

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 787 050**

51 Int. Cl.:

**H01Q 1/28** (2006.01)

**H01Q 13/28** (2006.01)

**H01Q 15/06** (2006.01)

**H01Q 21/00** (2006.01)

**H01P 5/19** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.07.2018 E 18185469 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.02.2020 EP 3435480**

54 Título: **Antena que integra lentes de retardo dentro de un distribuidor basado en divisores de guía de onda de placas paralelas**

30 Prioridad:

**27.07.2017 FR 1700799**

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

**14.10.2020**

73 Titular/es:

**THALES, TOUR CARPE DIEM (100.0%)  
Place des Corolles, Esplanade Nord  
92400 Courbevoie, FR**

72 Inventor/es:

**TUBAU, SÉGOLÈNE;  
LEGAY, HERVÉ;  
GIRARD, ETIENNE y  
FRAYSSE, JEAN-PHILIPPE**

74 Agente/Representante:

**GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo**

ES 2 787 050 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 que integra lentes de retardo dentro de un distribuidor basado en divisores de guía de onda de placas paralelas

La invención se refiere a una antena multihaz, aplicada en particular a las comunicaciones espaciales, y destinada a ser transportada a bordo de satélites o en estaciones terrestres. La antena puede funcionar tanto en modo de transmisión como de recepción, de manera recíproca. En la siguiente descripción, la antena multihaz funciona en modo de transmisión.

Las antenas multihaz se utilizan comúnmente en las comunicaciones espaciales, ya sea a bordo de un satélite (transmisión de datos de telemetría, telecomunicaciones), o en tierra (terminal de satélites o terminal de usuario de un sistema de telecomunicaciones). Entre las antenas multihaz, las antenas de aperturas lineales de radiación continua que utilizan un formador de haces de guía de ondas de placas paralelas permiten la formación de múltiples haces en un amplio sector angular. También funcionan en un ancho de banda muy amplio, debido a la ausencia de modos de propagación resonante. Así, es posible obtener una antena multihaz de apertura de radiación lineal continua que funciona simultáneamente a 20 y 30 GHz. Por último, son capaces de irradiar sobre un sector angular muy amplio, y tienen un rendimiento mucho mejor que los conjuntos de varios elementos radiantes.

Se sabe que utilizar un formador de haces cuasi-óptico basado en una lente, que realizará la colimación de los haces. Las fuentes del formador de haces cuasi-óptico basado en lentes generan ondas cilíndricas, el formador de haces las convertirá en ondas planas. Las figuras 1A y 1B ilustran tal formador de haz cuasi-óptico. Se utiliza una guía de ondas de placas paralelas 20 permite guiar las ondas en modo TEM (Transversal electromagnético), en el que el campo eléctrico E y el campo magnético H evolucionan en direcciones perpendiculares a la dirección de propagación. Los frentes de onda se curvan en el plano XZ; para compensar esta curvatura del frente de onda, se coloca al menos una lente, que puede ser de perfil recto o de perfil curvilíneo, introduciendo un retardo continuamente variable en la dirección X. La lente de perfil recto comprende una protuberancia 13 y una inserción 17. Se dice que la lente tiene un perfil recto porque la protuberancia y la inserción tienen un perfil recto y rectilíneo en el plano XZ. La altura de la protuberancia (según el eje y), que es mayor en el centro que en los lados, crea por lo tanto un mayor retraso en el centro 14 de la protuberancia que en los bordes laterales 15, 16, siendo las dimensiones de la protuberancia 13 tales que un frente de onda plano emerge del formador. Una lente de perfil recto permite convertir correctamente las ondas emitidas desde una sola fuente central 10 situada en el punto focal de la lente.

Por el contrario, cuando varias fuentes 10 se distribuyen alrededor de una fuente central 10<sub>c</sub>, de acuerdo con un perfil curvilíneo, para generar una pluralidad de haces, una lente de perfil recto puede inducir aberraciones de desenfoque debido a la distancia de las fuentes 10 del punto focal. Para resolver este problema, es posible utilizar una lente con un perfil llamado curvilíneo, por ejemplo parabólico o elíptico. Se dice que la lente tiene un perfil curvilíneo porque la excrecencia 13 y la inserción 17, además de tener una altura variable según el eje y (mayor en el centro que en los lados) tienen un perfil curvilíneo en el plano XZ, como se muestra en las figuras 1C y 1D. La lente de perfil curvilíneo, debido a su geometría, es capaz de convertir correctamente los frentes de onda cilíndricos emitidos por una pluralidad de fuentes 10 distribuidas igualmente de forma curvilínea en el plano XZ. El uso de lentes con un perfil curvilíneo permite beneficiarse de un mayor número de puntos focales y, por lo tanto, de una calidad de haces superior en un sector angular determinado. Los grados de libertad que permiten a un formador de haces tener múltiples puntos focales que son el contorno de las fuentes 10<sub>1</sub>, 10<sub>2</sub>, ..., 10<sub>m</sub>, y los contornos de entrada y salida de la excrecencia, que corresponden a los contornos interno y externo de la lente, respectivamente. El uso de las llamadas lentes de perfil curvilíneo, que tienen un contorno de entrada y salida variable en el plano XZ, añade así ventajosamente un grado adicional de libertad en comparación con las lentes de perfil recto. Esto significa que los haces emitidos por las fuentes excéntricas están mejor formados que con una lente de perfil recto.

Las figuras 2A y 2B ilustran el principio de funcionamiento de un formador de "pillbox", utilizado en una antena CTS del estado de la técnica, que se describe a continuación. Las ondas cilíndricas incidentes, emitidas por lo menos de una fuente 10, se emiten en una guía de ondas de placas paralelas inferior 21 y luego son reflejadas por un reflector, llamado unión de "pillbox" 23, a una guía de onda superior 22. La unión "pillbox" 23 tiene forma curva, por ejemplo, parabólica o elíptica. Obsérvese que la unión "pillbox" es un tipo de lente con un perfil recto, y el formador de unión "pillbox" cuasi-óptico es equivalente a un formador cuasi-óptico con una lente de perfil recto. Esto se debe a que la lente de perfil recto y la unión "pillbox" tienen la misma curvatura porque deben introducir el mismo retardo para convertir la onda cilíndrica en una onda plana. La única diferencia que puede ocurrir es que el formador puede tener un codo en ángulo recto antes y/o después de la lente de perfil recto que contiene, mientras que un formador de "pillbox" no tiene otro codo que el codo de altura variable de la unión.

El documento "Beam-Scanning Continuous Transverse Stub Antenna Fed by a Ridged Waveguide Slot Array", (Lu et al., IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, febrero 2017) y la solicitud de patente estadounidense 2006/202899 A1 revelan formadores cuasi-ópticos para una antena CTS. Los expertos en la materia pueden encontrar, en la solicitud de patente EP 3 113 286 A1, más detalles sobre los formadores de haces cuasi-ópticos que incluyen lentes de perfil recto y/o lentes de perfil curvilíneo .

Una abertura radiante, por ejemplo una bocina, se utiliza entonces para irradiar las ondas aplanadas por el formador de haces. Sin embargo, una bocina acoplado a una guía de ondas de placas paralelas tiene necesariamente una

- forma muy alargada según el eje X, y por lo tanto produce haces muy elípticos según el eje y. Por lo tanto, los haces tienen diferentes anchos, especialmente según los principales planos de radiación E y H, lo cual no es satisfactorio. Una medida conocida por el experto en la materia para obtener anchos de haz idénticos a lo largo de los dos planos E y H consiste por lo tanto en redes de bocinas longitudinales, dividiendo la guía de onda de placas paralelas del formador de haces en varias subguías. Así pues, las señales del formador de haces se dividen mediante un distribuidor, por ejemplo, basado en uno o más divisores en «T» de placas paralelas, y luego se irradian mediante una pluralidad de bocinas yuxtapuestas, generando así un haz circular, que es mucho más adecuado para las comunicaciones por satélite. Así, el distribuidor se utiliza para dividir la potencia a igual amplitud y fase para las diferentes bocinas.
- La disposición de un distribuidor a la salida de un formador de haz cuasi-óptico del tipo "pillbox" se conoce como antena CTS ("Continuous Transverse Stub"). El documento "Continuous Transverse Stub Array for Ka-Band Applications" (Ettore y otros, IEEE Transactions on antennas and propagation, vol. 63, no. 11, noviembre de 2015) describe dicha antena. La Figura 3A muestra una vista en perspectiva de una antena CTS, y la Figura 3B muestra una sección según el plano XZ. La antena CTS consta de una fuente 10, que puede ser una bocina de entrada, una guía de ondas de placas paralelas 20, una unión de "pillbox" 23, un distribuidor 1 y bocinas de radiación longitudinales 5. Cuando la fuente 10 se coloca en el centro de la guía de ondas de placas paralelas 20 según el eje Y, la anchura (dimensión según el eje Y) de las bocinas de radiación longitudinales 5 y del distribuidor 1 es generalmente igual a la del formador de "pillbox" según ese mismo eje. Las ondas emitidas desde la fuente central se reflejan poco o nada en los bordes del distribuidor 1, por lo que se produce poca reflexión en los bordes del distribuidor 1.
- La figura 4 muestra una vista esquemática, en despiece, de la antena CTS descrita en el documento "Continuous Transverse Stub Array for Ka-Band Applications" (Ettore et al., IEEE Transactions on antennas and propagation, vol. 63, nº 11, noviembre de 2015), y equipado con varias fuentes  $10_1, 10_2, \dots, 10_M$ . El uso de varias fuentes 10 permite generar tantas señales distintas y simultáneas que se propagan en direcciones diferentes pero coplanares, en el plano Xy dentro de la guía de ondas de la placas paralelas 20, luego en el plano XZ en el distribuidor 1 y después la emisión por las bocinas de radiación longitudinal 5. Cuando la antena está a bordo de un satélite, la pluralidad de fuentes 10 permite así cubrir simultáneamente distintas zonas de la superficie terrestre. Sin embargo, el uso de una pluralidad de fuentes de entrada 10 en la mencionada antena CTS tiene limitaciones.
- En primer lugar, la unión "pillbox" 23 tiene un solo punto focal. Como el enfoque sólo es perfecto para una fuente situada en el punto focal del reflector, las aberraciones de desenfoque aparecen para las fuentes 10 alejadas del punto focal del reflector. Estas aberraciones son el resultado de una imperfecta conversión de las ondas cilíndricas en ondas planas por el formador de "pillbox".
- Además, como se muestra en la figura 4, la onda emitida por una fuente excéntrica 10 y reflejada por la unión "pillbox" 23 en una dirección de muy mal apuntamiento se propaga oblicuamente en el distribuidor 1. Para evitar las reflexiones (simples o múltiples, de un lado a otro) de las ondas en los lados del distribuidor 1, es necesario entonces sobredimensionar el distribuidor 1 según el eje X. Este sobredimensionamiento 4 del distribuidor 1, que resulta en un sobredimensionamiento de las bocinas de radiación longitudinales 5 a lo largo de este mismo eje, tiene un costo en términos de masa a bordo, particularmente en un satélite. También depende del máximo ángulo de apuntamiento y de la longitud de propagación en el distribuidor 1. Es tanto más importante cuanto que se requiere una cobertura sobre un gran sector angular según el eje de la dimensión principal de las bocinas de radiación longitudinales 5, y como la longitud eléctrica del distribuidor 1 es importante.
- Por lo tanto, la invención tiene como objetivo evitar el sobredimensionamiento del distribuidor y de la abertura de radiación según el eje longitudinal de la abertura de radiación debido a las ondas emitidas por las fuentes de entrada excéntricas al punto focal del formador de haces cuasi-óptico. La invención también tiene por objeto, en ciertos modos de realización, evitar el enfoque imperfecto de los haces mal dirigidos.
- Por lo tanto, un objeto de la invención es un formador de haces cuasi-óptico que comprende un distribuidor de potencia compuesto de una sucesión de divisores de placas paralelas según una estructura de árbol en etapas que se extiende a lo largo de un plano YZ desde una primera etapa hasta una última etapa, las placas paralelas de dichos divisores tienen cada una una dimensión principal según un eje X ortogonal al plano YZ, cada divisor de placas paralelas comprende, en cada una de las etapas de la estructura de árbol situada debajo de una etapa superior, una primera y una segunda ramas de guía de ondas de placas paralelas que conducen a los respectivos divisores de placas paralelas de la siguiente etapa de la estructura del árbol, el formador de haces comprende además una pluralidad de lentes que se extienden longitudinalmente según el eje X sobre al menos una etapa del distribuidor de potencia, de manera que se aplica un retardo continuamente variable según el eje X, y se dispone en cada una de las ramas de los divisores de al menos una etapa del distribuidor de potencia.
- Ventajosamente, las lentes están dispuestas en una pluralidad de etapas del distribuidor de potencia y tienen alturas respectivas tales que el retardo continuamente variable se aplica progresivamente a las etapas del distribuidor de potencia.

Ventajosamente, las lentes están dispuestas en cada etapa del distribuidor de potencia.

Según una variante, las lentes sólo están dispuestas en la última etapa del distribuidor de potencia.

Ventajosamente, cada una de las lentes de una misma etapa es una lente de perfil recto.

Ventajosamente, cada una de las lentes de una misma etapa es una lente de perfil curvilíneo.

5 Ventajosamente el distribuidor de potencia consiste sólo en lentes de perfil recto, dispuestas en cada etapa del distribuidor de potencia.

Ventajosamente, el formador está conectado a una pluralidad de fuentes orientadas en diferentes direcciones según el plano XY, siendo cada una de las fuentes capaz de inyectar una onda en el distribuidor, las ondas se propagan respectivamente en dichas direcciones diferentes según el plano XY, las lentes se adaptan para colimar estas ondas.

10 La invención también se refiere a una antena multihaz que comprende al menos un formador de haces cuasi-óptico como se describió anteriormente, y que además comprende una pluralidad de bocinas de radiación, estando cada bocina de radiación conectada a una rama de la última etapa del distribuidor de potencia.

Ventajosamente la antena multihaz incluye un polarizador configurado para polarizar circularmente las ondas emitidas por la antena de acuerdo a una polarización lineal.

15 Otras características, detalles y ventajas de la invención serán evidentes al leer la descripción hecha con referencia a los dibujos anexos dados como ejemplos y que representan, respectivamente:

- la Figura 1A: un formador de haces cuasi-óptico con una lente del estado de la técnica;
- la figura 1B: una lente de perfil recto de un formador de haces cuasi-óptico con lente del estado de la técnica;
- las figuras 1C y 1D: un formador de haces cuasi-óptico con una lente de perfil curvilíneo del estado de la técnica;
- 20 • la figura 2A: un formador de "pillbox" del estado de la técnica;
- la figura 2B: una sección según el plano "A-A" del formador de "pillbox" que se muestra en la figura 2A ;
- la figura 3A: vista en perspectiva de una antena CTS del estado de la técnica;
- la figura 3B: una vista según el plano YZ de la antena CTS mostrada en la Figura 3A ;
- la Figura 4: una vista en despiece de la antena CTS de las Figuras 3A y 3B ;
- 25 • la figura 5: una ilustración esquemática de las trayectorias eléctricas recorridas en el formador de haces de las figuras 3A y 3B;
- la figura 6A: una ilustración esquemática de un primer modo de realización de la invención;
- la figura 6B: una sección según el plano YZ última etapa del formador de haces según el primer modo de realización
- 30 • la figura 7A: una ilustración esquemática de un segundo modo de realización de la invención;
- la figura 7B: una sección según el plano YZ de la última etapa del formador de haces según el segundo modo de realización;
- la figura 7C: una sección según el plano YZ de la última etapa del formador de haces según el segundo modo de realización;
- 35 • la Figura 8: una ilustración de la antena según el segundo modo de realización de la invención;
- la figura 9: Una ilustración esquemática de un tercer modo de realización de la invención;

40 La figura 5 ilustra esquemáticamente las trayectorias eléctricas en el formador de haces del estado de la técnica, también se muestra en las figuras 3A y 3B. En un formador de haces del estado de la técnica, las ondas de las fuentes 10 recorren una longitud eléctrica L1 y luego se convierten en una onda plana a través de la unión "pillbox" 23. La fuente central de 10<sub>C</sub> debe ser posicionada en el punto focal de la unión "pillbox" 23. El formador de "pillbox", que consiste en la guía de ondas de placas paralelas 20 y la unión "pillbox" 23, definen así una longitud eléctrica L1. La longitud eléctrica L2 que queda por recorrer en el distribuidor de potencia 1, que depende del número de elementos radiantes y de la separación entre los elementos radiantes, es del mismo orden de magnitud que L1. Sobre la base de esta observación, los inventores proponen convertir las ondas cilíndricas en ondas planas dentro del distribuidor 1, y

antes de las bocinas 5 (según un primer y un segundo modo de realización) o de manera progresiva (según un tercer modo de realización).

La figura 6A muestra un primer modo de realización, en el que la conversión de las ondas se realiza en la última etapa del distribuidor 1. Las fuentes 10 emiten ondas, con frentes de onda cilíndricos, al distribuidor de potencia 1. El distribuidor de potencia 1 consiste en una pluralidad de etapas  $e_1, \dots, e_N$ . En la primera etapa  $e_1$ , que está conectada directamente con las fuentes 10, posiblemente a través de un codo de  $90^\circ$  en ángulo recto, hay un divisor de placas paralelas 3, que consiste en dos ramas B1 y B2. Cabe señalar que el codo en ángulo recto no añade ninguna longitud adicional al formador, por lo que los codos rectos en ángulo recto no tienen ningún impacto en la estructura. El divisor de placas paralelas 3 está configurado para distribuir el campo eléctrico E de las fuentes 10. Los divisores de placas paralelas 3 pueden ser desequilibrados para cambiar la división de la potencia y así controlar la distribución de la potencia en las bocinas 5.

Como se muestra en la figura 6B, en la última etapa del distribuidor, a la salida de cada rama B1, B2 de cada divisor 3 de esta etapa, posiblemente conectada a través de un codo de  $90^\circ$  18, hay una lente de perfil recto 6. La lente de perfil recto 6 puede comprender una protuberancia 13 con una inserción 17, por ejemplo metálica, dispuesta entre las placas paralelas de cada una de las ramas B1 y B2, justo antes de las bocinas 5. Las dimensiones de la protuberancia pueden definirse por una variación en la altura del inserto según el eje y (véase la figura 1B). Típicamente, la altura de la protuberancia 13 puede ser cero o casi cero en los extremos de la lente según el eje X, mientras que puede ser máxima en el centro de la lente según el mismo eje. La inserción puede tener, particularmente, forma de «I».

De acuerdo con este primer modo de realización, el distribuidor 1 divide en cada etapa  $e_1, \dots, e_N$  el campo eléctrico E de las ondas, cuyo frente de onda permanece cilíndrico en el distribuidor. Esta distribución de ondas cilíndricas genera mucho menos reflejos en los bordes del distribuidor 1 para las ondas procedentes de las fuentes peor dirigidas, con respecto a la antena CTS del estado de la técnica. En efecto, en la antena CTS del estado de la técnica, las ondas cilíndricas (en el formador) y luego las ondas planas (en el distribuidor) se propagan a gran distancia (longitud del formador añadida a la longitud del distribuidor), mientras que según la invención, las ondas se propagan en el distribuidor directamente desde las fuentes, sólo a una longitud correspondiente a la del formador de haces. Por lo tanto, la distancia de propagación de las ondas es más corta. Así, un sobredimensionamiento del distribuidor 1 y de las bocinas 5 según el eje X, destinado a evitar las reflexiones según el estado de la técnica, ya no es necesario con la antena según la invención. Así, según este primer modo de realización, se obtiene una ganancia en la compacidad según el eje X en comparación con la antena CTS del estado de la técnica.

Por otro lado, las lentes con un perfil recto 6, que tienen una sola protuberancia, tienen una dimensión reducida según el eje Z; por lo tanto, tiene un perfil bajo según el mismo eje. Sin embargo, este modo de realización requiere un cierto espacio entre las bocinas 5, según el eje y, debido a la altura de las lentes de perfil recto 6.

La figura 7A muestra un segundo modo de realización, en el que la conversión de onda se realiza en la última etapa del distribuidor 1. Las fuentes 10 emiten ondas cilíndricas en el distribuidor de potencia 1. El distribuidor de potencia 1 está compuesto por una pluralidad de etapas  $e_1, \dots, e_N$ . En la primera etapa  $e_1$ , que está conectada directamente a las fuentes 10, posiblemente a través de un codo de  $90^\circ$ , hay un divisor de placas paralelas 3, que consiste en dos ramas B1 y B2. El divisor de placas paralelas 3 está configurado para distribuir el campo eléctrico E de las fuentes 10. En la última etapa del distribuidor, a la salida de cada divisor de esta etapa, posiblemente conectado por un codo de  $90^\circ$ , hay una lente con un perfil curvo 7. Al igual que en el primer modo de realización, las ondas se propagan en el distribuidor directamente desde las fuentes, sólo a lo largo de una longitud correspondiente a la del formador de haces. De esta manera, también se consigue una ganancia de superficie según el eje X en este segundo modo de realización, en comparación con la antena CTS del estado de la técnica. Además, al añadir un grado de libertad con respecto al primer modo de realización, es posible proporcionar al formador de haces una pluralidad de puntos focales.

Para este segundo modo de realización, la conversión de las ondas cilíndricas sólo se realiza en la última etapa  $e_N$ . Por lo tanto, la altura (según el eje Y) de ciertas protuberancias de la lente de perfil curvilíneo impone un espacio entre las bocinas 5. Así, en este segundo modo de realización, el espacio entre las bocinas 5 está impuesto por la altura de las lentes, como en el primer modo de realización descrito anteriormente.

Las figuras 7B y 7C muestran dos secciones, según el plano YZ, de lentes de perfil curvilíneo 7 dispuestas la última etapa del distribuidor en dos lugares diferentes de la lente 7 según el eje X. La lente de perfil curvilíneo 7 está colocada entre las placas paralelas de cada una de las ramas B1 y B2, justo antes de las bocinas 5. La lente de perfil curvilíneo 7 puede comprender una protuberancia 13, plegada sobre sí misma, que tiene una porción  $p_1$  que se extiende según el eje Y, una porción  $p_2$  que se extiende según el eje Z y una porción  $p_3$  que se extiende según el eje Y. La distancia de separación d entre las dos porciones plegadas  $p_1$  y  $p_3$  que se extienden según el eje Y aumenta desde los extremos de la lente según el eje X (Fig. 7B), hasta alcanzar un máximo en el centro de la lente (Fig. 7C). La altura de la protuberancia según el eje y también varía; puede ser cero o casi cero en los extremos de la lente según el eje X, mientras que puede ser máxima en el centro de la lente según este mismo eje.

La figura 8 muestra dicha antena, incluyendo el distribuidor de potencia 1, las lentes 7 y las bocinas 5. Parece que esta antena es mucho menos compacta según el eje Z que el primer modo de realización debido a las dimensiones de las lentes de perfil curvilíneo 7.

La figura 9 ilustra un tercer modo de realización de la invención. Las fuentes 10 emiten ondas cilíndricas al distribuidor de potencia 1. El distribuidor de potencia 1 está compuesto por una pluralidad de etapas  $e_1, \dots, e_N$ . En la primera etapa  $e_1$ , que está conectada directamente a las fuentes 10, posiblemente a través de un codo de  $90^\circ$ , hay un divisor de placas paralelas 3, que consiste en dos ramas B1 y B2. El divisor de placas paralelas 3 está configurado para distribuir el campo eléctrico E de las fuentes 10.

Las lentes utilizadas en el tercer modo de realización pueden tomar la forma de lentes de perfil recto con una protuberancia (ver Figura 1B) en cada una de las ramas B1, B2 de cada divisor. Cada una de las ramas de la etapa  $e_1$  conduce a un divisor en una etapa superior  $e_2$ . Así, un divisor de placas paralelas 3 está conectado a la primera rama B1. A su vez, comprende dos ramas B1 y B2, cada una de las ramas B1 y B2 de este divisor de placas paralelas 3 también comprende una lente de perfil recto 6. El distribuidor 1 está definido por una estructura de árbol, donde las lentes de perfil recto se encuentran en cada etapa del distribuidor 1 en las ramas B1 y B2. Alternativamente, la protuberancia puede integrarse en la unión de las ramas B1 y B2; el contorno de la unión ya no es rectilíneo, y debe ser modificado para integrar el retraso que debe realizar la protuberancia.

Como en el primer y segundo modo de realización, las ondas se propagan en el distribuidor directamente desde las fuentes, sólo en una longitud correspondiente a la del formador de haces. Según este tercer modo de realización también se obtiene una ganancia de superficie según el eje X en comparación con la antena CTS del estado de la técnica.

Tal disposición ofrece rendimientos de mal apuntamiento similares al segundo modo de realización, y por lo tanto mucho mejores que los formadores de haces del estado de la técnica. En efecto, al convertirse en ondas planas de forma progresiva, no hay reflejos en los bordes del distribuidor 1, al contrario de lo que sucede cuando hay ondas planas fuertemente inclinadas en el distribuidor 1. La multiplicidad de excrecencias permite distribuir y fraccionar, entre las distintas excrecencias, los retardos a realizar, y así obtener un gradiente de retardo, es decir, un retardo en función de la posición de la onda según el eje Z. En cuanto al segundo modo de realización, este aumento del número de grados de libertad en comparación con el primer modo de realización evita las aberraciones vinculadas a las ondas procedentes de fuentes muy desapuntadas, sobre un gran sector angular. De esta manera es posible proporcionar al formador de haces una pluralidad de puntos focales. Además, la distribución de las lentes 6 reduce la amplitud de los retrasos a realizar en cada excrecencia, y por lo tanto limita su tamaño.

El tercer modo ha sido descrito con lentes de perfil recto 6, incluyendo uniones "pillbox", que son un cierto tipo de lentes de perfil recto, como se describe arriba. También puede ser posible distribuir las lentes de perfil curvilíneo 7 (véase las figuras 1C y 1D) en el distribuidor de acuerdo con el tercer modo de realización, pero teniendo en cuenta el gran volumen de las lentes curvilíneas 7. Esta disposición que distribuye progresivamente las lentes curvilíneas 7 según el tercer modo de realización permite añadir grados adicionales de libertad en caso de que el uso de lentes de perfil recto no sea suficiente para proporcionar un buen rendimiento.

A la salida del distribuidor hay una pluralidad de bocinas de radiación 5, estando cada bocina de radiación 5 conectada a una rama (B1, B2) de la última etapa del distribuidor de potencia  $e_N$ . Cada bocina de radiación 5 está configurada para irradiar el mismo campo. Alternativamente, las bocinas de irradiación 5 pueden tener diferentes niveles de potencia para reducir el nivel de los lóbulos de la red. Los haces así generados se afinan en el plano E, y pueden ser circulares, por lo que son particularmente adecuados para las telecomunicaciones espaciales. Como la conversión es gradual, el retraso que se aplicará a la última etapa  $e_N$  en este modo de realización es menor que el aplicado en los dos modos anteriores. Así, contrariamente a los dos primeros modos de realización, la baja altura de las lentes 6 (según el eje y) en la última etapa  $e_N$  permite que las bocinas de radiación 5 estén suficientemente cerca unas de otras según el eje y, limitando así los problemas causados por los lóbulos de la red.

Preferentemente, las alturas de cada una de las lentes de las ramas B1, B2 de una misma etapa son idénticas, de modo que el retardo se aplica de manera uniforme y equitativa en cada etapa, y los diferentes haces transmitidos a las bocinas están bien en fase, mejorando así la calidad de los haces sobre un determinado sector angular.

Se pueden prever otros modos de realización, en particular colocando en una etapa una o más lentes con un perfil curvilíneo 7 y una o más lentes con un perfil recto 6.

Una limitación de las antenas de red de aperturas de radiación lineales es la polarización de la onda radiada. La polarización es lineal, y orientada en la dirección ortogonal a las placas paralelas. Sin embargo, muchas aplicaciones, especialmente en las comunicaciones espaciales, requieren una radiación de polarización circular. Para este propósito, la antena que es el objeto de la invención comprende ventajosamente un polarizador configurado para polarizar circularmente las ondas emitidas por la antena según una polarización lineal. Un llamado polarizador de septo puede ser integrado en la antena; alternativamente, un radomo polarizador 18, representado esquemáticamente en la figura 9, puede cubrir la antena según la invención.

**REIVINDICACIONES**

- 5 **1.** Formador de haces cuasi-óptico que comprende un distribuidor de energía (1) compuesto por una sucesión de divisores de placas paralelas (3) en una estructura de árbol con etapas que se extienden a lo largo de un plano YZ desde una primera etapa ( $e_1$ ) hasta una última etapa ( $e_N$ ), las placas paralelas de dichos divisores tienen cada una una dimensión principal a lo largo de un eje X ortogonal al plano YZ, comprendiendo cada divisor de placas paralelas (3), en cada una de las etapas de la estructura del árbol debajo de una etapa superior, una primera (B1) y una segunda (B2) rama de guía de ondas de placas paralelas que conducen a los respectivos divisores de placas paralelas (3) de la etapa siguiente de la estructura del árbol, caracterizado porque comprende además una pluralidad de lentes (6, 7) que se extienden longitudinalmente según el eje X sobre al menos una etapa del distribuidor de energía (1), de manera que se aplica un retardo continuamente variable según el eje X, y dispuestas en cada una de las ramas (B1, B2) de los divisores (3) de al menos una etapa del distribuidor de energía (1).
- 10 **2.** Formador de haces cuasi-óptico según la reivindicación 1, cuyas lentes (6, 7) están dispuestas en una pluralidad de etapas ( $e_1, \dots, e_N$ ) del distribuidor de energía (1) y tienen alturas respectivas tales que el retardo continuamente variable se aplica progresivamente a las etapas del distribuidor de energía (1).
- 15 **3.** Formador de haces cuasi-óptico según una de las reivindicaciones anteriores, estando las lentes (6, 7) dispuestas en cada etapa ( $e_1, \dots, e_N$ ) del distribuidor de energía (1).
- 4.** Formador de haces cuasi-óptico según la reivindicación 1, estando las lentes (6, 7) dispuestas sólo en la última etapa ( $e_N$ ) del distribuidor de energía (1).
- 20 **5.** Formador de haces cuasi-óptico según una de las reivindicaciones anteriores, siendo cada una de las lentes (6, 7) de una misma etapa una lente de perfil recto (6).
- 6.** Formador de haces cuasi-óptico según una de las reivindicaciones 1 a 5, siendo cada una de las lentes (6, 7) de una misma etapa una lente de perfil curvilíneo (7).
- 7.** Formador de haces cuasi-óptico según la reivindicación 5, en la que el distribuidor de energía (1) está compuesto sólo por lentes de perfil recto (6) dispuestas en cada etapa ( $e_1, \dots, e_N$ ) del distribuidor de energía (1).
- 25 **8.** Formador de haces cuasi-óptico según una de las reivindicaciones anteriores, estando dicho formador conectado a una pluralidad de fuentes (10) orientadas en diferentes direcciones según el plano XY, siendo cada una de las fuentes (10) capaz de inyectar una onda en el distribuidor (1), las ondas se propagan respectivamente en dichas direcciones diferentes según el plano XY, estando las lentes (6, 7) adaptadas para colimar estas ondas.
- 30 **9.** Antena multihaz que comprende al menos un formador de haces cuasi-óptico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, y que además comprende una pluralidad de bocinas de radiación (5), estando cada bocina de radiación (5) conectada a una rama (B1, B2) de la última etapa del distribuidor de energía ( $e_N$ ).
- 10.** Antena multihaz según la reivindicación anterior, que comprende un polarizador (18) configurado para polarizar circularmente las ondas emitidas por la antena según una polarización lineal.

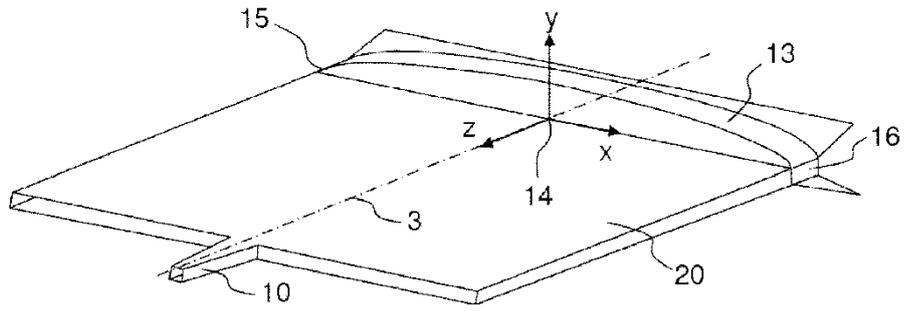


FIG. 1A

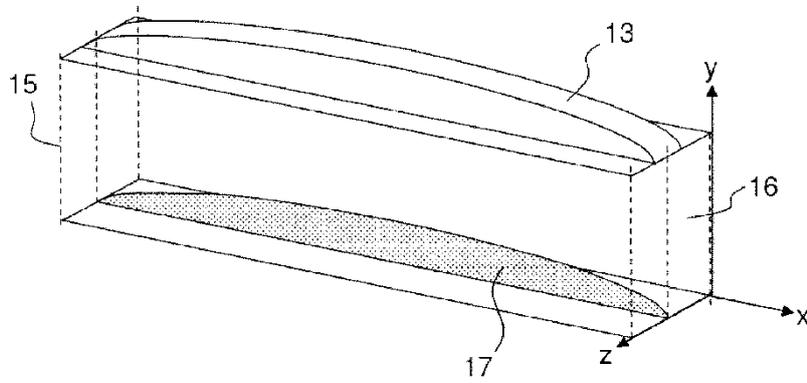


FIG. 1B

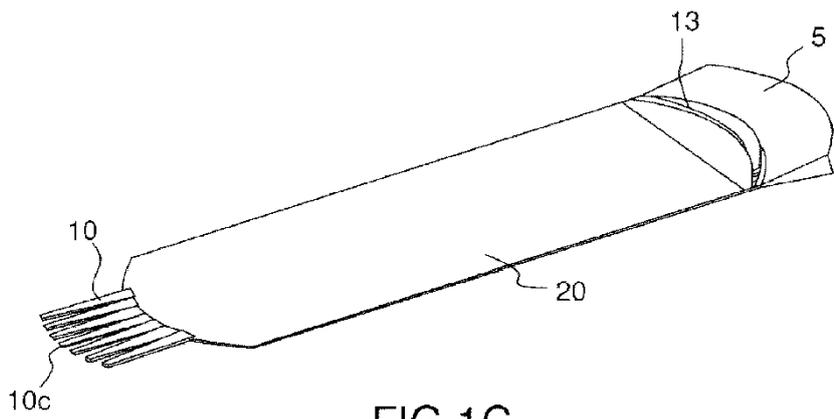


FIG. 1C

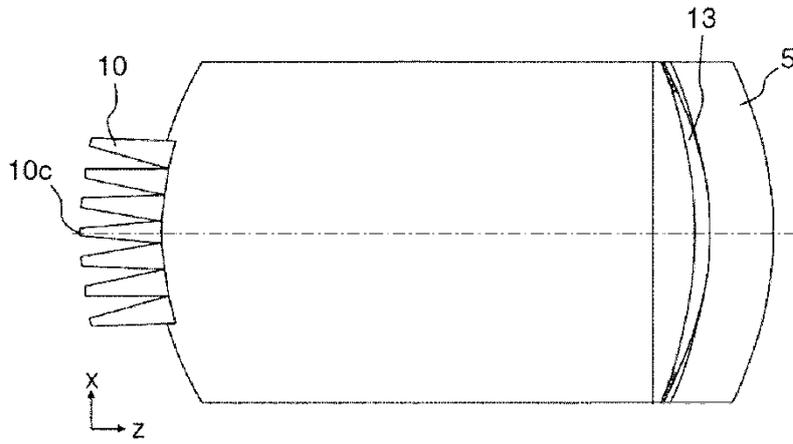


FIG. 1D

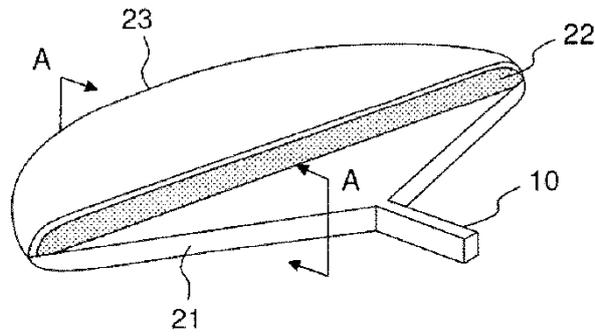


FIG. 2A

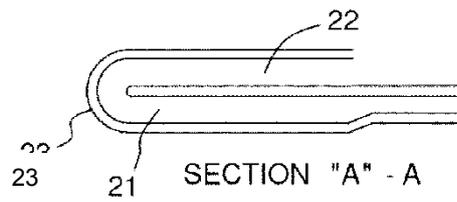


FIG. 2B

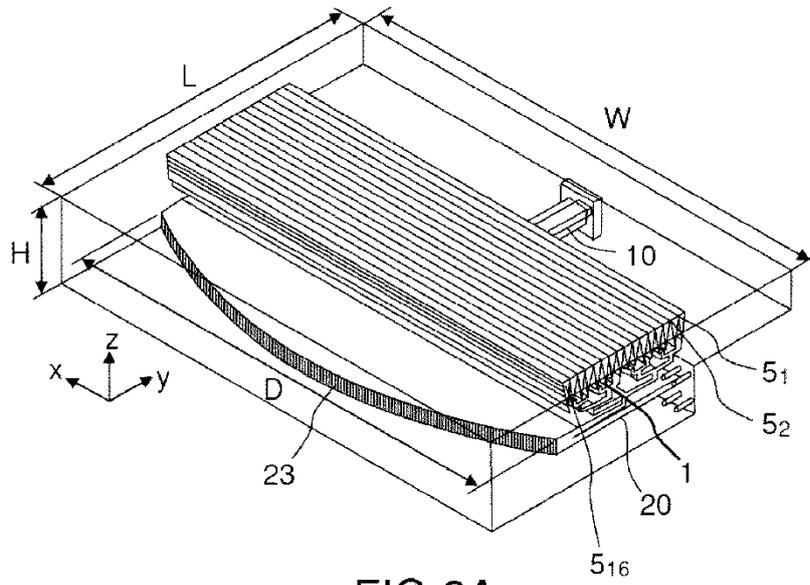


FIG.3A

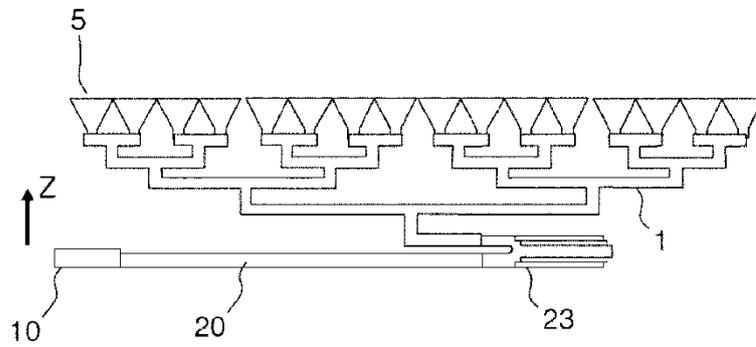


FIG.3B

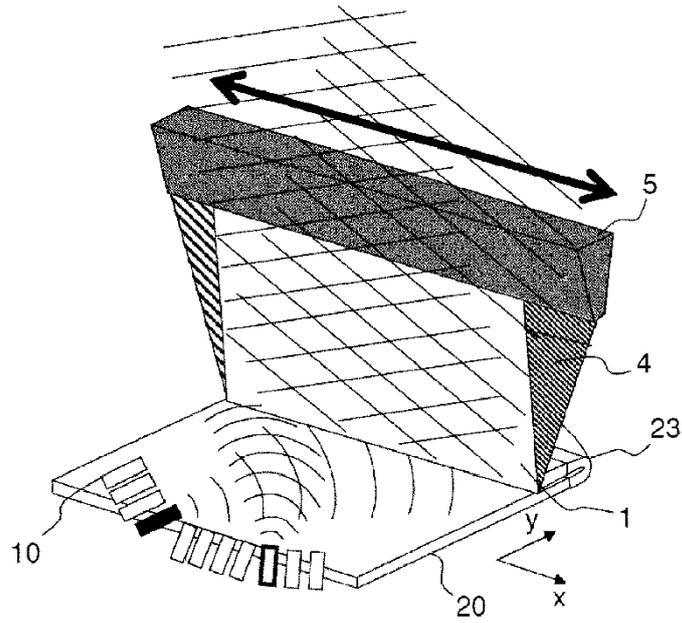


FIG.4

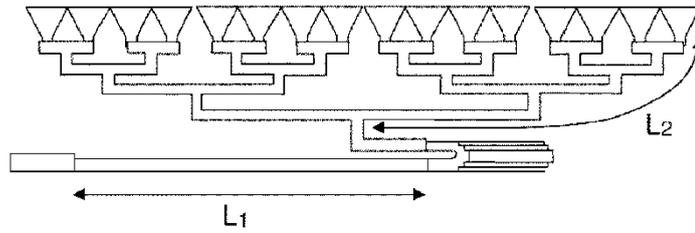


FIG.5

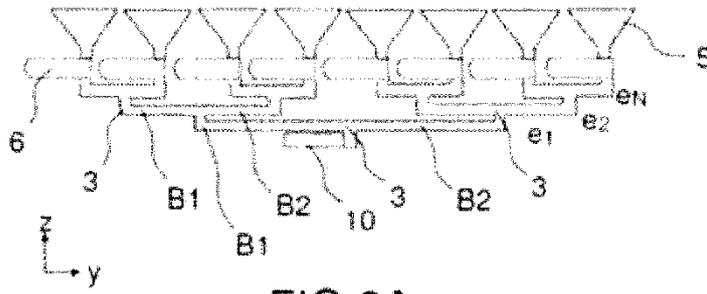


FIG. 6A

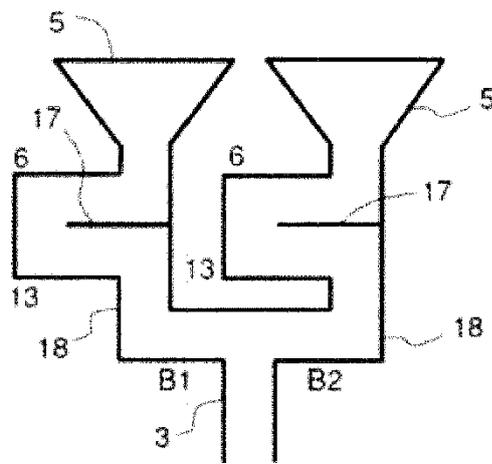


FIG. 6B

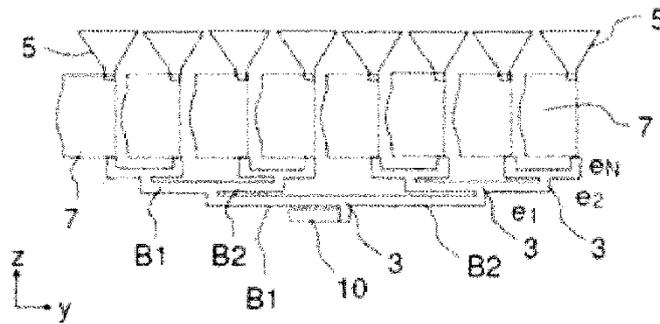


FIG. 7A

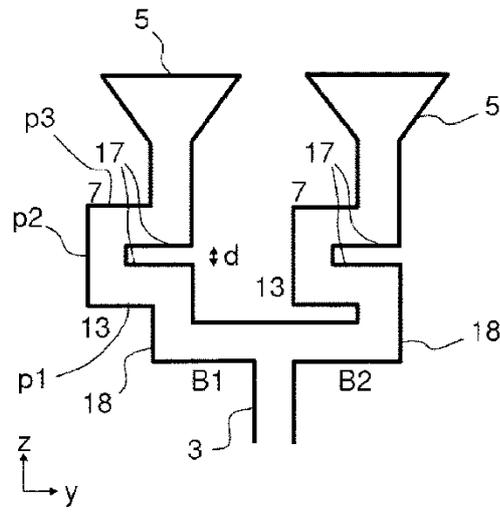


FIG. 7B

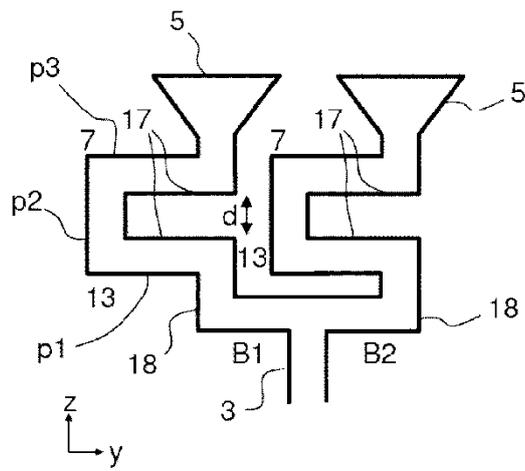


FIG. 7C

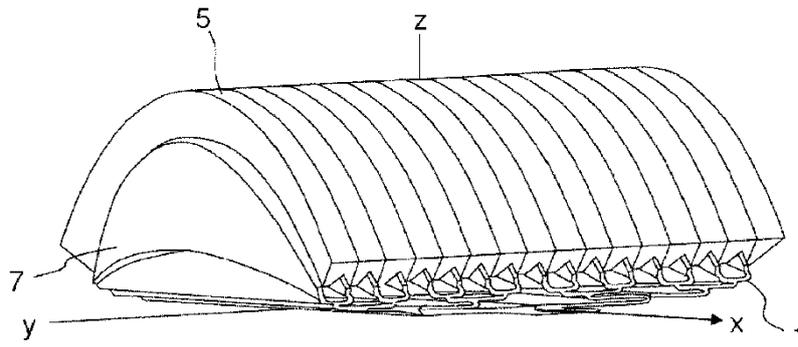


FIG. 8

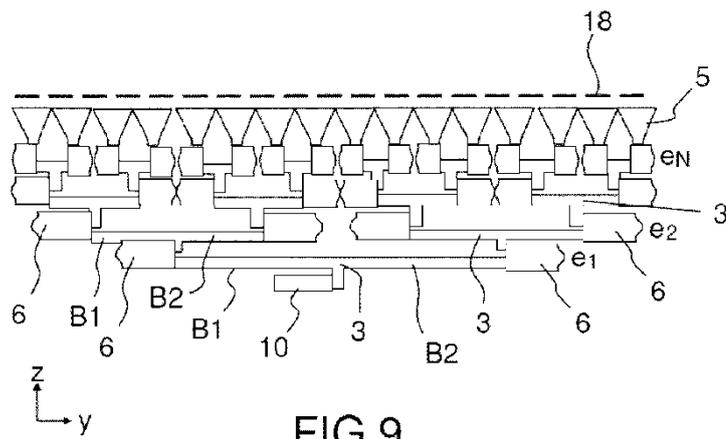


FIG. 9