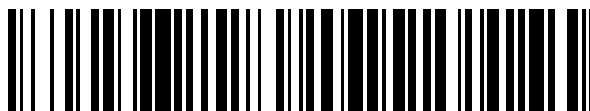


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 773 120**

51 Int. Cl.:

**H01Q 1/28** (2006.01)  
**H01Q 25/00** (2006.01)  
**H01Q 21/06** (2006.01)  
**H01Q 19/17** (2006.01)  
**H01Q 19/13** (2006.01)  
**H04B 7/185** (2006.01)  
**H01Q 13/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.07.2013 E 13176686 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.12.2019 EP 2688142**

54 Título: **Antena de emisión y de recepción multihaz de varias fuentes por haz, sistema de antenas y sistema de telecomunicación por satélite que comprende dicha antena**

30 Prioridad:

**20.07.2012 FR 1202061**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**09.07.2020**

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)  
Tour Carpe Diem, Place des Corolles, Esplanade  
Nord  
92400 Courbevoie , FR**

72 Inventor/es:

**BOSSHARD, PIERRE;  
LEPELTIER, PHILIPPE;  
PRESSENSE, JUDICAËL y  
CHARRAT, BERNARD**

74 Agente/Representante:

**GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo**

ES 2 773 120 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 de emisión y de recepción multihaz de varias fuentes por haz, sistema de antenas y sistema de telecomunicación por satélite que comprende dicha antena

5 La presente invención se refiere a una antena de emisión y de recepción multihaz de varias fuentes por haz (en inglés: *Multiple Feeds Per Beam*), un sistema de antenas de emisión y de recepción de formación de haces contiguos y un sistema de telecomunicación por satélite que comprende dicho sistema de antena. Se aplica en particular al campo de las telecomunicaciones por satélite y en particular a la optimización de recursos de un satélite para la reutilización de frecuencia en un esquema denominado de cuatro colores.

10 Las antenas multihaz consideradas están compuestas de al menos un reflector, por ejemplo un paraboloide asimétrico de alimentación desfasado con respecto a los haces radiados denominado paraboloide offset, y de una red de fuentes primarias colocadas en el foco del reflector. Cada fuente primaria está constituida de un elemento radiante, por ejemplo del tipo de cornete o de cualquier otro tipo conocido, y de una cadena de radiofrecuencia RF que alimenta el elemento radiante

15 En el caso clásico, a cada fuente de red focal se corresponde un fino radiado por la antena y una zona de cobertura al suelo denominada punto. Es posible obtener una radiación de la antena por haces múltiples si los haces elementales son acoplados unos con respecto a otros, el desacoplamiento puede ser espacial u obtenerse por la utilización de polarizaciones ortogonales o de frecuencias diferentes entre dos haces adyacentes como se describe por ejemplo en el documento EP 2 099 142. Las leyes geométricas permiten proteger las curvaturas terrestres deseadas en el plano focal de la antena y de situar correctamente el centro de fase de cada fuente primaria correspondiente a cada punto. Cuando la cobertura está compuesta de puntos regularmente dispuestos en el suelo, la separación entre dos puntos adyacentes impone directamente el espacio que separa dos fuentes adyacentes en el plano focal.

20 La elaboración de un gran número de haces finos contiguos implica realizar una antena que comprende un gran número de elementos radiantes elementales, colocados en el plano focal de un reflector parabólico. En el caso de una antena clásica en configuración SFPB (en inglés: *Single Feed Per Beam*) correspondiente a una fuente por haz, el volumen asignado para el emplazamiento de una cadena de radiofrecuencia RF encargada de asegurar las funciones de emisión y de recepción en bipolarización circular es limitado por la superficie radiactiva de un elemento radiante.

30 Esta configuración en la que cada fuente, constituida de un elemento radiante acoplado a una cadena de radiofrecuencia, elabora un haz, cada haz formado es emitido por ejemplo por un cornete dedicado que constituye el elemento radiante elemental y la cadena de radiofrecuencia realiza, para cada haz, las funciones de emisión/recepción en monopolarización en una banda de frecuencias elegido en función de las necesidades de los usuarios. Para obtener una buena eficacia de radiación de los puntos, los cornetes de las redes radiantes deben beneficiarse de un espacio suficiente que les permita ser lo suficientemente directivos con el fin de iluminar el borde de los reflectores con niveles suficientemente bajos y permite por tanto limitar las pérdidas por desbordamiento (en inglés: *spill over*). Al estar los puntos entrelazados, el espacio entre dos fuentes de una antena no puede ser compatible con las dimensiones físicas de los cornetes para alcanzar los rendimientos de radiofrecuencia deseados. Por ejemplo, este es el caso para tamaños de puntos inferiores a 1°. Para resolver este problema, se elige generalmente utilizar tres o cuatro antenas diferentes que realicen cada una un tercio, o respectivamente un cuarto de la cobertura. Por tanto, dos puntos adyacentes de la cobertura no se realizan por la misma antena. Cuando no hay restricciones en la disposición de la red de antenas, esta configuración permite generalmente obtener rendimientos de antenas muy eficaces. Sin embargo, cuando el diámetro de los haces disminuye, las restricciones geométricas aumentan y no es posible tener un espacio suficiente para implantar cada cornete a pesar de la compartición de la cobertura en tres o cuatro antenas. Para puntos muy finos de tamaños comprendidos entre 0,2° y 0,4°, el espacio asignado a cada fuente de red focal se hace muy pequeño y el reflector es visto por cada fuente de la red focal bajo un ángulo subtendido no permitiendo a las fuentes la directividad suficiente para evitar las pérdidas por desbordamiento.

50 Una segunda configuración de antena permite elaborar un gran número de haces finos contiguos y utilizar un sistema de dos antenas en configuración MFPB (en inglés: *Multiple Feed Per Beam*) que utilizan varias fuentes por haz, como se describe por ejemplo en el documento "antennas for multiple spot beam satellites", MICHAEL SCHNEIDER y otros, CEAS SPACE JOURNAL, SPRINGER WIEN, AUSTRIA, vol.2, No.1-4, 10 de agosto de 2011, páginas 59-66. Generalmente, la primera antena Tx funciona en la emisión, la segunda antena Rx funciona en la recepción, y para cada antena, cada haz es formado combinando las señales emitidas de varias fuentes elementales adyacentes, siendo reutilizadas ciertas de estas fuentes para elaborar haces contiguos. Se obtiene una eficacia de radiación satisfactoria gracias a la reutilización de las fuentes que participan en la formación de varios haces, lo que permite aumentar la superficie de radiación asignada a cada haz y disminuir las pérdidas por desbordamiento. Cuando las fuentes son compartidas entre varios haces de la misma frecuencia de la misma polarización, es posible crear una condición de independencia entre los haces que comparten los elementos radiantes imponiendo la formación de leyes denominadas ortogonales. La ortogonalidad es realizada utilizando acopladores directivos que aislen dos a dos los circuitos de distribución de la red de formación de haces BFN (en

inglés: *Beam Forming Network*) que comparten los mismos elementos radiantes. No obstante, las restricciones de ortogonalidad provocan una deformación de los diagramas de radiación de las antenas y un aumento de las pérdidas óhmicas de los circuitos de recombinación relacionado con la complejidad de los circuitos de distribución. Las pérdidas acumuladas son a menudo importantes, es decir del orden de 1dB. Además, es necesario limitar la complejidad de los formadores de haz en una tasa de reutilización de dos elementos radiantes por punto. Esto conduce a separar físicamente los circuitos de combinación de dos haces adyacentes de una distancia correspondiente a dos elementos radiantes adyacentes. Para puntos que tengan una separación angular comprendida entre 0,2° y 0,3°, la longitud focal aparente puede ser muy importante, por ejemplo del orden de 10 metros. Finalmente, la reutilización de fuentes durante la elaboración de dos haces adyacentes presenta inconvenientes importantes relacionados con la ocupación del espacio de los circuitos de combinación, con la masa del formador de haz y con la complejidad de la formación de las leyes de amplitud y de fase de cada antena. De hecho, para una reutilización de dos fuentes por polarización, el número de cadenas de radiofrecuencia RF elementales aumenta en un factor superior a cuatro con el número de puntos a formar. Por tanto, para 100 puntos, hace falta un número de cadenas de RF superior a 400 elementos radiantes lo que necesita una superficie en el plano focal del orden de 500mm\*500mm. La masa y el volumen del formador de haces se hacen por tanto inmanejables.

Se conoce del documento GB 2 189 080 realizar una antena de microcinta de varias fuentes por haz que funcionan en emisión y recepción en dos sentidos de polarizaciones circulares, no obstante, esta antena sólo permite un funcionamiento en dos colores, sólo realiza la compartición de fuentes en una sola dirección del espacio y no permite por tanto una buena superposición de los haces en las dos direcciones del espacio.

Se conoce de la patente FR 2 939 971 realizar una cadena de radiofrecuencia muy compacta utilizando un OMT disimétrico de dos ramas asociado a un acoplador de ramas desequilibrado. Esta cadena de radiofrecuencia funciona en bipolarización en la emisión y en la recepción y comprende componentes de radiofrecuencia y circuitos de combinación cuyo espacio ocupado no sobrepasa el diámetro del cornete.

El objetivo de la invención es realizar una antena de emisión y de recepción multihaz de varias fuentes por haz y un sistema de antenas de emisión y de recepción de formación de haces contiguos que no comprende los inconvenientes de los sistemas de antenas existentes, permitiendo librarse de la utilización de BFN ortogonales para la elaboración de los haces adyacentes, y permitiendo obtener un gran número de haces finos contiguos que tengan una abertura angular comprendida entre 0,2° y 0,4°, con una buena superposición de zonas de cobertura en el suelo, denominadas puntos, correspondientes a cada haz, a la vez que se disminuye el número y el espacio ocupado de las antenas.

Por esto, la invención se refiere a una antena de emisión y de recepción multihaz de varias fuentes por haz que comprende al menos un reflector y una red de varias fuentes que iluminan el reflector, estando asociadas las fuentes en varios grupos desfasados unos con respecto a otros según dos direcciones X, Y de un plano, comprendiendo cada fuente un elemento de radiación conectado a una cadena de radiofrecuencia. Cada fuente comprende un primer y segundo puerto de emisión de la misma frecuencia F1 y de polarizaciones ortogonales entre ellas y un primer y segundo puerto de recepción de la misma frecuencia F2 y de polarizaciones ortogonales entre ellas. Las fuentes están asociadas por grupos de cuatro fuentes adyacentes según las direcciones X e Y. Para cada grupo de cuatro fuentes adyacentes, los primeros y los segundos puertos de emisión, y los primeros y los segundos puertos de recepción, correspondientes a un mismo par de valor de frecuencia y de polarización, se conectan dos a dos según la dirección X y después dos a dos según la dirección Y, los cuatro puertos de emisión conectados entre sí forman un haz de emisión y los cuatro puertos de recepción conectados entre sí forman un haz de recepción.

De forma ventajosa, dos grupos consecutivos adyacentes según la dirección X pueden estar separados un primer paso L1 correspondiente a una fuente según la dirección X y compartir dos fuentes en común, dos grupos consecutivos adyacentes según la dirección Y pueden estar separados un segundo paso L2 correspondiente a dos fuentes según la dirección Y, y no compartir ninguna fuente en común, formando cada grupo de cuatro fuentes un haz de emisión y un haz de recepción.

De forma alternativa, dos grupos consecutivos adyacentes según la dirección X pueden estar separados un primer paso L1 correspondiente a una fuente según la dirección X y dos grupos consecutivos adyacentes según la dirección Y pueden estar separados un segundo paso L2 correspondiente a una fuente según la dirección Y, formando cada grupo de cuatro fuentes un haz de emisión y un haz de recepción.

De forma ventajosa, para la formación de cada haz, los enlaces entre los puertos de emisión o de recepción de un grupo de cuatro fuentes son realizados por circuitos de distribución, siendo los circuitos de distribución dedicados a la formación de haces diferentes independientes entre sí.

De forma ventajosa, para el primero de los dos grupos de fuentes, los primeros puertos de emisión, respectivamente los primeros puertos de recepción de la misma polarización, están conectados dos a dos según la dirección X y después dos a dos según la dirección Y, y para el segundo de los dos grupos, los segundos puertos

de emisión, respectivamente los segundos puertos de recepción de la misma polarización, están conectados dos a dos según la dirección X y después dos a dos según la dirección Y.

5 La invención se refiere igualmente a un sistema de antenas de emisión y de recepción de formación de haces contiguos que comprende dos antenas de emisión y de recepción, las dos antenas de emisión y de recepción que tienen direcciones de puntería idénticas según una primera dirección U del espacio y desfasadas angularmente según una segunda dirección V del espacio.

De forma ventajosa, el desfase angular entre las direcciones de puntería de las dos antenas de emisión y de recepción se corresponde a un desfase, igual a un punto, de las líneas de puntos formados en el suelo por las dos antenas.

10 La invención se refiere también a un sistema de telecomunicación por satélite que comprende al menos un sistema de dos antenas de emisión y de recepción.

Otras particularidades y ventajas de la invención aparecerán claramente a continuación en la descripción dada a título de ejemplo puramente ilustrativo y no limitativo, con referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos que representan:

- 15 - figura 1a: un esquema de un ejemplo de fuente de emisión y de recepción, según la invención;
- figura 1b: un esquema en sección transversal que ilustra los cuatro puertos de la fuente de emisión y de recepción de la figura 1a, según la invención;
- figura 1c: un esquema de un ejemplo de cadena de radiofrecuencia que funciona en bipolarización en la emisión y la recepción, según la invención;
- 20 - figura 2a: un esquema que ilustra un sistema de dos antenas de emisión y de recepción de formación de haces contiguos, según la invención;
- figura 2b: un esquema que ilustra un ejemplo de cobertura en el suelo realizada por un sistema de dos antenas de emisión y de recepción de formación de haces contiguos, según la invención;
- 25 - figura 3: un esquema de un primer ejemplo de configuración de grupos de cuatro fuentes de cada antena de emisión y de recepción con una compartición de dos fuentes entre dos grupos adyacentes según una dirección X de la red de fuentes, ninguna compartición de fuente según la dirección Y, en el caso de una disposición de fuentes en una red de malla hexagonal y en el caso en el que las direcciones X e Y forman un ángulo diferente a 90° entre sí, las fuentes no están representadas para simplificar el esquema, según la invención;
- 30 - figura 4: un esquema que ilustra un primer nivel de distribución conectando dos a dos, según la dirección X, puertos de fuentes de una antena de emisión y de recepción, según la invención;
- figura 5: un esquema que ilustra un segundo nivel de distribución conectando dos a dos, según la dirección Y, puertos de fuentes de una antena de emisión y de recepción, según la invención.
- 35 - figura 6a: un esquema de configuración de grupos de cuatro fuentes de la antena de emisión y recepción con una compartición de una sola fuente entre dos grupos adyacentes según la dirección X y entre dos grupos adyacentes según la dirección Y, en el caso de una disposición de fuentes en una malla hexagonal y en el caso en el que las direcciones X e Y forman un ángulo de 90° entre sí, según la invención;
- figura 6b: un ejemplo de cobertura obtenida con dos antenas que tengan la configuración de la figura 6a, según la invención;
- 40 - figura 7a: un esquema de configuración de grupos de cuatro fuentes de cada antena de emisión y de recepción con una compartición de una sola fuente entre dos grupos adyacentes según la dirección X y entre dos grupos adyacentes según la dirección Y, en el caso de una disposición de fuentes en una malla cuadrada, formando las dos direcciones X e Y un ángulo de 90° entre sí, según la invención;
- figura 7b: un esquema de un caso particular de antena correspondiente a la figura 7a, según la invención.
- 45 - figura 7c: un ejemplo de cobertura obtenida con una sola antena que tenga la configuración correspondiente al caso particular de la figura 7b, según la invención.

50 La figura 1a representa un ejemplo de fuente de emisión y de recepción según la invención. La fuente 10 de emisión y de recepción está constituida de un elemento 11 radiante por ejemplo del tipo cornete y de una cadena 12 de radiofrecuencia conectada al cornete 11. La cadena 12 de radiofrecuencia representada en sección transversal en la figura 1c, es una cadena de nueva generación que ocupa un espacio reducido que funciona en bipolarización en la emisión y en la recepción. En la emisión, la cadena 12 de radiofrecuencia comprende dos puertos T1, T2 de emisión y en la recepción, la cadena de radiofrecuencia comprende dos puertos R1, R2 de recepción, los cuatro

puertos T1, T2, R1, R2 representados en sección transversal en la figura 1b, están conectados al elemento 11 de radiación por medio de componentes de radiofrecuencia y de circuitos 13 de combinación. La fuente 10 es esquematizada por un círculo que rodea los cuatro puertos en la figura 1b. Los componentes de radiofrecuencia comprenden un excitador 14 compacto, por ejemplo un transductor de ortomodo conocido bajo el acrónimo OMT (en inglés: *Ortho Mode Transducer*), de sección circular o cuadrada, acoplado a un acoplador 15 de ramas por medio de dos ranuras 16, 17 de acoplamiento, separadas un ángulo de 90°, montadas en la pared, o las paredes, longitudinal del excitador 14. Los dos puertos T1, T2 de emisión están conectados a dos ramas diferentes del acoplador 15 de ramas. El excitador 14 se extiende longitudinalmente según un eje Z entre dos extremos 18, 19 opuestos situado según el eje Z longitudinal. El elemento 11 radiante por ejemplo de tipo cornete, está conectado a un primer extremo 18 del excitador 14 y los dos puertos R1, R2 de recepción, están conectados a un segundo extremo 19 del excitador 14. El OMT alimenta el cornete 11 (en transmisión), o está alimentado por el cornete 11 (en recepción) selectivamente ya sea con un primer modo electromagnético que presenta una primera polarización, ya sea con un segundo modo electromagnético que presenta una segunda polarización ortogonal a la primera. La primera y la segunda polarización es, a las cuales están asociados los dos componentes de campos eléctricos, son lineales y denominadas respectivamente polarización horizontal y polarización vertical.

Los dos puertos T1, T2 de emisión, al igual que los dos puertos R1, R2 de recepción, funcionan en dos polarizaciones ortogonales entre sí, por ejemplo, polarizaciones circulares derecha e izquierda o dos polarizaciones lineales ortogonales entre sí. Al utilizar un MOT disimétrico de dos ramas asociado a un acoplador 15 de ramas desequilibrado, como se describe en el documento FR 2 939 971, la fuente 10 es muy compacta y el espacio ocupado por los componentes de radiofrecuencia y los circuitos de combinación de la cadena 12 de radiofrecuencia no sobrepasa el diámetro del cornete 11, es decir en torno a 30 mm. Para una antena que comprende una red de cornetes idénticos dispuestos regularmente, cada cadena de radiofrecuencia dedicada a cada cornete entra en una malla hexagonal de dimensiones próximas a 30 mm correspondientes al diámetro del cornete.

La figura 2a ilustra un sistema de antenas de emisión y de recepción de formación de haces contiguos, según la invención. El sistema de antenas comprende dos antenas 21, 22, funcionando cada antena en emisión Tx y en recepción Rx, siendo las frecuencias F1 de emisión diferentes de las frecuencias F2 de recepción. Las 2 antenas 21, 22 comprenden, cada una, una red 23, 24 radiante, comprendiendo cada red 23, 24 radiante varias fuentes organizadas según dos direcciones X e Y de un plano. Cada fuente comprende un elemento 11 radiante conectado a una cadena 12 de radiofrecuencia, dos puertos T1, T2 de emisión y dos puertos R1, R2 de recepción, teniendo los dos puertos T1, T2 de emisión polarizaciones P1 P2 ortogonales entre sí y teniendo los dos puertos R1, R2 de recepción polarizaciones P1, P2 ortogonales entre sí. Las polarizaciones de los puertos T1, T2 de emisión y de los puertos R1, R2 de recepción pueden ser por ejemplo lineales o circulares. Son posibles diferentes configuraciones ópticas de la antena, por ejemplo Gregoriana o de Cassegrain u otra, y en particular la antena puede comprender uno o dos reflectores asociados a la red radiante. En la figura 2a, cada antena 21, 22 comprende un reflector 25, 26 parabólico respectivo iluminado por la red 23, 24 radiante colocada en un plano focal del reflector parabólico de la antena 21, 22 correspondiente. Cada antena apunta en una dirección 27, 28 de puntería respectiva hacia una zona de cobertura en el suelo elegido, por ejemplo una región, un país, un conjunto de varios países, un continente, u otro territorio.

Cuando el territorio a cubrir es de forma alargada y se extiende esencialmente según una sola dirección U del espacio, como por ejemplo Chile, la invención permite de forma ventajosa, con una sola antena de emisión y de recepción, cubrir todo el territorio de la emisión y de la recepción con una buena superposición de puntos realizados en el suelo.

Cuando el territorio a cubrir se extiende según dos direcciones U, V del espacio terrestre, en ciertas configuraciones de fuentes de la antena, en particular cuando las fuentes están dispuestas según una malla cuadrada, es posible obtener una cobertura casi completa con una sola antena según la invención. En otras configuraciones, en particular cuando las fuentes están dispuestas según una malla hexagonal, puede ser necesario disponer de dos antenas de emisión y recepción de las mismas dimensiones para obtener, en la emisión y en la recepción, una buena superposición de los puntos según las dos direcciones U, V. En el caso en el que se utilicen dos antenas para realizar una cobertura completa, la primera antena 21 está destinada a asegurar el conjunto de la cobertura deseada, en emisión y en recepción, en una primera dirección U del espacio y una primera mitad de la cobertura deseada en una segunda dirección V del espacio. La segunda antena 22 está destinada a llenar los huecos de cobertura de la primera antena 21, en emisión y en recepción, y la segunda dirección V del espacio para asegurar una segunda mitad de la cobertura deseada. Las dos antenas permiten por tanto reconstituir la cobertura completa deseada según las direcciones U y V.

A título de ejemplo no limitativo, la figura 2b ilustra un ejemplo de cobertura realizado por las dos antenas 21, 22. Los puntos 1 correspondientes a zonas de cobertura en el suelo realizadas por la primera antena 21 y los puntos 2 correspondientes a zonas de cobertura en el suelo realizadas por la segunda antena 22. Esta figura muestra que según la dirección U, los puntos 1 realizados por la primera antena 21 se tocan con una ligera superposición entre dos puntos 1 adyacentes mientras que según la dirección V, los puntos 1 no se tocan y presentan huecos de cobertura. Los puntos 2 realizados por la segunda antena 22 constituyen líneas de puntos 2 adicionales, cada línea de puntos 2 se intercala entre dos líneas de puntos 1 consecutivas y permiten por tanto llenar los huecos de cobertura de la primera antena 21. A título de ejemplo no limitativo, con dos antenas que comprenden, cada una,

64 elementos radiantes dispuestos según una matriz de 8 líneas y 8 columnas, los 128 elementos radiantes de las dos antenas permiten formar 42 puntos contiguos en el suelo según dos direcciones del espacio, con una buena superposición de puntos en las 2 direcciones del espacio.

5 Para cada antena 21, 22 cada haz de emisión y cada haz de recepción, correspondiente a un punto en el suelo, está formado por combinación de señales emitidas de cuatro fuentes de radiofrecuencia adyacentes dispuestas en una matriz 2\*2. Se forman dos haces adyacentes por dos grupos adyacentes según una primera dirección X o según una segunda dirección Y de la red de fuentes.

10 La figura 3 ilustra un primer ejemplo de reagrupamiento de fuentes 10 de radiofrecuencia, cuatro por cuatro en el caso en el que las fuentes se reparten en la red según una malla hexagonal, la misma configuración se puede realizar igualmente con otro tipo de malla tal como una malla cuadrada por ejemplo. En este ejemplo, las direcciones X e Y no son elegidas perpendiculares entre sí y pueden por ejemplo formar un ángulo de 120° o de 60°. Cada grupo de cuatro fuentes permite elaborar un haz de emisión y un haz de recepción. El dispositivo de formación de haz no comprende ningún acoplador sino únicamente circuitos de distribución constituidos de guías de onda que conectan puertos del mismo color entre sí. Cada haz es formado por circuitos de distribución dedicados, independientes de un haz a otro haz. Los circuitos de distribución funcionan en la emisión como combinadores de señales y en la recepción como divisores de señales. Los circuitos de distribución dedicados a la formación de un haz de emisión, conectan uno de los puertos T1 o T2 de emisión de las cuatro fuentes de un mismo grupo cuatro por cuatro, teniendo los cuatro puertos de emisión conectados entre sí un mismo color. Del mismo modo, los circuitos de distribución dedicados a la formación de un haz de recepción, conectan uno de los puertos R1 o R2 de recepción de las cuatro fuentes de un mismo grupo cuatro por cuatro, teniendo los cuatro puertos de recepción conectados entre sí un mismo color. En la emisión y en la recepción, se forman dos haces adyacentes por dos grupos G1, G2 adyacentes según la dirección X o G1, G3 adyacentes según la dirección Y, estando constituido cada grupo G1, G2, G3, G4, ..., GN de cuatro fuentes 10, estando desfasados los dos grupos G1, G2 adyacentes un primer paso L1 correspondiente al espacio ocupado por una fuente según la primera dirección X de la antena, igual al diámetro D de una fuente 10 de radiofrecuencia en la figura 3, y estando desfasados los dos grupos G1, G3 adyacentes un segundo paso L2 correspondiente al espacio ocupado por dos fuentes según la segunda dirección Y del antena, igual al diámetro 2D de dos fuentes de radiofrecuencia en la figura 3. Por tanto, en este primer ejemplo, según la dirección X, los dos grupos G1, G2 de cuatro fuentes de radiofrecuencia que participan en la formación de dos haces adyacentes comparten dos fuentes en común mientras que según la dirección Y, los dos grupos G1, G3 de cuatro fuentes de radiofrecuencia que participan en la formación de dos haces adyacentes no comprenden ninguna fuente en común. La compartición de fuentes de radiofrecuencia entre dos grupos adyacentes por tanto sólo se realiza en una sola dirección X de la antena, lo que permite asegurar, con una sola antena funcionando en emisión y en recepción, una cobertura completa según la primera dirección U del espacio pero incompleta según la segunda dirección V del espacio. La segunda antena 22 permite elaborar, en emisión y en recepción de líneas de las puntos 2 adicionales desfasada según la segunda dirección V del espacio y de llenar los huecos de cobertura de la primera antena 21, en la emisión y en la recepción.

40 Los haces formados por cada antena son elaborados por un formador de haces que comprende dos niveles de distribución en conexión, para cada grupo de cuatro fuentes, teniendo los puertos el mismo color, es decir la misma frecuencia y la misma polarización. Por tanto, conforme a la invención, cada haz es elaborado de forma ventajosa por circuitos de distribución dedicados e independientes de los circuitos de distribución que elaboran los otros haces. Cada haz es formado por un grupo de cuatro fuentes en conexión, por circuitos de distribución dedicados, cuatro puertos de las cuatro fuentes entre sí, teniendo los cuatro puertos conectados a un mismo color, correspondiendo cada color a un par de valor de frecuencia y de polarización (F1, P1), (F1, P2), (F2, P1), (F2, P2). Cada grupo de cuatro fuentes comprende por tanto cuatro puertos de emisión del mismo color conectados entre sí y que permiten formar un haz de emisión y cuatro puertos de recepción del mismo color conectados entre sí y que permiten formar un haz de recepción. Cada fuente de un mismo grupo que comprende dos puertos de emisión y dos puertos de recepción, un puerto de emisión y un puerto de recepción permanecen disponibles para la formación de otros dos haces, respectivamente de emisión y de recepción, con las fuentes de un grupo adyacente.

50 Un primer nivel de distribución es representado en la figura 4. El primer nivel de distribución comprende, para cada grupo de cuatro fuentes de radiofrecuencia, dos primeros circuitos C1, C2 de distribución que conectan dos a dos los primeros puertos T1a y T1b de emisión y R1a y R1b de recepción de dos fuentes 10a, 10b de radiofrecuencia adyacentes según la dirección X, y dos primeros circuitos C3, C4 de distribución que conectan dos a dos los primeros puertos T1c y T1d de emisión y R1c y R1d de recepción de dos fuentes 10c, 10d de radiofrecuencia adyacentes según la dirección X, por tanto cuatro primeros circuitos C1 a C4 de distribución por grupo de cuatro fuentes 10a, 10b, 10c, 10d de radiofrecuencia. Los primeros circuitos C1, C2 de distribución conectan, dos a dos y según la dirección X, dos primeros puertos T1a, T1b de emisión, respectivamente a dos primeros puertos R1a, R1b de recepción, de dos primeras y segundas fuentes 10a, 10b adyacentes de un mismo grupo G1 de cuatro fuentes. Los dos primeros puertos T1a, T1b de emisión conectados tienen la misma polarización P1 y la misma frecuencia F1 de funcionamiento, los dos primeros puertos R1a, R1b de recepción conectados, tienen la misma polarización P1 y la misma frecuencia F2 de funcionamiento. Del mismo modo, los primeros circuitos C3, C4 de distribución conectan, dos a dos y según la dirección X, dos primeros puertos T1c, T1d de emisión, respectivamente a dos primeros puertos R1c, R1d de recepción, de dos tercera y cuarta fuentes 10c, 10d adyacentes del mismo grupo G1 de cuatro fuentes. Los dos primeros puertos T1c, T1d de emisión conectados tienen la misma

polarización P1 y la misma frecuencia F1 de funcionamiento, los dos primeros puertos R1c, R1d de recepción conectados, tienen la misma polarización P1 y la misma frecuencia F2 de funcionamiento.

Cada fuente 10a de radiofrecuencia que comprende cuatro puertos de los cuales dos puertos T1a, T2a de emisión y dos puertos R1a y R2a de recepción, como resultado de la combinación realizada entre los primeros puertos T1a, T2a de emisión, respectivamente R1a, R2a de recepción, conectados a dos fuentes 10a, 10b de radiofrecuencia adyacentes del primer grupo G1 de cuatro fuentes, las dos fuentes 10a, 10b de radiofrecuencia comprenden cada una un segundo puerto T2a, T2b de emisión y segundo puerto R2a, R2b de recepción libres que pueden a su vez está respectivamente conectados, según la dirección X, a un segundo puerto de emisión y un segundo puerto de recepción de una fuente adyacente que pertenece a un segundo grupo G2 de cuatro fuentes desfasado del primer grupo G1 un paso L1 correspondiente a una fuente. Por ejemplo, en la figura 4, las cuatro fuentes del segundo grupo G2 son las fuentes 10b, 10'a, 10d, 10'c. Los puertos T2b y R2b de emisión y de recepción de la fuente 10b están conectados respectivamente a los puertos T'2a y R'2a de emisión de la fuente 10'a y los puertos T2d y R2d de la fuente 10d están respectivamente conectados a los puertos T'2c y R'2c de la fuente 10'c. Los enlaces entre dos puertos respectivos de dos fuentes adyacentes son realizados de la misma manera para el conjunto de grupos de cuatro fuentes hasta los bordes de la red radiante. Las fuentes situadas en los bordes de la red radiante de la antena sólo tienen una sola fuente adyacente y comprenden cada uno un puerto T2a, T2c de emisión y un puerto R2a, R2c de recepción que siguen siendo libres.

Un segundo nivel de distribución es representado en la figura 5. El segundo nivel de distribución comprende segundos circuitos D1, D2 de distribución que se conectan respectivamente dos a dos según la dirección Y, para cada grupo G1 de cuatro fuentes 10a, 10b, 10c, 10d de radiofrecuencia, por un lado, los 2 primeros puertos T1a, T1b de emisión de la primera y segunda fuentes 10a, 10b conectados según la dirección X a dos primeros puertos T1c, T1d de emisión de la tercera y cuarta fuentes de radiofrecuencia conectados según la dirección X, y por otro lado, los dos primeros puertos R1a, R1b de recepción de la primera y segunda fuentes 10a, 10b de radiofrecuencia conectados según la dirección X a dos primeros puertos R1c, R1d de la tercera y cuarta fuentes 10c, 10d de radiofrecuencia conectados según la dirección X. La salida del circuito D1 de distribución es un puerto Tx de emisión de un punto de frecuencia F1 y de polarización P1 y la salida del circuito D2 de distribución es un puerto Rx de recepción de un punto de frecuencia F2 y de polarización P1. Del mismo modo, para cada grupo de cuatro fuentes, todos los puertos de la misma frecuencia y de la misma polarización conectados dos a dos por los primeros circuitos de distribución del primer nivel de distribución están conectados entre sí por un circuito de distribución del segundo nivel de manera que se elaboran todos los puntos de emisión y de recepción de la antena. En la emisión los circuitos de distribución funcionan como combinadores de señales, en la recepción, el funcionamiento del formador de haz de la antena es inverso y los circuitos de distribución funcionan como divisores de señales.

Según la dirección U, cada punto es realizado por un grupo de cuatro fuentes de radiofrecuencia y dos puntos adyacentes son realizados por dos grupos adyacentes desfasados de una sola fuente y que comparten por tanto dos fuentes en común. Esta configuración permite, con una sola antena y sin utilizar circuitos ortogonales para la elaboración de dos haces adyacentes, obtener una buena superposición del punto según la dirección U y una zona de cobertura en el suelo, en emisión y en recepción, no presentando hueco según esta dirección U. Según la dirección V, cada punto es realizado por un grupo de cuatro fuentes de radiofrecuencia y dos puntos adyacentes son realizados por dos grupos adyacentes desfasados de dos fuentes y que no comparten por tanto ninguna fuente, los puntos obtenidos con una sola antena, no se superponen según la dirección V y la zona de cobertura en el suelo presenta hueco según esta dirección V. Este tipo de cobertura en el suelo puede sin embargo ser suficiente para cubrir territorios de forma alargada como Chile por ejemplo. En este caso una sola antena 21 de emisión y de recepción puede ser suficiente.

Con respecto a los territorios más grandes que se extienden según dos direcciones U y V del espacio, pueden ser necesarias dos antenas 21, 22 de emisión y de recepción para obtener una cobertura completa, como se representan las figuras 2a y 2b. Para que la segunda antena 22 tenga los huecos de cobertura según la dirección V, de la primera antena 21, la dirección 28 de puntería de la segunda antena 22 está desfasada angularmente con respecto a la dirección 27 de puntería de la primera antena 21. El desfase angular de la dirección de puntería de las dos antenas una con respecto a la otra corresponde a un desfase, según la dirección V, de las líneas de puntos 2 formadas en el suelo por la segunda antena 22 con respecto a las líneas de puntos 1 formadas por la primera antena 21, siendo idénticas las direcciones 27, 28 de puntería de las dos antenas según la dirección U. Cada antena forma la totalidad de puntos de emisión y de recepción, según la dirección U y una línea de puntos sobre dos según la dirección V. El desfase de las líneas de puntos formadas por la segunda antena 22 corresponden aproximadamente al diámetro de un punto, lo que permite insertar, en la dirección V, una línea de puntos 2 suplementaria entre dos líneas de puntos 1 sucesivas elaboradas por la primera antena 21, obtener por tanto una buena superposición entre los puntos 1, 2 y llenar todos los huecos de la cobertura realizada por las dos antenas de emisión y de recepción.

La figura 6a ilustra un ejemplo de reagrupamiento de fuentes 10 de radiofrecuencia cuatro por cuatro en el caso en el que las fuentes se reparten en la red según una malla hexagonal, formando las dos direcciones X e Y un ángulo de 90° entre sí. En este ejemplo, dos grupos adyacentes según la dirección X comparten una sola fuente de radiofrecuencia y dos grupos adyacentes según la dirección Y comparten igualmente una sola fuente. Los dos grupos G1, G2 adyacentes están desfasados un primer paso L1 correspondiente al espacio ocupado por una sola

fuente según la primera dirección X de la antena y los dos grupos G1, G3 adyacentes están desfasados un segundo paso L2 correspondiente al espacio ocupado por una sola fuente según la segunda dirección Y del antena, siendo por tanto el paso L2 igual al paso L1. Un ejemplo de cobertura obtenida con la configuración de la figura 6a se representa en la figura 6b. Esta cobertura es obtenida utilizando dos antenas de emisión y de recepción para realizar una cobertura completa en la emisión y en la recepción. Los puntos 1 de la primera y de la tercera línea horizontal son realizados con una primera antena, los puntos 2 de la segunda línea horizontal son realizados con una segunda antena.

La figura 7a ilustra un segundo ejemplo de reagrupamiento de fuentes 10 de radiofrecuencia cuatro por cuatro en el caso en el que las fuentes son repartidas en red según una malla cuadrada, formando las dos direcciones X e Y un ángulo de 90° entre sí. En este segundo ejemplo, dos grupos adyacentes comparten una sola fuente de radiofrecuencia, siendo la compartición realizada entre los grupos adyacentes según la dirección X y entre los grupos adyacentes según la dirección Y. Como en el caso de la figura 6a, los dos grupos G1, G2 adyacentes están desfasados un primer paso L1 correspondiente al espacio ocupado por una sola fuente según la primera dirección X del antena, y los dos grupos G1, G3 adyacentes están desfasados un segundo paso L2 correspondiente al espacio ocupado por una sola fuente según la segunda dirección Y del antena. En el caso de una malla cuadrada, los elementos radiantes pueden estar dispuestos más próximos entre sí que en el caso de una malla hexagonal, lo que permite, para un tamaño de antena idéntico, aumentar el número de fuentes y por tanto el número de puntos en el suelo. Una sola antena permite por tanto realizar una cobertura completa en la emisión y la recepción. Las figuras 7b y 7c ilustran un ejemplo de antena que comprende una red de malla cuadrada y 16 fuentes agrupadas en cinco grupos de cuatro fuentes, cada grupo que comparte una fuente con un grupo adyacente. Los cinco grupos de fuentes permiten realizar cinco puntos en la emisión y cinco puntos en la recepción como muestra la figura 7c que ilustra la cobertura correspondiente.

Se puede obtener igualmente una cobertura completa con una sola antena utilizando una red radiante de malla hexagonal cuyos grupos de fuentes adyacentes comparten una sola fuente según las direcciones X e Y pero con rendimientos de antena degradados.



**REIVINDICACIONES**

1. Antena de emisión y de recepción multihaz de varias fuentes por haz que comprende al menos un reflector y una red de varias fuentes que iluminan el reflector, estando asociadas las fuentes en varios grupos desfasados unos con respecto a otros según dos direcciones X, Y de un plano, comprendiendo cada fuente un elemento radiante conectado a una cadena de radiofrecuencia, **caracterizada porque**:
- 5
- cada fuente (10, 10a, 10b, 10c, 10d, 10'a) comprende un primer (T1, T1a, T1b T1c T1d, T'1a) y un segundo (T2, T2a, T2b, T2c, T2d, T'2a) puerto de emisión de la misma frecuencia F1 y polarizaciones (P1, P2) ortogonales entre sí y un primer (R1, R1a, R1b, R1c, R1d, R'1a) y un segundo (R2, R2a, R2b, R2c, R2d, R'2a) puerto de recepción de la misma frecuencia F2 y de polarizaciones (P1, P2) ortogonales entre sí,
- 10
- las fuentes (10) están asociadas por grupos de cuatro fuentes (10a, 10b, 10c, 10d) adyacentes según las direcciones X e Y,
- para cada grupo (G1 a GN) de cuatro fuentes (10a a 10d) adyacentes, los primeros (T1a a T1d) o los segundos (T2a a T2d) puertos de emisión, y los primeros (R1a a R1d) o los segundos (R2a a R2d) puertos de recepción, correspondientes a un mismo par del valor de frecuencia de polarización (F1, P1), (F1, P2), (F2, P1), (F2, P2),
- 15
- están conectados dos a dos según la dirección X y después dos a dos según la dirección Y, formando los cuatro puertos de emisión conectados entre sí un haz de emisión y formando los cuatro puertos de recepción conectados entre sí un haz de recepción.
2. Antena según la reivindicación 1, **caracterizada porque** dos grupos (G1, G2) consecutivos adyacentes según la dirección X están separados un primer paso L1 correspondiente a una fuente según la dirección X y comparten dos fuentes en común, **porque** dos grupos (G1, G3) consecutivos adyacentes según la dirección Y están separados un segundo paso L2 correspondiente a dos fuentes según la dirección Y no comparten ninguna fuente en común, formando cada grupo (G1, G2, G3,..., GN) de cuatro fuentes un haz de emisión y un haz de recepción.
- 20
3. Antena según la reivindicación 1, **caracterizada porque** dos grupos (G1, G2) consecutivos adyacentes según la dirección X están separados un primer paso L1 correspondiente a una fuente según la dirección X y dos grupos (G1, G3) consecutivos adyacentes según la dirección Y están separados un segundo paso L2 correspondiente a una fuente según la dirección Y, formando cada grupo (G1, G2, G3,..., GN) de cuatro fuentes un haz de emisión y un haz de recepción.
- 25
4. Antena según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada porque** comprende además circuitos (C1, C3, D1), (C2, C4, D2) de distribución que aseguran los enlaces entre los puertos de emisión o entre los puertos de recepción de un grupo de cuatro fuentes, siendo independientes entre sí los circuitos de distribución dedicados a la formación de haces diferentes.
- 30
5. Antena según la reivindicación 2, **caracterizada porque** para el primer grupo (G1) de dos grupos de fuentes (10a a 10d), los primeros puertos (T1a a T1d) de emisión, respectivamente los primeros puertos (R1a a R1d) de recepción de la misma polarización, están conectados dos a dos según la dirección X y después dos a dos según la dirección Y, y **porque** para el segundo grupo (G2) de dos los grupos (10b, 10'a, 10d, 10'c) de fuentes, los segundos puertos (T2b, T'2a, T2d, T'2c) de emisión, respectivamente los segundos puertos (R2b, R'2a, R2d, R'2c) de recepción de la misma polarización están conectados dos a dos según la dirección X y después dos a dos según la dirección Y.
- 35
6. Sistema de antenas de emisión y de recepción de formación de haces contiguos, **caracterizado porque** comprende dos antenas (21, 22) de emisión y de recepción según la reivindicación 1, teniendo las dos antenas (21, 22) de emisión y de recepción direcciones (27, 28) de puntería idéntica según una primera dirección U del espacio y desfasadas angular mente según una segunda dirección V del espacio.
- 40
7. Sistema de antenas de emisión y de recepción de formación de haces contiguos según la reivindicación 6, **caracterizado porque** el desfase angular entre las direcciones (27, 28) de puntería de dos antenas (21, 22) de emisión y de recepción corresponde a un desfase, igual a un punto, de las líneas de puntos (2) formadas en el suelo por las dos antenas (21, 22).
- 45
8. Sistema de telecomunicación por satélite que comprende al menos un sistema de dos antenas (21, 22) de emisión y de recepción según una de las reivindicaciones 6 o 7.

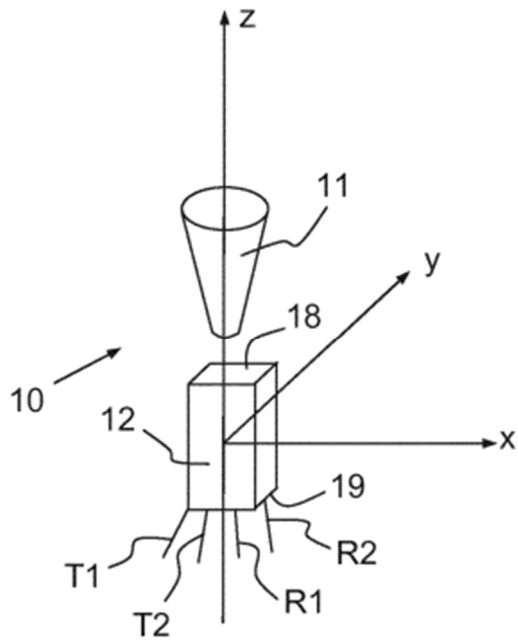


FIG. 1a

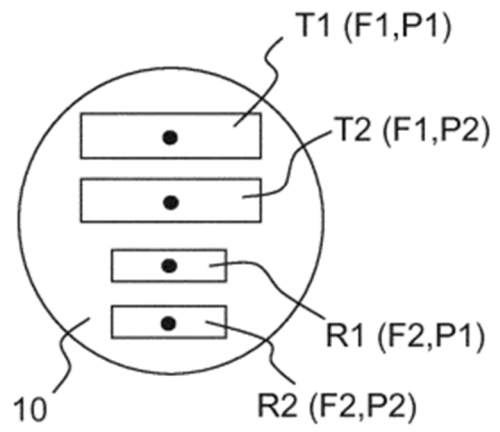


FIG. 1b

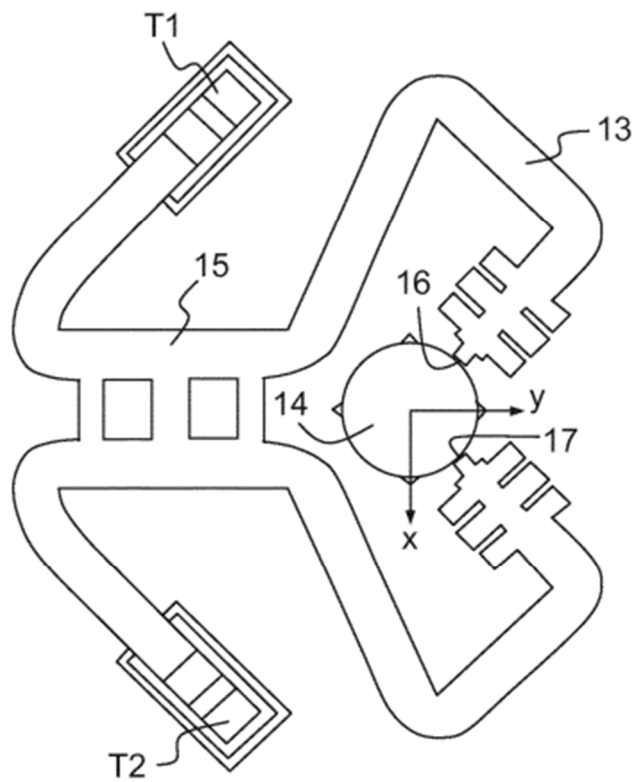


FIG. 1c

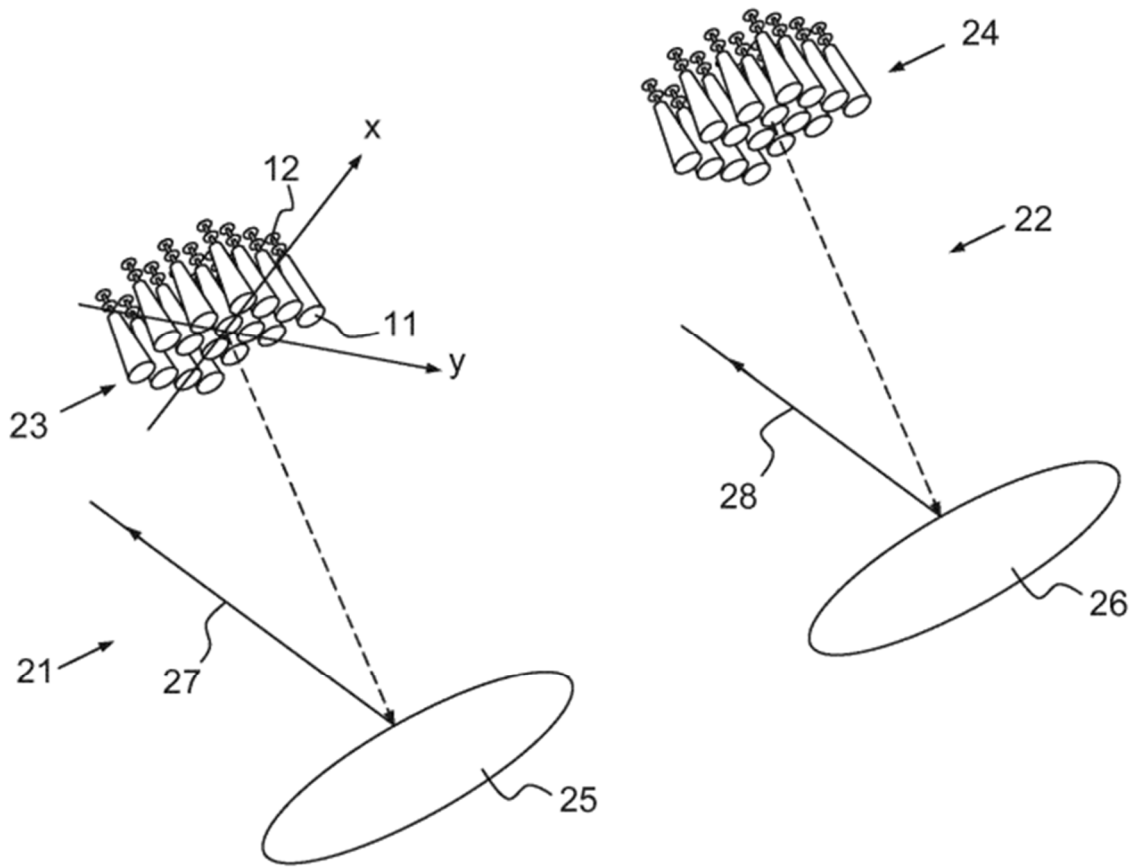


FIG. 2a

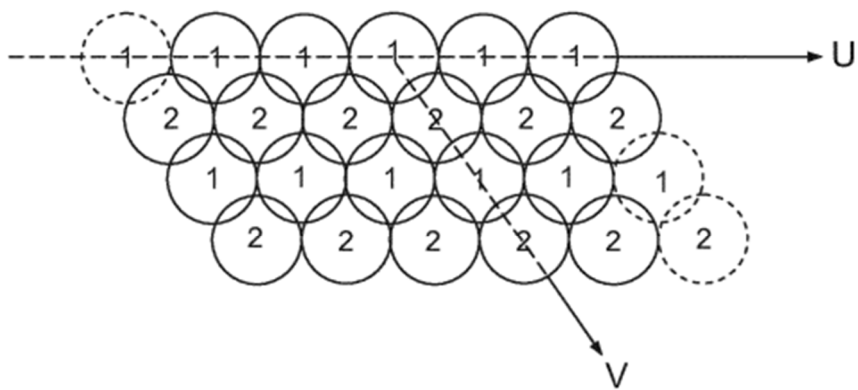


FIG. 2b

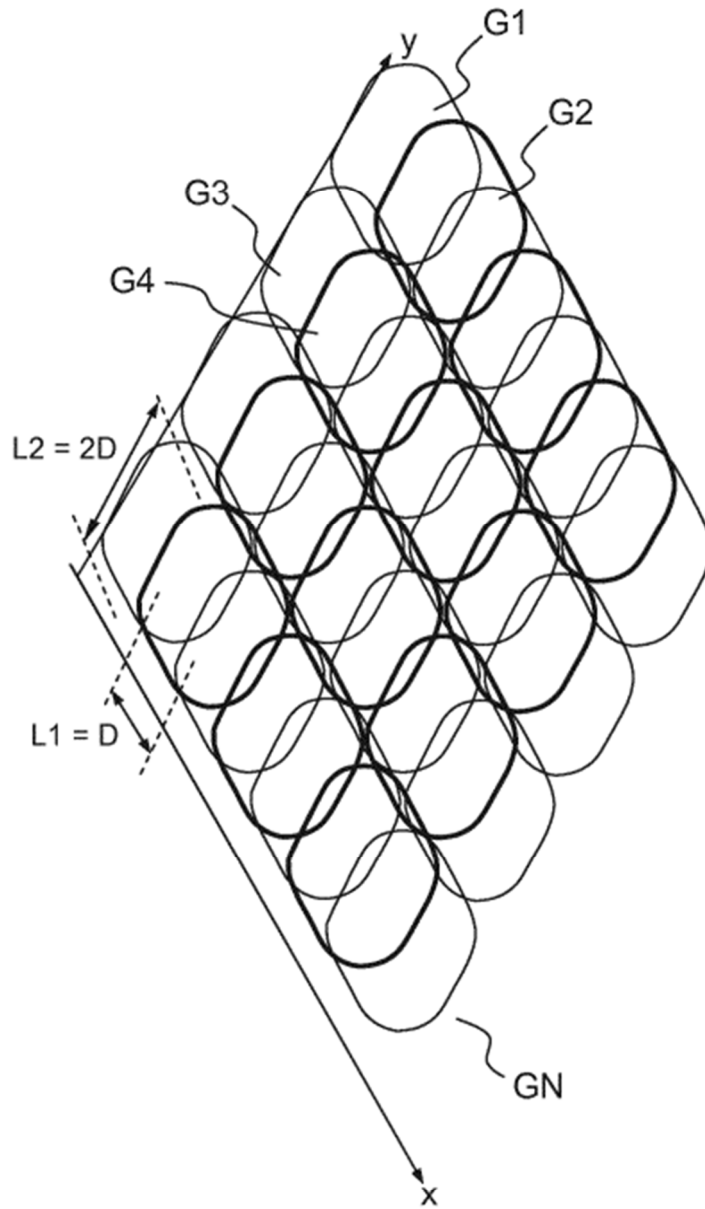


FIG.3

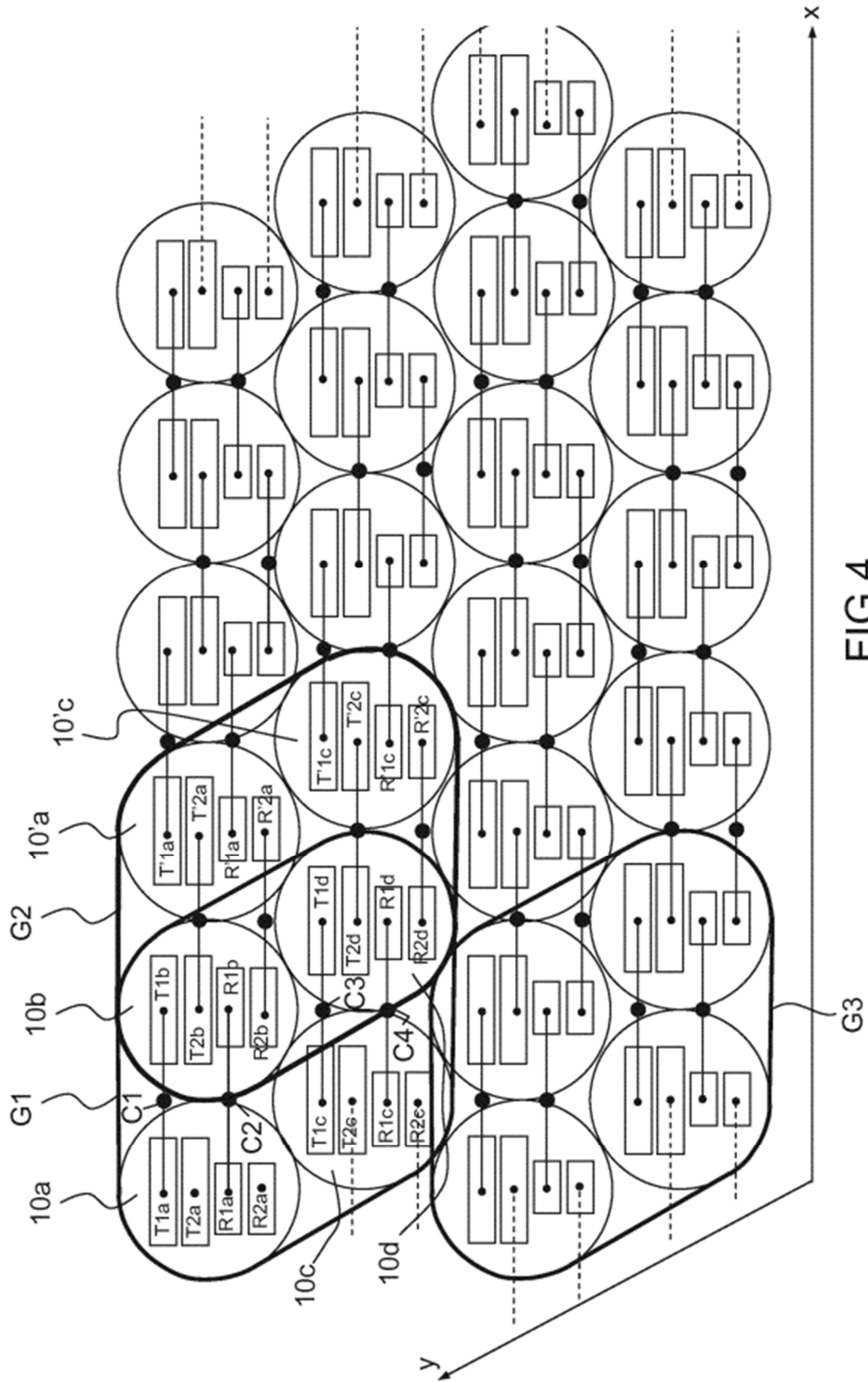


FIG.4

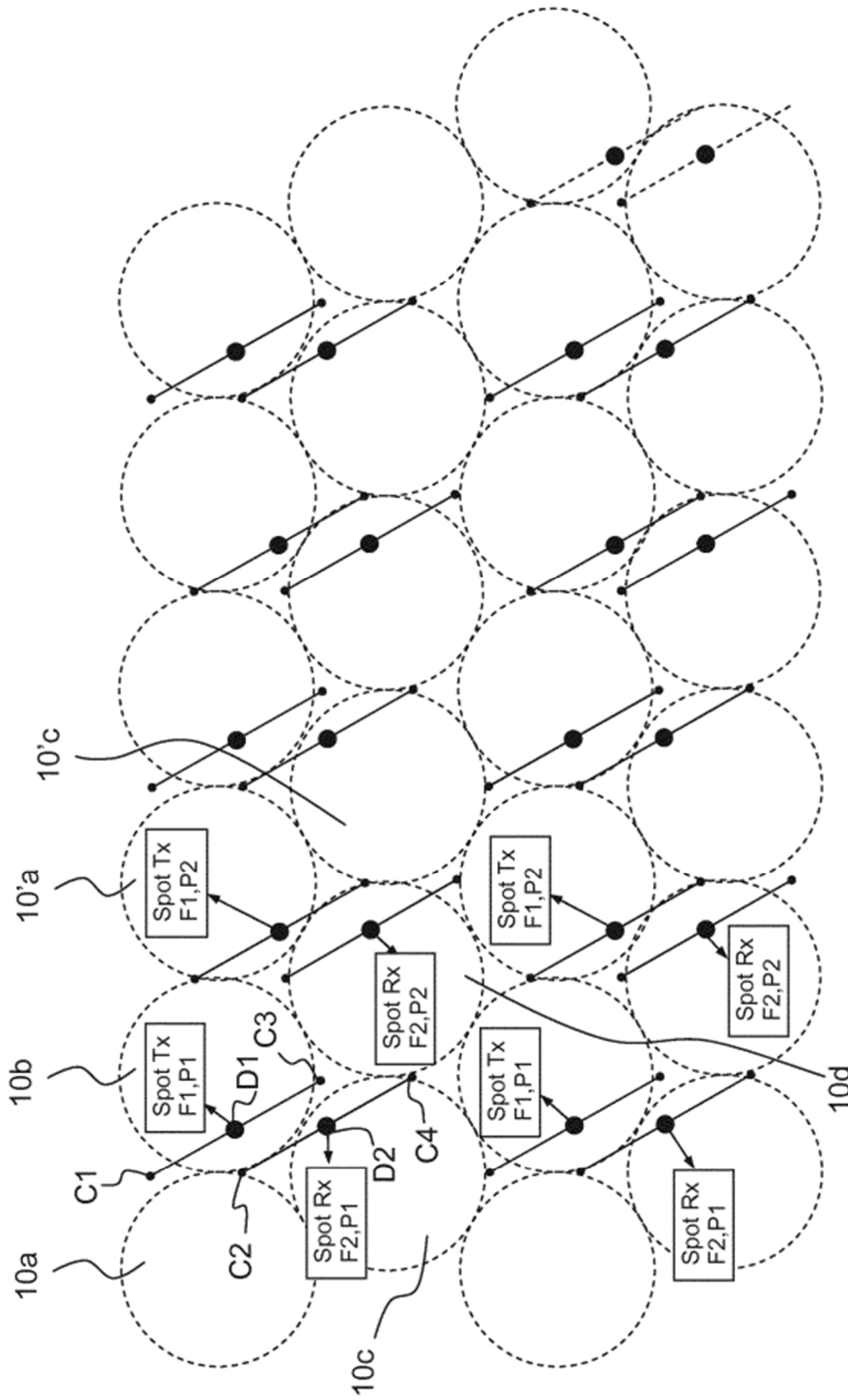


FIG.5

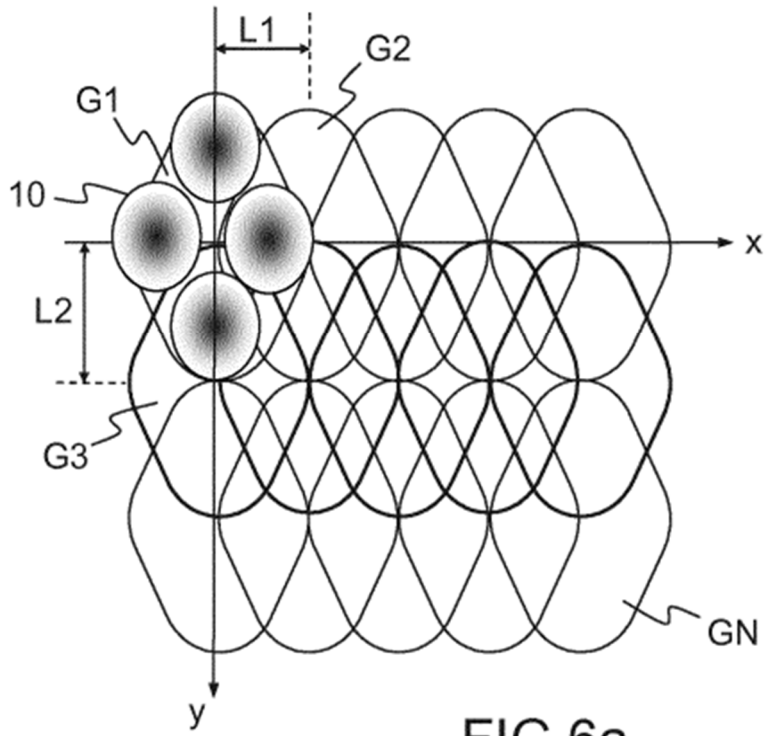


FIG. 6a

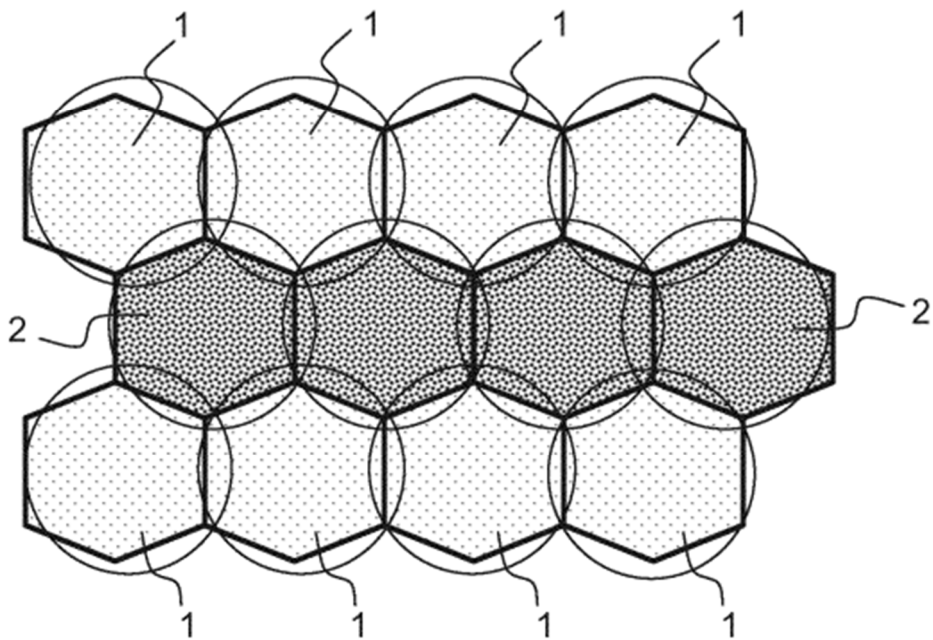


FIG. 6b

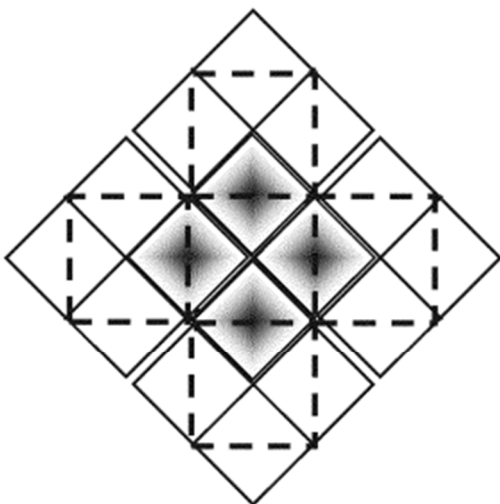
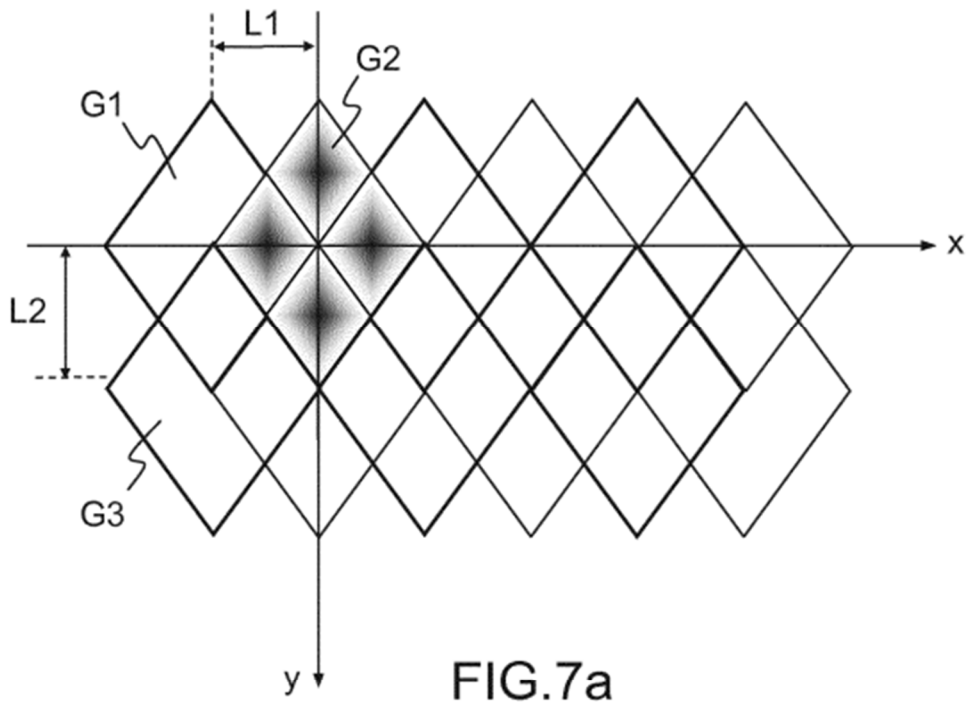


FIG.7b

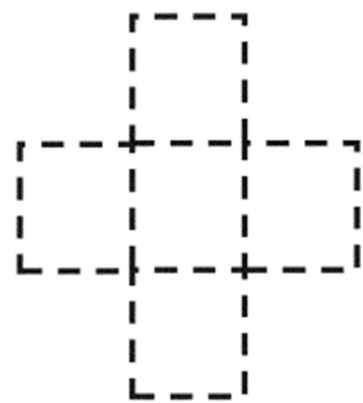


FIG.7c