta, con el objetivo de extender el campo de la abertura del elemento radiante y obtener unas altas directividades.

15 Se pueden dar aquí algunos valores a título de ejemplo no limitativo de realización de la invención: por ejemplo, se puede realizar un elemento radiante 30 en banda Ku de polarización simple lineal, con una corrugación 300, destinado a operar en un banda de frecuencia que va de 11,8 a 13,2 GHz, cuya abertura es del orden de $1,85\lambda_0$, cuyo espesor, es decir el espesor acumulado de las dos cavidades resonantes 31, 32, es del orden de λ_0 , cuyas tapas 312, 322 están respectivamente formadas por unas rejillas semi-reflectantes respectivamente con unos
20 coeficientes de reflectividad (en potencia) iguales al 20 % y al 30 %. Dicha configuración permite obtener un diagrama de radiación axisimétrico y caracterizado por un nivel de lóbulo secundario o SLL inferior a -18 dB. Además, presenta unos rendimientos tales como una variación de directividad comprendida entre 14,59 dB y 15,39 dB, una variación de la eficiencia de la superficie comprendida entre un 71,9 % y un 77,6 %, así como un coeficiente de reflexión $|S_{11}|$ inferior a -15,5 dB. De forma comparativa, un elemento radiante de estructura similar que no
25 comprende una corrugación se diferencia principalmente en que el diagrama de radiación no es axisimétrico, y se caracteriza por un pinzamiento del lóbulo en el plano E asociado a un ascenso del lóbulo secundario o SLL, tradicionalmente entre -13 dB y -10 dB en la banda operativa.

30 La figura 4 presenta un elemento radiante según otro ejemplo de realización de la invención, en una vista en sección lateral. En el ejemplo de realización que se ilustra en la figura 4, un elemento radiante 30 se puede realizar siguiendo una estructura idéntica a la estructura que se ha descrito más arriba en referencia a las figuras 3a y 3b, pero en la cual la cavidad inferior 32 no comprende ninguna tapa. Dicha estructura de elemento radiante solo comprende una rejilla 313, y en consecuencia es más simple y más barata de fabricar. La supresión de la rejilla en la cavidad inferior 32 es, en efecto, posible ya que solo la brusca transición entre la cavidad inferior 32 y la cavidad superior 31 genera un fenómeno de reflexión, definiéndose entonces una cavidad resonante inferior sin que sea necesaria una rejilla
35 metálica. Dicha estructura es adecuada, por ejemplo, para las aberturas del elemento radiante que van de 1 a $3\lambda_0$, por ejemplo para las aplicaciones en bandas S o Ku, configuración que se ha dado con anterioridad a título de ejemplo correspondiente a una aplicación en banda Ku.

40 Tal y como se ha expuesto con anterioridad, resulta ventajoso conferir a un elemento radiante según la invención de una mayor compacidad, liberándose del volumen adicional que conlleva un dispositivo de polarización o polarizador. La figura 5 presenta un ejemplo ventajoso de realización, en el cual un polarizador está integrado en la propia estructura del elemento radiante.

45 En referencia a la figura 5, un elemento radiante 50 representado en una vista en sección lateral en un plano XZ, se puede realizar según una estructura similar a las estructuras del elemento radiante 30 que se han descrito con anterioridad en referencia a las figuras 3a, 3b y 4. En el ejemplo que se ilustra en la figura 5, se selecciona una estructura similar a la estructura ilustrada en la figura 4. De este modo, el elemento radiante 50 comprende, en particular, una cavidad inferior 32 alimentada por unos medios de excitación formados por una guía de ondas 33. La cavidad superior 31 está cubierta por una tapa formada por una rejilla 313 que constituye una superficie parcialmente reflectante. En el ejemplo que se ilustra en la figura, se realiza una corrugación simple sustancialmente bajo la cavidad superior 31. Según una particularidad de la forma de realización que se ilustra en la figura 5, se
50 puede realizar un radomo polarizador 51 en la parte superior de la cavidad superior 31. El radomo polarizador 51 puede estar formado por la asociación de al menos dos superficies selectivas de frecuencia polarizadoras, designadas FSS polarizadoras según la terminología inglesa "Frequency Selective Surface". Un radomo polarizador es conocido en sí mismo en el estado de la técnica, y permite inducir una diferencia de fase entre las dos componentes del campo eléctrico E_x y E_y de la onda electromagnética. Cuando esta diferencia de fase es de $\pm 90^\circ$, el radomo polarizador 51, excitado en polarización lineal en una dirección oblicua en el plano XY, es decir a $+45^\circ$ con respecto al eje X, genera una polarización circular derecha, y excitado en polarización lineal en una dirección de -45° , genera una polarización circular izquierda. Hay que señalar que el radomo polarizador 51 transforma un funcionamiento de tipo doble polarizador lineal en un funcionamiento de tipo doble polarización circular.

60 En el ejemplo no limitativo que se ilustra en la figura 5, el radomo polarizador 51 puede ser de tipo "doble-FSS", y comprender dos FSS polarizadoras 511 y 512 dispuestas en paralelo una encima de la otra, y separadas por una

distancia D_{FSS} . La FSS inferior 512 está dispuesta en paralelo a la rejilla 313, a una distancia D_3 de esta última. Una configuración de tipo doble FSS permite la obtención de una banda pasante más ancha, y una transmisión de la señal sin pérdidas, no induciendo la transmisión de la señal un retorno hacia la cavidad superior 31. No se puede obtener con un radomo polarizador de capa simple una transmisión sin pérdidas, y un desplazamiento de fase de 90° según las dos componentes E_x y E_y de la señal incidente.

De una manera tradicional, las dos FSS polarizadoras 511 y 512 son idénticas y están separadas por la mitad de la longitud de onda guiada, con el objetivo de obtener de forma simultánea una transmisión sin pérdidas de la señal incidente y un retardo en cuadratura de fase entre las dos componentes ortogonales de la señal transmitida. El radomo polarizador 51 está ubicado por encima del elemento radiante 50 diseñado para emitir en doble polarización lineal, a una distancia tradicionalmente del orden de un cuarto de la longitud de la onda guiada. De este modo, el radomo polarizador 51 básicamente no altera el funcionamiento del elemento radiante 50. Se puede adaptar una ligera modificación de las dimensiones de los motivos de la FSS con el objetivo de afinar la radiación y la adaptación del elemento radiante 50.

Las FSS polarizadoras pueden ser de tipo inductivo o capacitivo: las FSS polarizadoras de tipo inductivo están fundamentalmente formadas por unas superficies metálicas en las cuales se realizan unos motivos definidos por unas ranuras, las FSS polarizadoras de tipo capacitivo están esencialmente formadas por unas superficies sobre las cuales se realizan unos motivos metálicos. El uso de FSS de tipo inductivo puede resultar ventajoso, ya que no precisan el uso de un sustrato, pudiendo las FSS fabricarse por tanto directamente en un material metálico.

Cada FSS polarizadora 511, 512 se puede realizar, por ejemplo, con la forma de una placa metálica provista de ranuras. Por ejemplo, para las aplicaciones que requieren una excitación de bipolarización o de polarización circular, se pueden disponer sobre la placa metálica unas celdas con ranuras en forma de cruz 520, designadas celdas "cross slots" según la terminología inglesa, por ejemplo según un motivo periódico. En la figura 5 se representa una celda con ranura en forma de cruz 520 en una vista desde arriba. La celda con ranura en forma de cruz 520 se caracteriza en particular por la longitud de su lado, o periodo a , por la longitud y la anchura, respectivamente a_y y d_y de la ranura horizontal (es decir a lo largo del eje X), así como por la longitud y la anchura a_x y d_x de la ranura vertical (a lo largo del eje Y). Se puede obtener una diferencia de fase entre las dos componentes de campo E_x y E_y seleccionando unas ranuras horizontales y verticales de diferentes tamaños. La reflectividad según una polarización dada se ajusta haciendo que varíe la longitud de la ranura perpendicular a esta polarización. Si sabemos que la reflectividad de la ranura es nula en la resonancia, y que antes de su resonancia la ranura presenta un coeficiente de reflexión de fase negativa y después de la resonancia una fase positiva, las ranuras en forma de cruz tienen unas longitudes diferentes según cada una de las dos polarizaciones de tal modo que se crea un desplazamiento de fase de 90° entre las dos polarizaciones y, de este modo, se genera una polarización circular. Por ejemplo, las longitudes a_x y a_y de las ranuras se pueden determinar con el fin de que una de las ranuras tenga efecto sobre las frecuencias inferiores a la frecuencia de resonancia, y la otra ranura para las frecuencias superiores. De esta forma, se puede obtener para el radomo polarizador constituido por dos FSS separadas, por ejemplo por una distancia D_{FSS} igual a $\lambda_0/2$ o próxima a este valor, una diferencia de fase de 90° de transmisión entre las componentes E_x y E_y . Por ejemplo, se puede fijar la longitud a_x de la ranura vertical en un valor inferior a $\lambda_0/2$, y la longitud a_y de la ranura horizontal en un valor superior a $\lambda_0/2$. Por supuesto, recíprocamente es posible fijar la longitud a_y de la ranura horizontal en un valor inferior a $\lambda_0/2$, y la longitud a_x de la ranura vertical en un valor superior a $\lambda_0/2$. El periodo a debe fijarse en un valor superior a a_x y a a_y . Las anchuras de las ranuras d_x y d_y se ajustan en función del espesor de la placa metálica. De manera tradicional, las anchuras de las ranuras d_x y d_y se seleccionan inferiores a la longitud de onda nominal λ_0 . El ejemplo de realización ya mencionado se basa en las celdas con ranuras en forma de cruz 520 realizadas según una malla cuadrada, pero también se puede recurrir a las celdas dispuestas según una malla diferente, por ejemplo redonda, hexagonal...

Del mismo modo, se pueden utilizar otros motivos diferentes a las cruces, por ejemplo ranuras anulares, o ranuras del tipo Cruz de Jerusalén, etc.

Se puede hacer uso de manera ventajosa de un radomo polarizador que no esté directamente integrado en la cavidad superior, como en el ejemplo de realización que se ha descrito con anterioridad en referencia a la figura 5. Las figuras 6a y 6b presentan un elemento radiante según otro ejemplo de realización de la invención, respectivamente en una vista en sección lateral y en una vista en perspectiva.

En el ejemplo que se ilustra en las figuras 6a y 6b, un elemento radiante 60 puede presentar una estructura esencialmente similar a la estructura del elemento radiante 50 descrito más arriba en referencia a la figura 5. De este modo, el elemento radiante 60 comprende en particular una cavidad superior 31, una cavidad inferior 32 alimentada por una guía de ondas 33. La cavidad superior 31 está en este ejemplo cubierta por una tapa formada por una rejilla 313. Se realizan unas corrugaciones 300 sustancialmente por debajo de la cavidad superior 31. En el ejemplo que se ilustra en las figuras 6a y 6b, las paredes laterales de las cavidades superior e inferior 31, 32 tienen una forma cilíndrica, de sección circular. Un radomo polarizador 61 se realiza por encima de la cavidad superior 31. En este ejemplo, el radomo polarizador 61 también tiene una forma cilíndrica, pero de sección cuadrada. Tal y como se ilustra en la figura 6b, el radomo polarizador 61 está delimitado en su parte lateral por unas paredes laterales con una forma sustancialmente cilíndrica, de sección cuadrada. El empleo de una sección cuadrada permite en este caso disponer de un mayor número de celdas con ranuras en forma de cruz 620 de forma cuadrada sobre la

superficie de las FSS polarizadoras 611, 612 formadas por dos placas metálicas dispuestas paralelas entre sí.

5 En un ejemplo clásico, se puede realizar un elemento radiante destinado a funcionar en una banda de frecuencia que va de 2,48 GHz a 2,5 GHz, cuyo radomo polarizador 61 tiene una forma cuadrada cuyo lado tiene una longitud del orden de $2,7\lambda_0$. Dicha configuración permite obtener la doble polarización circular, es decir derecha e izquierda que excita la antena con dos polarizaciones lineales de $+45^\circ$ a -45° . En ambos casos, los diagramas de radiación son perfectamente axisimétricos, es decir que la anchura del lóbulo es constante sea cual sea el plano de observación, y también se caracterizan por un nivel de lóbulo secundario o SLL inferior a -25 dB. Además, en la banda de frecuencias mencionada más arriba, para las dos polarizaciones, la directividad varía entre 16,5 dB y 16,7 dB, y la eficiencia de la superficie está comprendida entre un 63 % y un 66 %. El coeficiente de reflexión $|S_{11}|$ es inferior a -20 dB y la relación axial inferior a 1 dB en la banda de interés.

10

REIVINDICACIONES

1. Elemento radiante (30) que comprende al menos dos cavidades resonantes (31, 32) concéntricas, formadas por una cavidad inferior (32) alimentada por unos medios de excitación (12, 33), y una cavidad superior (31) apilada sobre la cavidad inferior, encontrándose cada una de dichas cavidades resonantes (31, 32) delimitada en su parte inferior por una placa de masa (310, 320), en su parte lateral por una pared lateral (311, 321), estando al menos la cavidad superior (31) delimitada en su parte superior por una primera tapa (313) esencialmente plana, **caracterizándose** el elemento radiante (30) **porque** se forman unas corrugaciones (300) esencialmente de forma cilíndrica y concéntricas de las cavidades resonantes (31, 32) sustancialmente por debajo de la primera placa de masa (310) de la cavidad resonante superior (31).
2. Elemento radiante (30) según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la pared lateral (311, 321) tiene una forma esencialmente cilíndrica.
3. Elemento radiante (30) según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la pared lateral (311, 321) tiene una forma esencialmente cónica.
4. Elemento radiante (30) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la cavidad inferior (32) también está delimitada en su parte superior, sustancialmente a la altura de la parte inferior de la cavidad superior, por una segunda tapa (323).
5. Elemento radiante (30) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** los planos de masa (310, 320), las tapas (313, 323), las paredes laterales (311, 321) y las corrugaciones (300) se fabrican esencialmente en un material metálico.
6. Elemento radiante (30) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** las tapas (313, 323) están formadas por una superficie parcialmente reflectante.
7. Elemento radiante (30) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** las tapas (313, 323) están formadas por una rejilla metálica.
8. Elemento radiante (30) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** las tapas (313, 323) están formadas por un material dieléctrico.
9. Elemento radiante (30, 50) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** se realiza un radomo polarizador (51) en la parte superior de la cavidad superior (31).
10. Elemento radiante (30, 50) según la reivindicación 9, **caracterizado porque** el radomo polarizador (51) está formado por dos superficies selectivas de frecuencia polarizadoras denominadas FSS polarizadoras (511, 512) esencialmente planas, dispuestas paralelas entre sí, y de forma paralela y sustancialmente por encima de dicha primera tapa (313).
11. Elemento radiante (30, 50) según la reivindicación 10, **caracterizado porque** cada FSS polarizadora (511, 512) está formada por una placa metálica que comprende una multitud de ranuras.
12. Elemento radiante (30, 50) según la reivindicación 10, **caracterizado porque** cada FSS polarizadora (511, 512) está formada por una placa metálica que comprende una multitud de celdas con ranuras en forma de cruz (520).
13. Elemento radiante (30, 50) según la reivindicación 10, **caracterizado porque** cada FSS polarizadora (511, 512) está formada por una placa metálica que comprende una multitud de celdas con ranuras en forma de cruz (520) dispuestas según un motivo periódico sobre la superficie de la placa metálica.
14. Elemento radiante (30, 50) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2 o 4 a 13, **caracterizado porque** las paredes laterales (311, 321) y las corrugaciones (300) son cilíndricas de sección circular.
15. Elemento radiante (30, 50) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** dichos medios de excitación (12, 33) comprenden al menos una guía de alimentación (33) concéntrica de las cavidades resonantes (31, 32) y que desemboca directamente, o a través de unos medios de adaptación, dentro de la cavidad inferior (32).
16. Elemento radiante (30, 50) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, **caracterizado porque** dichos medios de excitación (12, 33) comprenden al menos una doble fuente de alimentación formada por dos guías de ondas laterales que desembocan de manera simétrica con respecto al eje principal de la cavidad inferior (32), sustancialmente a la altura de la pared lateral (321) de la cavidad inferior (32), estando las señales transmitidas por los medios de excitación sintonizadas en fase de tal modo que se filtren los modos superiores no deseados.
17. Elemento radiante (30, 50) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, **caracterizado porque** dichos medios de excitación (12, 33) comprenden al menos una guía de alimentación (33) concéntrica de las cavidades resonantes (31, 32) y que desemboca directamente, o a través de unos medios de adaptación, dentro de la cavidad

inferior (32), y al menos una fuente de alimentación doble formada por dos guías de ondas laterales que desembocan de manera simétrica con respecto al eje principal de la cavidad inferior (32), sustancialmente a la altura de la pared lateral (321) de la cavidad inferior (32), estando las señales transmitidas por los medios de excitación sintonizadas en fase de tal modo que se filtren los modos superiores no deseados.

- 5 18. Elemento radiante (30, 60) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** se realiza un radomo polarizador (61) por encima de la cavidad superior (31), presentando el radomo polarizador (61) sustancialmente una forma cilíndrica y concéntrica de las cavidades resonantes (31, 32).
19. Elemento radiante (30, 60) según la reivindicación 18, **caracterizado porque** dicho radomo polarizador (61) presenta esencialmente una forma cilíndrica de sección cuadrada.
- 10 20. Antena de red **caracterizada porque** comprende un o una multitud de elementos radiantes (30, 50, 60) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

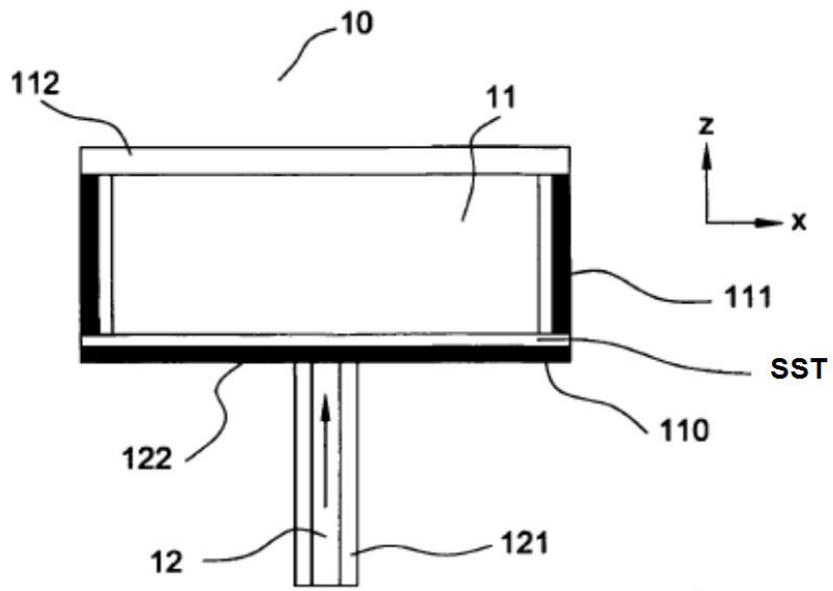


FIG.1

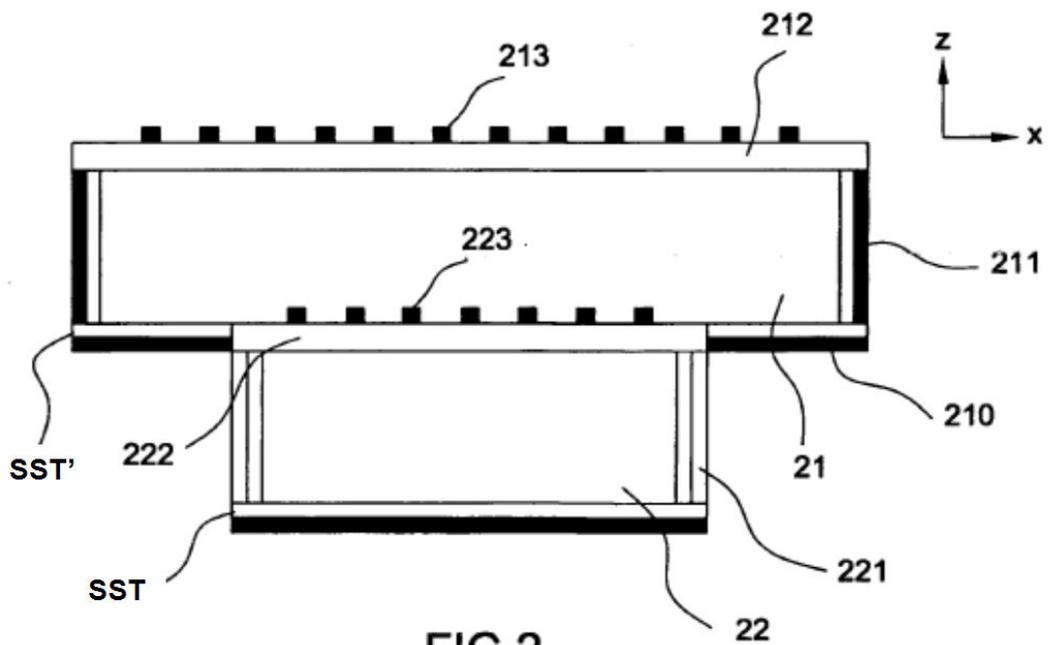


FIG.2

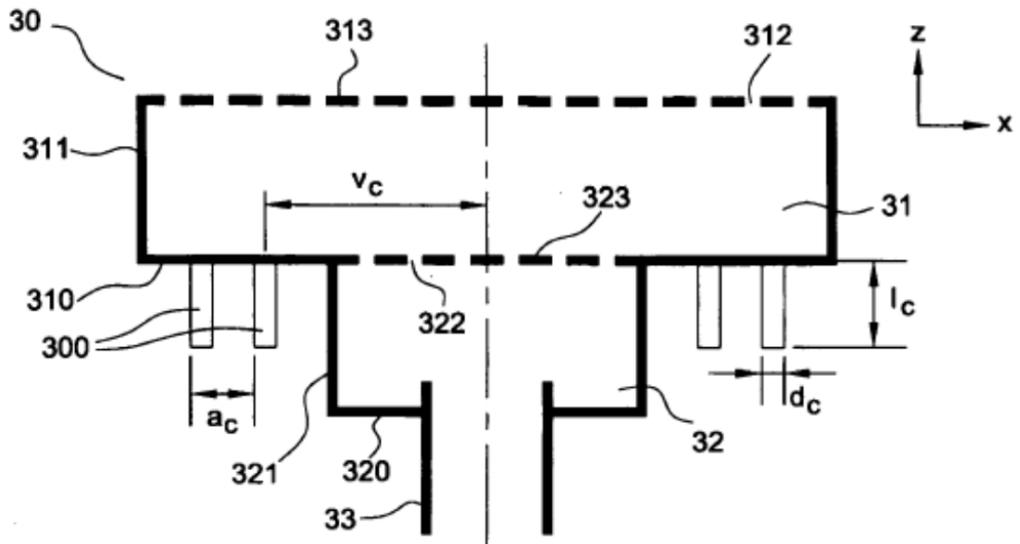


FIG.3a

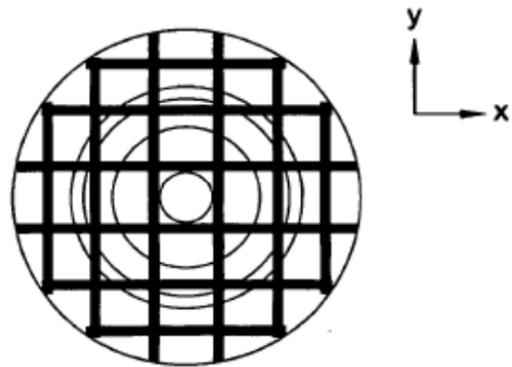


FIG.3b

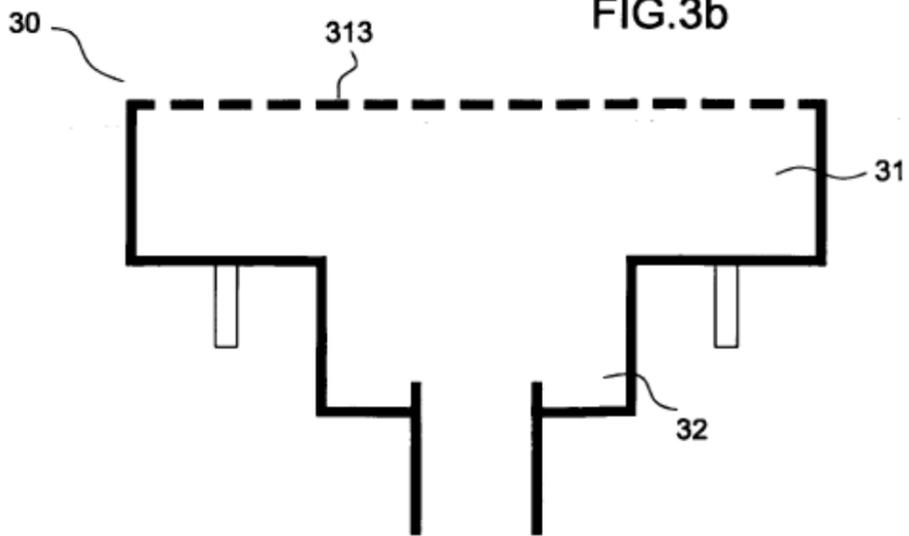


FIG.4

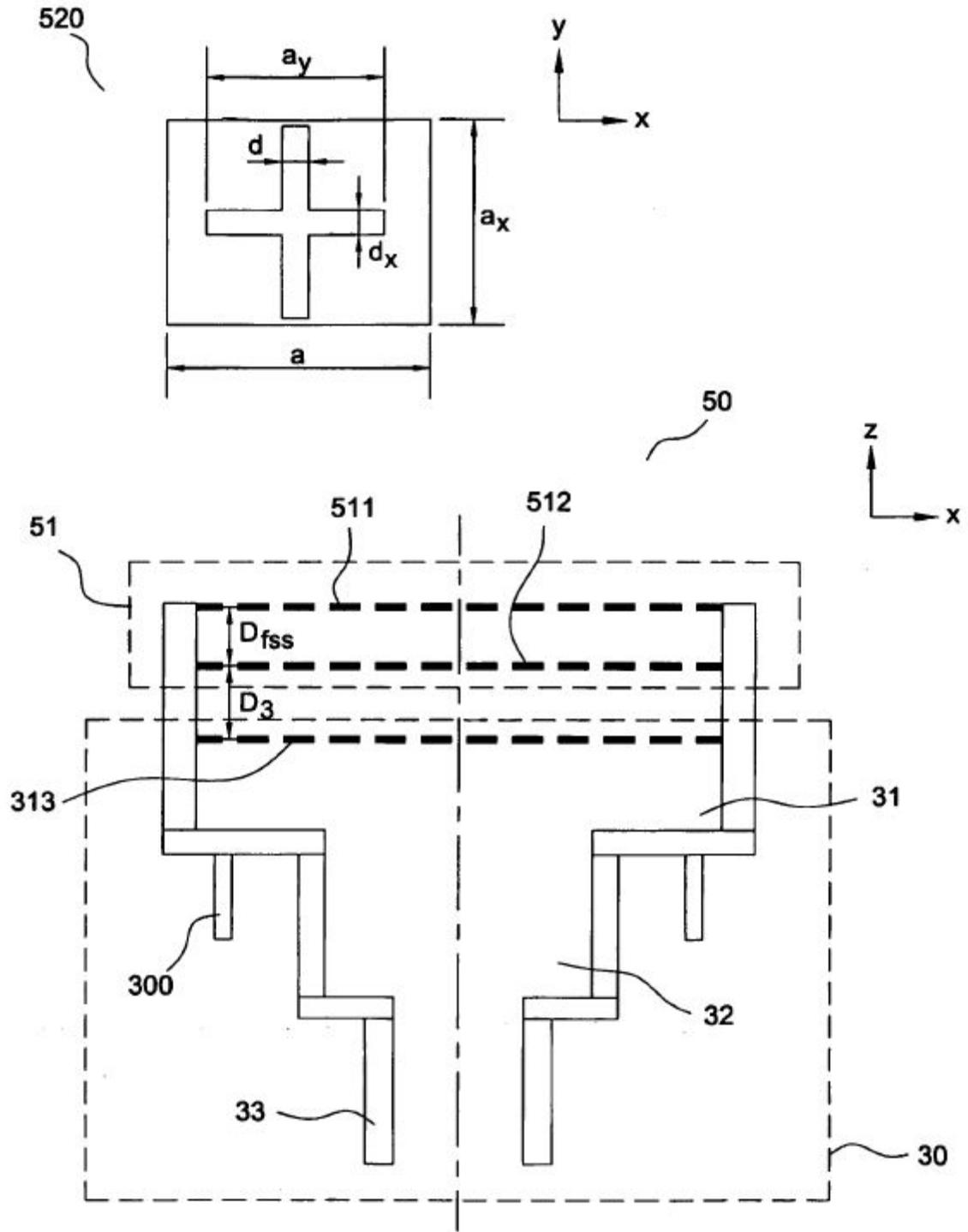


FIG.5

