

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 524 693**

51 Int. Cl.:

**H01Q 21/00** (2006.01)

**H01Q 21/06** (2006.01)

**H01Q 21/24** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.02.2013 E 13155128 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.10.2014 EP 2637254**

54 Título: **Antena plana para terminal que funciona en polarización circular doble, terminal aerotransportado y sistema de telecomunicación por satélite que consta de al menos dicha antena**

30 Prioridad:

**08.03.2012 FR 1200699**

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

**11.12.2014**

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)  
45, rue de Villiers  
92200 Neuilly Sur Seine, FR**

72 Inventor/es:

**RAGUENET, GÉRARD;  
ALMEIDA, JEAN-LUC y  
HIRSCH, ANTONIN**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 524 693 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 plana para terminal que funciona en polarización circular doble, terminal aerotransportado y sistema de telecomunicación por satélite que consta de al menos dicha antena

5 La presente invención se refiere a una antena plana para un terminal que funciona con doble polarización circular, a un terminal aerotransportado y a un sistema de telecomunicación por satélite que consta de al menos dicha antena. Se aplica, en particular, en el ámbito de las telecomunicaciones por satélite de alta velocidad y de manera más particular a las configuraciones que constan de unos sistemas con satélite multipunto que funcionan en una banda de frecuencias Ku, K o Ka, pudiendo estar la antena montada en un terminal aerotransportado a bordo de un avión, de un helicóptero o de un vehículo aéreo no tripulado ("drone").

10 Existen numerosos sistemas de telecomunicaciones por satélite implementados o en proceso de implementación en las bandas de frecuencias Ku, K o Ka. En el caso de un terminal aerotransportado, las dimensiones máximas admisibles para el sistema de antenas de emisión y de recepción, y en particular la relación de su altura con su diámetro máximo, están limitadas por las restricciones aerodinámicas, por los parámetros vinculados a la resistencia aerodinámica, así como por las interfaces disponibles en el vehículo portador y la masa global del sistema aerotransportado.

15 En el caso de la utilización de un terminal a través de un sistema de satélite multipunto que funciona en polarización circular, el terminal aerotransportado puede, debido a su movilidad, tener que cambiar de punto durante su misión para transmitir las señales de telecomunicaciones en dirección a diferentes zonas geográficas fijas en tierra. Este mecanismo, llamado « hand over inter-spots » (en inglés), se produce cuando el terminal móvil sobrevuela una zona geográfica cubierta por dos puntos diferentes adyacentes.

20 Durante el cambio de punto, la polarización circular definida para los puntos que cubren diferentes zonas geográficas puede, además, cambiar de sentido, es decir pasar de una polarización circular izquierda a una polarización circular derecha o a la inversa. En este caso, es necesario que el terminal sea capaz de modificar la polarización de la antena al mismo tiempo que realiza el cambio de punto, pudiendo realizarse esta modificación de preferencia de manera automática, sin intervención mecánica, ni humana.

25 Es conocido realizar una antena que consta de un panel radiante que funciona en polarización circular utilizando guías de onda metálicas rectangulares con ranuras radiantes lineales, alimentadas en fase y que funcionan en polarización lineal, estando las guías de onda asociadas a un radomo de polarización o a una rejilla polarizadora situada por delante de este panel. Sin embargo, el hecho de utilizar una estructura adicional para obtener la polarización circular no permite garantizar el cambio de polarización durante el cambio de punto.

30 También es conocido utilizar una antena que consta de un panel radiante que consta de una multitud de elementos radiantes compuestos por parches metálicos grabados en un sustrato multicapa y alimentados en polarización circular. Los parches están dispuestos en columnas, poniéndose en serie los parches de una misma columna. La polarización circular se obtiene excitando cada parche mediante dos señales en cuadratura de fase, es decir desfasadas 90°, y con la misma amplitud. Según el signo del desfase, la polarización circular es derecha o izquierda. Sin embargo, al estar los parches depositados sobre sustratos dieléctricos, el principal defecto de esta tecnología es su mediocre rendimiento debido a las pérdidas en los dieléctricos y en las superficies conductoras, reduciéndose el rendimiento cuando aumenta el número de parches en cada columna.

35 También es conocido realizar una guía de onda que consta de unos elementos radiantes dispuestos según un motivo periódico y que permite obtener una polarización circular sin utilizar una rejilla polarizadora. Cada elemento radiante está compuesto por dos ranuras radiantes en cuadratura de fase, estando las dos ranuras radiantes dispuestas en forma de V y formando un ángulo de aproximadamente 90° entre sí. Dos elementos radiantes adyacentes están separados por una distancia de aproximadamente una longitud de onda. Esta guía de onda está optimizada para funcionar en un único sentido de propagación de las ondas y, por lo tanto, en un único sentido de polarización circular. Presenta, por lo tanto, un problema de simetría de funcionamiento y unas características de radiación inaceptables para una aplicación en doble polarización circular.

40 El objetivo de la invención es realizar una antena para un terminal que funciona en doble polarización circular que no consta de rejilla polarizadora, que tenga un buen rendimiento, que conste de un diagrama de radiación casi idéntico en los dos sentidos de polarización circular, derecho e izquierdo, que permite un cambio de sentido de polarización sin disimetría en el funcionamiento y que pueda cambiar de un haz a otro sea cual sea el sentido de polarización de dichos haces.

45 Para ello, la invención se refiere a una antena plana para un terminal que funciona en doble polarización circular, que consta al menos de un panel que se extiende a lo largo de un plano XY, constando el panel de la antena de:

- 55 - una primera red de N guías de onda radiantes que consta de unos elementos radiantes con doble sentido de polarización circular, en la que N es un número entero superior a 1, constando cada guía de onda radiante de dos puertos de entrada/salida, respectivamente superior e inferior;
- una segunda red de N guías de onda de distribución respectivamente acopladas a las N guías de onda radiantes,

- constando cada guía de onda de distribución de dos partes independientes, respectivamente superior e inferior;
- N conmutadores hiperfrecuencia, constando cada conmutador hiperfrecuencia de una entrada hiperfrecuencia, de una primera salida hiperfrecuencia conectada al primer puerto de entrada/salida superior de una guía de onda radiante por medio de la parte superior de una guía de onda de distribución acoplada a la guía de onda radiante y de una segunda salida hiperfrecuencia conectada al segundo puerto de entrada/salida inferior de la misma guía de onda radiante por medio de la parte inferior de la misma guía de onda de distribución acoplada a la guía de onda radiante, de una entrada de control de posición del conmutador capaz de conmutar la entrada hiperfrecuencia del conmutador en la primera o la segunda salida hiperfrecuencia en función del sentido de la polarización circular.
- De manera ventajosa, cada guía de onda radiante equipada con los elementos radiantes y con los dos puertos de entrada/salida es simétrica.
- De manera ventajosa, cada guía de onda de distribución consta de al menos una pared transversal de separación de las dos partes de la guía de onda de distribución, estando la parte superior y la parte inferior de una misma guía de onda de distribución acopladas a una misma guía de onda radiante respectivamente por medio de una primera ranura de acoplamiento que constituye el puerto de entrada/salida superior y por medio de una segunda ranura de acoplamiento que constituye el puerto de entrada/salida inferior.
- De preferencia, los puertos de entrada/salida superiores están situados en un extremo superior de las guías de onda radiantes y los puertos de entrada/salida inferiores están situados en un extremo inferior de las guías de onda radiantes.
- De acuerdo con una primera forma de realización, los conmutadores están situados sobre el panel de la antena a la altura de los puertos de entrada/salida superiores de las guías de onda radiantes.
- De acuerdo con una segunda forma de realización, los conmutadores están situados sobre el panel de la antena, a la altura de una línea central L del panel de la antena, a igual distancia de los puertos de entrada/salida superiores e inferiores de las guías de onda radiantes.
- De manera ventajosa, las dos partes superior e inferior de una misma guía de onda de distribución son idénticas y están dispuestas simétricamente a ambos lados de la línea central L.
- Como alternativa, los conmutadores pueden estar desplazados los unos respecto a los otros sobre el panel de la antena.
- De acuerdo con una variante de realización, cada guía de onda de distribución consta de dos paredes de separación dispuestas a ambos lados de la línea central L y cada conmutador está montado en una guía de onda de distribución respectiva entre las dos paredes.
- De manera ventajosa, las N guías de onda radiantes forman N líneas radiantes dispuestas en paralelo unas junto a las otras, extendiéndose cada guía de onda radiante a lo largo de una dirección longitudinal X, que tiene una anchura P que corresponde a los pasos de la red a lo largo de una dirección Y y que tiene una sección transversal YZ rectangular.
- De preferencia, los elementos radiantes de cada guía de onda radiante están alineados, grabados periódica y regularmente separados por una misma distancia D a lo largo de la dirección longitudinal X de la guía de onda radiante, estando cada elemento radiante compuesto por una o varias ranuras radiantes grabadas según un motivo geométrico radiante directamente en doble polarización circular.
- De manera ventajosa, el motivo grabado de cada elemento radiante tiene una forma seleccionada entre un círculo, un cuadrado o una combinación de una cruz y de un cheurón simétrico.
- La invención también se refiere a un terminal aerotransportado y a un sistema de telecomunicación por satélite que consta al menos de dicha antena plana.
- Se mostrarán a continuación de manera más clara otras particularidades y ventajas de la invención en la siguiente descripción que se da a título de ejemplo meramente ilustrativo y no limitativo, en referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos que representan:
- figura 1a: un esquema en perspectiva de un ejemplo de antena que consta de dos paneles radiantes, de acuerdo con la invención;
  - figura 1b: un esquema que ilustra los diferentes movimientos de rotación de un panel de la antena, de acuerdo con la invención;
  - figura 2a: un esquema en perspectiva, de un ejemplo de panel radiante de una antena, de acuerdo con una primera forma de realización de la invención;
  - figura 2b: una vista esquemática parcial de la parte superior del panel radiante, de acuerdo con la primera forma de realización de la invención;

- figuras 3a, 3b: dos vistas esquemáticas parciales de detalle que muestran un ejemplo de acoplamiento entre el nivel de guías de onda radiantes y el nivel de guías de onda de distribución, de acuerdo con la invención;
- figura 4: un ejemplo esquemático de un conmutador hiperfrecuencia, de acuerdo con la invención;
- 5 - figuras 5a, 5b: dos esquemas que ilustran la transmisión de una señal de alimentación entre un conmutador hiperfrecuencia y una guía de onda radiante, para un primer sentido, respectivamente para un segundo sentido, de polarización circular, de acuerdo con la primera forma de realización de la invención;
- figura 6a: un esquema en perspectiva de un ejemplo de panel radiante de una antena, de acuerdo con una segunda forma de realización de la invención;
- 10 - figura 6b: una vista esquemática parcial de la parte central del panel radiante, de acuerdo con una segunda forma de realización de la invención;
- figuras 7a, 7b: dos esquemas que ilustran la transmisión de una señal de alimentación entre un conmutador hiperfrecuencia y una guía de onda radiante, para un primer sentido, respectivamente para un segundo sentido, de polarización circular, de acuerdo con la segunda forma de realización de la invención;
- 15 - figura 7c: un esquema que ilustra el montaje de un conmutador en una guía de onda de distribución, entre dos paredes de separación, de acuerdo con la invención;
- figura 7d: un esquema que ilustra una variante de implantación de los conmutadores con respecto a la línea central del panel de la antena, de acuerdo con la invención;
- figura 8a, 8b: dos vistas esquemáticas, respectivamente en perspectiva y de frente, de un primer ejemplo de motivo grabado para un elemento radiante capaz de funcionar en polarización circular derecha e izquierda, de acuerdo con la invención;
- 20 - figura 8c: una vista en perspectiva de un primer ejemplo de guía radiante equipada con varios elementos radiantes cuyo motivo grabado corresponde al de la figura 8a, de acuerdo con la invención;
- figura 9: una vista esquemática en perspectiva de un segundo ejemplo de motivo grabado para un elemento radiante capaz de funcionar en polarización circular derecha e izquierda, de acuerdo con la invención;
- 25 - figura 10a: una vista esquemática en perspectiva de un tercer ejemplo de motivo grabado para un elemento radiante capaz de funcionar en polarización circular derecha e izquierda, de acuerdo con la invención;
- figura 10b: una vista en perspectiva de un segundo ejemplo de guía radiante equipado con varios elementos radiantes cuyo motivo grabado corresponde al de la figura 10a, de acuerdo con la invención.

30 La figura 1a muestra un ejemplo de antena que se puede montar sobre un terminal aerotransportado. La antena consta de un primer panel 10 que consta de una primera superficie radiante que funciona en emisión TX y de un segundo panel 11 que consta de una segunda superficie radiante que funciona en recepción RX, estando los dos paneles 10, 11 de la antena montados sobre una plataforma acimutal común 12, accionada en rotación alrededor de un eje central acimutal 17 por un primer motor 13. Cada panel 10, 11 de la antena está, además, accionado en rotación alrededor de un primero, respectivamente de un segundo, eje de elevación 18 por un segundo, respectivamente por un tercer motor 14, 15. Cada panel 10, 11 es una antena activa sobre un eje de desalineación electrónico, por ejemplo horizontal, y realiza por lo tanto un barrido 16 electrónico de los haces a lo largo de este eje de desalineación. La figura 1b, en la cual se representa un único panel, ilustra los diferentes movimientos de rotación de cada panel de la antena.

40 Las figuras 2a y 2b son dos esquemas en perspectiva de un ejemplo de realización de un panel de una antena, de acuerdo con una primera forma de realización de la invención. El panel de la antena consta de un soporte 20 que consta de una cara delantera plana, dispuesta en paralelo a un plano XY, en la cual está fijada una red radiante 21 y una cara trasera, opuesta a la cara delantera, en la cual está fijada una tarjeta electrónica 22 que consta de unos dispositivos activos de mando y de control del funcionamiento de la red radiante 21. Unos pasos están dispuestos en el soporte 20 y unas interfaces de transición están dispuestas entre el soporte 20 y la red radiante 21 de la antena para permitir que las señales de mando, de control y de alimentación de la antena atraviesen el soporte y para garantizar las conexiones entre los dispositivos activos y la red radiante. El soporte 20 puede constar de unos medios de enfriamiento, como unos conductos de calor 25, que permiten disipar el calor de los dispositivos activos del panel.

50 La red radiante 21 consta de un primer nivel radiante compuesto por una red de N guías de onda radiantes 26, en la que N es un número entero superior a 1, dispuestas en paralelo unas junto a las otras, y de un segundo nivel de distribución que consta de una red de N guías de onda de distribución 23 dispuestas en paralelo unas junto a las otras, superponiéndose el primer nivel radiante por encima del segundo nivel de distribución. Cada guía de onda radiante 26 está acoplada a una guía de onda de distribución 23 que es específica para ella, por medio de al menos dos ranuras de acoplamiento que constituyen los puertos de entrada/salida 40, 41, de la guía de onda radiante, como se representa por ejemplo en las figuras 3a y 3b, y en las figuras 5a y 5b.

60 Las N guías de onda radiantes 26 forman N líneas radiantes dispuestas en paralelo unas junto a las otras, extendiéndose cada guía de onda radiante 26 de la red radiante 21 a lo largo de una dirección longitudinal X, que tiene una anchura P que corresponde al paso de la red a lo largo de una dirección Y y que tiene una sección transversal YZ rectangular. Cada guía de onda radiante 26 consta de una pared delantera longitudinal que constituye una cara radiante de la guía, de una pared trasera longitudinal opuesta a la cara delantera, y de dos paredes transversales, formando el conjunto de las caras radiantes de las N guías de onda una superficie radiante del panel de la antena. La pared delantera de cada guía de onda radiante 26 consta de varios elementos radiantes

27 alineados, grabados periódica y regularmente separados por una misma distancia D a lo largo de la dirección longitudinal X de la guía de onda. Cada elemento radiante 27 está compuesto por una o varias ranuras radiantes grabadas en la pared superior de la guía de onda según un motivo geométrico previamente seleccionado. Cada guía de onda radiante 26 consta de un primer puerto de entrada/salida 40 compuesto por una primera ranura de acoplamiento y de un segundo puerto de entrada/salida 41 compuesto por una segunda ranura de acoplamiento, pudiendo aplicarse una señal de alimentación de la guía de onda radiante 26 bien en el primer puerto de entrada/salida 40 para obtener una radiación en un primer sentido de polarización circular, por ejemplo circular derecho, o bien en el segundo puerto de entrada/salida 41 para obtener una radiación en un segundo sentido de polarización circular, por ejemplo circular izquierda. Los elementos radiantes 27 seleccionados están preparados para irradiar directamente en doble polarización circular, sin tener que añadir una rejilla polarizadora, dependiendo el sentido de la polarización circular del sentido de alimentación de la guía de onda radiante 26. El primer puerto de entrada/salida 40 se puede disponer por ejemplo en un extremo superior 28 de la guía de onda radiante 26 y el segundo puerto de entrada/salida 41 se puede situar por ejemplo en un extremo inferior 29 de la guía de onda radiante 26. Para que las radiaciones emitidas en los dos sentidos de polarización sean simétricas, cada guía de onda radiante 26 equipada con unos elementos radiantes 27 es, de preferencia, simétrica con respecto a los dos puertos de entrada/salida 40, 41.

Como se representa de forma parcial en las figuras 3a y 3b, las ranuras de acoplamiento que corresponden a los puertos de entrada/salida 40, 41 están realizadas en las paredes longitudinales superpuestas de cada guía de onda distribución 23 y de cada guía de onda con ranuras radiantes 26 correspondientes. La primera ranura de acoplamiento que constituye el primer puerto de entrada/salida 40 está situada en el extremo superior 28 de la guía de onda radiante 26 y la segunda ranura de acoplamiento que constituye el segundo puerto de entrada/salida 41 está situado en el extremo inferior 29 de la guía de onda radiante 26. Cada guía de onda radiante está alimentada por medio de una guía de onda de distribución 23 correspondiente y por medio bien de la ranura de acoplamiento superior correspondiente al puerto 40, o bien de la ranura de acoplamiento inferior correspondiente al puerto 41, según el sentido de la polarización circular seleccionado.

El sentido de alimentación de cada guía de onda radiante 26 se selecciona por medio de un conmutador específico hiperfrecuencia 30 del que se representa un ejemplo de forma esquemática en la figura 4, siendo el número N de conmutadores igual al número N de guías de onda radiantes. Cada conmutador hiperfrecuencia 30 consta de una entrada hiperfrecuencia 31 diseñada para recibir una señal de alimentación hiperfrecuencia 32, de una entrada de control 33 diseñada para recibir una señal de control 38 de selección del sentido de la polarización, de una primera salida 34 diseñada para enviar la señal de alimentación a un primer puerto de entrada/salida 36 de una guía de distribución 23, y de una segunda salida 35 diseñada para enviar la señal de alimentación a un segundo puerto de entrada/salida 37 de una guía de distribución 23. Las dos salidas 34, 35 del conmutador hiperfrecuencia 30 están respectivamente conectadas, por medio de unos medios de transición no representados, al primer y al segundo puertos de entrada/salida 36, 37 de una guía de distribución. Según el sentido, derecho o izquierdo, de polarización deseado, la señal de control de la polarización aplicada en la entrada de control 33 del conmutador hiperfrecuencia 30 selecciona la posición 1, 2 del conmutador 30 y conecta la entrada hiperfrecuencia 31 del conmutador 30 con la primera salida 34 o con la segunda salida 35 del conmutador 30. Una señal de alimentación hiperfrecuencia 32 aplicada en la entrada hiperfrecuencia 31 del conmutador 30 se transmite entonces bien al primer puerto de entrada/salida 36, bien al segundo puerto de entrada/salida 37, de la guía de distribución al cual el conmutador 30 está conectado, según la posición 1, 2 del conmutador 30 seleccionada.

De acuerdo con la primera forma de realización de la invención que se representa en las figuras 2a y 2b, los N conmutadores 30 asociados respectivamente a las N guías de distribución 23 y a las N guías de onda radiantes 26 están montados en la cara delantera del soporte 20, en un alojamiento 24 realizado en una parte superior del panel de la antena. Como se representa esquemáticamente en las figuras 5a y 5b, la guía de onda de distribución 23 consta de dos partes de guía, superior 50 e inferior 51, diferentes separadas por una pared interna transversal 52, estando respectivamente cada parte 50, 51 de guía de distribución acoplada a la guía de onda radiante 26 correspondiente por medio bien de la ranura de acoplamiento superior correspondiente al primer puerto de entrada/salida 40, o bien de la ranura de acoplamiento inferior correspondiente al segundo puerto de entrada/salida 41. En esta primera forma de realización, la pared interna transversal 52 está dispuesta cerca del extremo superior 28 de la guía radiante 26, justo aguas abajo de la ranura de acoplamiento superior. Las dos partes superior 50 e inferior 51 de la guía de distribución 23 tienen, por lo tanto, longitudes muy diferentes. La primera salida 34 del conmutador 30 está conectada al primer puerto de entrada/salida superior 40 de una guía de onda radiante 26 por medio de la parte superior 50 de la guía de distribución 23. La segunda salida 35 del conmutador 30 está conectada al segundo puerto de entrada/salida inferior 41 de la misma guía de onda radiante 26 por medio de la parte inferior 51 de la guía de distribución 23.

En un primer sentido de polarización circular, por ejemplo derecho, una señal de alimentación aplicada en la entrada hiperfrecuencia del conmutador 30 se transmite a la primera salida del conmutador 30, por ejemplo superior 34, seleccionada por la señal 38 de control de posición del conmutador 30 y aplicada en el puerto de entrada/salida superior 40 de una guía de onda radiante 26 por medio de la parte superior 50 de una guía de onda de distribución 23 correspondiente al cual está conectado el conmutador 30. La energía de la señal se propaga a continuación por la guía de onda radiante 26, desde el puerto superior 40 hacia el extremo inferior 29 de la guía de onda radiante 26, a continuación la irradian los diferentes elementos radiantes 27 grabados en la pared delantera de dicha guía de

onda radiante 26 correspondiente de la antena.

En un segundo sentido de polarización circular, por ejemplo izquierdo, una señal de alimentación 32 aplicada en la entrada hiperfrecuencia 31 del conmutador 30 se transmite a la segunda salida del conmutador, por ejemplo inferior 35, seleccionada por la señal 38 de control de posición del conmutador y aplicada en la entrada de la parte inferior de la guía de onda de distribución 51 al cual está conectado el conmutador 30. La señal de alimentación se propaga entonces por la guía de onda de distribución inferior 51 hasta el puerto de entrada/salida inferior 41 compuesto por la ranura de acoplamiento inferior que acopla la guía de onda de distribución inferior 51 a la guía de onda radiante 26 correspondiente. La energía de la señal transmitida por medio de la ranura de acoplamiento inferior se propaga a continuación por la guía de onda radiante correspondiente en sentido contrario al que corresponde a la polarización circular derecha, es decir, en el presente caso, desde el puerto de entrada/salida inferior 41 hacia el extremo superior 28 de la guía de onda radiante, a continuación la irradian los diferentes elementos radiantes 27 grabados en la pared delantera de dicha guía de onda radiante correspondiente de la antena.

Esta primera forma de realización presenta varios inconvenientes. Por una parte, la alimentación de la red radiante en los dos sentidos de polarización circular no puede ser simétrica a causa del desequilibrio de la colocación de los conmutadores 30. En efecto, al estar los conmutadores 30 situados cerca del puerto de entrada/salida superior 40 de las guías de onda radiantes 26, este puerto de entrada/salida superior 40 se ve favorecido desde el punto de vista de las pérdidas hiperfrecuencia RF. Por el contrario, los conmutadores 30 están alejados del puerto inferior 41 de las guías de onda radiantes 26 lo que conlleva pérdidas hiperfrecuencia RF adicionales con respecto al puerto de entrada/salida superior 40. Por otra parte, esta primera forma de realización no permite optimizar la superficie radiante de la antena a causa del tamaño de los conmutadores 30 que ocupan la parte superior de la cara delantera del panel de la antena, lo que provoca una pérdida de directividad de la antena que no puede ocupar toda la superficie física del panel.

De acuerdo con una segunda forma preferente de realización de la invención que se representa en las figuras 6a y 6b, el panel de la antena consta, montado en su cara delantera, de un primer nivel radiante que consta de N guías de onda radiantes 26 dispuestas en paralelo unas junto a las otras y de un segundo nivel de distribución que consta de N guías de onda de distribución 23 dispuestas en paralelo unas junto a las otras, superponiéndose el primer nivel radiante por encima del segundo nivel de distribución, estando cada guía de onda radiante 26 acoplada a una guía de onda de distribución 23 correspondiente. Cada guía de onda de distribución 23 está separada, en su mitad, a la altura de una línea central L del panel de antena, siendo la línea L paralela al eje Y, en dos partes de guías de onda de distribución, respectivamente superior 50 e inferior 51, por ejemplo por medio de una pared de separación transversal 52 que se extiende en el interior de la guía de onda de distribución 23 y que forma un cortocircuito con las paredes de la guía de onda de distribución 23. En esta segunda forma de realización, las dos partes, superior 50 e inferior 51, constituyen dos medias guías de onda de distribución idénticas e independientes entre sí. Como se representa de forma parcial en las figuras 6a y 6b, cada guía de onda radiante 26 está acoplada a las dos medias guías de onda, superior 50 e inferior 51, de la guía de distribución 23 correspondiente por medio de al menos dos ranuras de acoplamiento, superior e inferior, realizadas en las paredes longitudinales superpuestas de cada media guía de distribución superior 50 e inferior 51 y de la guía de onda con ranuras radiantes 26 correspondientes. La primera ranura de acoplamiento está situada en el extremo superior de la guía de onda radiante 26 y la segunda ranura de acoplamiento está situada en el extremo inferior de la guía de onda radiante 26. Las dos ranuras de acoplamiento, superior e inferior constituyen respectivamente el primer y el segundo puerto de entrada/salida 40, 41 de las guías de onda radiantes 26. Las N guías de onda radiantes 26 y las N guías de onda de distribución 23 están cerradas por una pared transversal que forma un cortocircuito en sus dos extremos respectivos, superior 28' e inferior 29'.

De acuerdo con esta segunda forma de realización de la invención, los N conmutadores hiperfrecuencia 30 asociados respectivamente a las N guías de onda radiantes 26 están montados en la cara delantera del soporte del panel de la antena, a la altura de la línea central del panel de la antena y a la altura de la pared de separación 52 de las medias guías de onda de distribución 50, 51, y las dos salidas 34, 35 de cada conmutador 30 están respectivamente conectadas a dos entradas correspondientes 36, 37 realizadas en cada media guía de onda de distribución 23, a ambos lados de la pared de separación 52 entre dos medias guías de onda 50, 51 de una misma guía de distribución 23. Los N conmutadores 30 pueden estar situados dentro de un alojamiento realizado entre el soporte 20 del panel de la antena y los dos niveles de guías de onda de distribución y de guías de onda radiantes.

De manera alternativa, como se representa de forma esquemática en la figura 7c, los N conmutadores 30 pueden estar situados dentro de un alojamiento realizado en el interior de cada guía de onda de distribución 23. En este caso, la pared de separación transversal 52 de las medias guías de onda de distribución superior e inferior se sustituye por dos paredes de separación transversales 60, 61, separadas entre sí, formando el espacio entre las dos paredes de separación el alojamiento dentro del cual se inserta cada conmutador 30.

Dicha configuración de alimentación de la red radiante por la mitad del panel de la antena permite, por una parte, simetrizar perfectamente los comportamientos hiperfrecuencia de la red radiante de la antena en los dos sentidos de polarización circular y, por otra parte, el uso total de la superficie del panel para la irradiar.

Como se representa de forma esquemática en las figuras 7a y 7b, el funcionamiento de la antena es similar al que corresponde a la primera forma de realización. En un primer sentido de polarización circular, por ejemplo derecho, una señal de alimentación 32 aplicada en la entrada hiperfrecuencia 31 del conmutador 30 se transmite en la primera salida del conmutador, por ejemplo superior 34, seleccionada por la señal 38 de control de posición del conmutador 30 y se aplica en la entrada 36 de la media guía de onda de distribución superior 50 a la cual está conectado el conmutador 30. La señal de alimentación se propaga entonces por la media guía de onda de distribución superior 50 hasta la ranura de acoplamiento superior correspondiente al puerto de entrada/salida superior 40 de una guía de onda radiante 26 correspondiente. La energía de la señal transmitida por medio de la ranura de acoplamiento superior se propaga a continuación por la guía de onda radiante 26, desde el puerto de entrada/salida superior 40 hacia el extremo inferior 29 de la guía de onda radiante, a continuación la irradian los diferentes elementos radiantes 27 grabados en la pared delantera de dicha guía de onda radiante de la antena.

En un segundo sentido de polarización circular, por ejemplo izquierdo, una señal de alimentación 32 aplicada en la entrada hiperfrecuencia 31 del conmutador 30 se transmite en la segunda salida del conmutador, por ejemplo inferior 35, seleccionada por la señal 38 de control de posición del conmutador y se aplica en la entrada 37 de la media guía de onda de distribución inferior 51 a la cual está conectado el conmutador 30. La señal de alimentación se propaga entonces por la media guía de onda de distribución inferior 51 hasta la ranura de acoplamiento inferior que acopla la media guía de onda de distribución inferior 51 a una guía de onda radiante 26 correspondiente. La energía de la señal transmitida por medio de la ranura de acoplamiento inferior se propaga a continuación por la guía de onda radiante 26 en el sentido contrario al que corresponde a la polarización circular derecha, es decir en el presente caso, desde el puerto de entrada/salida inferior 41 hacia el extremo superior 28 de la guía de onda radiante, a continuación la irradian los diferentes elementos radiantes 27 grabados en la pared delantera de dicha guía de onda radiante 26 de la antena.

En esta segunda forma de realización de la invención, al estar los N conmutadores 30 localizados entre el soporte 20 del panel de la antena y los dos niveles de guías de onda de distribución y de guías de onda radiantes, esto permite disponer de toda la superficie del panel para la superficie radiante. Además, al estar los N conmutadores 30 localizados en la zona central de la antena, a la altura de las paredes de separación 52 de las medias guías de onda de distribución, superiores e inferiores, la propagación de las señales y los rendimientos de la antena en los dos sentidos de polarización son perfectamente simétricos. Esta configuración de antena presente, por lo tanto, una ventaja en el nivel de los rendimientos de radiofrecuencia, de la directividad y de la ganancia de la antena, y permite aumentar la densidad de energía que irradia la antena sin aumentar su tamaño, lo que es aun más importante porque los terminales son de pequeño tamaño y funcionan en condiciones de movilidad.

El montaje de los conmutadores a la altura de la línea central del panel de la antena permite un equilibrado perfecto de los comportamientos de la antena según cada una de las polarizaciones. Sin embargo, por motivos de implantación o de tamaño, son posibles otras disposiciones de los diferentes conmutadores. En particular, los conmutadores pueden no estar todos situados a lo largo de una misma línea y, por ejemplo, se pueden disponer los conmutadores al tresbolillo a ambos lados de la línea central del panel de la antena, o escalonarlos los unos respecto a los otros de tal modo que se simplifique su alojamiento en el interior del panel de la antena. El escalonamiento de los conmutadores se puede realizar desde la línea central hacia la parte superior del panel de la antena y aproximarse al puerto de entrada/salida superior 40 o hacia la parte inferior del panel de la antena y aproximarse al puerto de entrada/salida inferior 41 o de forma alterna hacia la parte superior y luego hacia la parte inferior del panel de la antena.

La figura 7d ilustra en particular un ejemplo en el cual tres conmutadores sucesivos están escalonados desde la línea central hacia la parte superior del panel de la antena. De este modo, un primer conmutador está situado a la altura de la línea central L del panel, un segundo conmutador está desplazado hacia la parte superior del panel, ligeramente por encima de la línea central y un tercer conmutador está separados hacia la parte superior de forma más importante, por encima de la línea central.

El escalonamiento de los conmutadores desde la línea central y en un mismo sentido, por ejemplo hacia la parte superior del panel, se puede realizar en varios conmutadores sucesivos, por ejemplo cuatro conmutadores sucesivos, y a continuación se reproduce de forma idéntica en los cuatro conmutadores siguientes, estando el quinto conmutador situado a la altura de la línea central, y así sucesivamente hasta el último conmutador.

El motivo de los elementos radiantes 27 grabados debe tener una geometría que permita una radiación en doble polarización circular sin añadir rejilla polarizadora. Son posibles diferentes geometrías. De acuerdo con un primer ejemplo de geometría representado en las figuras 8a a 8c, cada elemento radiante puede estar formado por un motivo grabado que consta de dos primeras ranuras idénticas dispuestas en forma de cruz simétrica y que forman un ángulo de 90° entre sí y de dos segundas ranuras idénticas dispuestas en forma de V simétrica y que forman un ángulo de 90° entre sí. La cruz y la V de un mismo motivo están grabados a ambos lados de una línea central longitudinal de la pared delantera de la guía de onda con ranuras y tienen un mismo eje de simetría perpendicular a dicha línea central y que pasa por el centro de la cruz. Dicho eje de simetría corresponde entonces al centro de fase de la señal que irradia el elemento radiante correspondiente, en los dos sentidos de polarización circular derecho e izquierdo.

5 Como alternativa, de acuerdo con el segundo y el tercer ejemplos de geometría que se representan respectivamente en las figuras 9, 10a y 10b, el motivo grabado de cada elemento radiante puede constar de una forma geométrica cuadrada o circular, pudiendo esta forma geométrica estar centrada o desplazada con respecto a una línea central de la guía de onda radiante o que se puede combinar con otra forma geométrica de ranuras, por ejemplo en forma de cruz o de V. En la figura 9, la ranura circular está desplazada con respecto a la línea central longitudinal de la pared delantera de la guía de onda radiante. En la figura 10a, la ranura cuadrada también está desplazada con respecto a la línea central longitudinal de la pared delantera de la guía de onda radiante.

10 Las guías de onda utilizadas se pueden realizar con la tecnología de las guías de onda metálicas mecanizadas o con la tecnología de las tarjetas de circuitos impresos PCB (en inglés *Printed Circuit Board*). De acuerdo con esta tecnología, conocida con el nombre de SIW (en inglés: *Substrate Integrated Waveguide*) o con el nombre de laminado (en inglés: *laminated*) las guías de ondas se imprimen en una capa de dieléctrico situada entre dos planos metálicos de una estructura multicapa, formando los dos planos metálicos las paredes longitudinales delantera y trasera de las guías de onda, y las paredes transversales de las guías de onda se realizan mediante unas disposiciones regulares de agujeros metalizados que atraviesan el dieléctrico y que unen los dos planos metálicos.

15 En este caso, los elementos radiantes se realizan mediante un procedimiento de fotolitografía que permite en el entorno de las ranuras del motivo radiante retirar localmente la capa metálica superior en el plano metálico superior de cada guía de onda radiante.

20 El conmutador utilizado puede ser de diferentes tecnologías. La elección se realiza en función del espacio disponible, de las pérdidas aceptables y de la facilidad de conexión con una estructura mecánica y eléctrica. A título de ejemplo no limitativo el conmutador puede ser un conmutador de ferritas lo que permite minimizar las pérdidas de conmutación o un conmutador electromecánico lo que permite minimizar su tamaño.

Aunque se ha descrito la invención en relación con unas formas particulares de realización, es evidente que no está en modo alguno limitada a esta y que comprende todos los equivalentes técnicos de los medios así descritos como sus combinaciones si estas entran dentro del marco de la invención.

25

## REIVINDICACIONES

1. Antena plana para un terminal que funciona en doble polarización circular, que consta de al menos un panel que se extiende a lo largo de un plano XY, **caracterizada porque** el panel de la antena consta de:
- 5 - una primera red de N guías de onda radiantes (26) que consta de unos elementos radiantes (27) con doble sentido de polarización circular, en el que N es un número entero superior a 1, constando cada guía de onda radiante (26) de dos puertos de entrada/salida, respectivamente superior (40) e inferior (41);
  - una segunda red de N guías de onda de distribución (23) respectivamente acopladas a las N guías de onda radiantes (26), constando cada guía de onda de distribución de dos partes independientes, respectivamente superior (50) e inferior (51);
  - 10 - N conmutadores hiperfrecuencia (30), constando cada conmutador hiperfrecuencia (30) de una entrada hiperfrecuencia (31), de una primera salida hiperfrecuencia (34) conectada al primer puerto de entrada/salida superior (40) de una guía de onda radiante (26) por medio de la parte superior (50) de una guía de onda de distribución (23) acoplada a la guía de onda radiante (26) y de una segunda salida hiperfrecuencia (35) conectada al segundo puerto de entrada/salida inferior (41) de la misma guía de onda radiante (26) por medio de la parte inferior (51) de la misma guía de onda de distribución (23) acoplada a la guía de onda radiante (26), de una entrada de control (33) de posición (1, 2) del conmutador (30) capaz de conmutar la entrada hiperfrecuencia (31) del conmutador (30) en la primera o la segunda salida hiperfrecuencia (34, 35) en función del sentido de la polarización circular.
2. Antena plana de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada porque** cada guía de onda radiante (26) equipada con elementos radiantes (27) y con dos puertos de entrada/salida es simétrica.
3. Antena plana de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizada porque** cada guía de onda de distribución (23) consta de al menos una pared transversal (52) de separación de las dos partes de la guía de onda de distribución (50, 51), estando la parte superior (50) y la parte inferior (51) de una misma guía de onda de distribución (23) acopladas a una misma guía de onda radiante (26) respectivamente por medio de una primera ranura de acoplamiento que constituye el puerto de entrada/salida superior (40) y por medio de una segunda ranura de acoplamiento que constituye el puerto de entrada/salida inferior (41).
4. Antena plana de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** los puertos de entrada/salida superiores (40) están situados en un extremo superior (28) de las guías de onda radiantes (26) y **por que los** puertos de entrada/salida inferiores (41) están situados en un extremo inferior (29) de las guías de onda radiantes (26).
5. Antena plana de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** los conmutadores (30) están situados sobre el panel de la antena a la altura de los puertos de entrada/salida superiores (40) de las guías de onda radiantes (26).
6. Antena plana de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada porque** los conmutadores (30) están situados sobre el panel de la antena, a la altura de una línea central L del panel de la antena, a igual distancia de los puertos de entrada/salida superiores (40) e inferiores (41) de las guías de onda radiantes (26).
7. Antena plana de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada porque** los conmutadores (30) están situados sobre el panel de la antena y escalonados unos respecto a los otros desde una línea central L del panel de la antena.
8. Antena plana de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizada porque** las dos partes superior (50) e inferior (51) de una misma guía de onda de distribución (23) son idénticas y están dispuestas simétricamente a ambos lados de la línea central L.
9. Antena plana de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizada porque** cada guía de onda de distribución (23) consta de dos paredes de separación (60, 61) dispuestas a ambos lados de la línea central L y **porque** cada conmutador (30) está montado en una guía de onda de distribución (23) respectiva entre las dos paredes (60, 61).
10. Antena plana de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** las N guías de onda radiantes (26) forman N líneas radiantes dispuestas en paralelo unas junto a las otras, extendiéndose cada guía de onda radiante (26) a lo largo de una dirección longitudinal X, con una anchura P que corresponde al paso de la red a lo largo de una dirección Y y que tiene una sección transversal YZ rectangular.
11. Antena plana de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** los elementos radiantes (27) de cada guía de onda radiante (26) están alineados, grabados periódica y regularmente separados por una misma distancia D a lo largo de la dirección longitudinal X de la guía de onda radiante (26), estando cada elemento radiante (27) compuesto por una o varias ranuras radiantes grabadas según un motivo geométrico radiante directamente en doble polarización circular.

12. Antena plana de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizada porque** el motivo grabado de cada elemento radiante tiene una forma seleccionada entre un círculo, un cuadrado o una combinación de una cruz y de un cheurón simétrico.

5 13. Terminal aerotransportado que consta al menos de una antena plana de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores.

14. Sistema de telecomunicación por satélite que consta al menos de una antena plana de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 12.

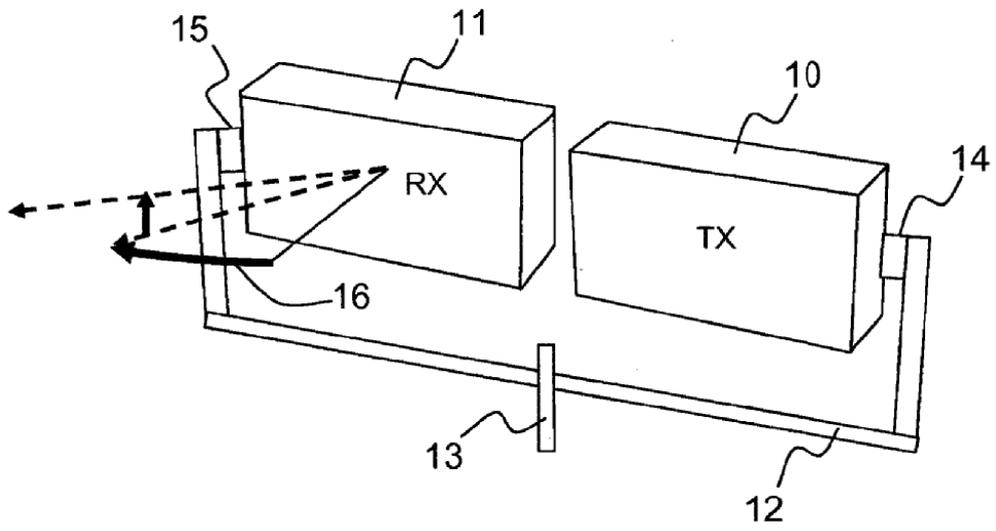


FIG. 1a

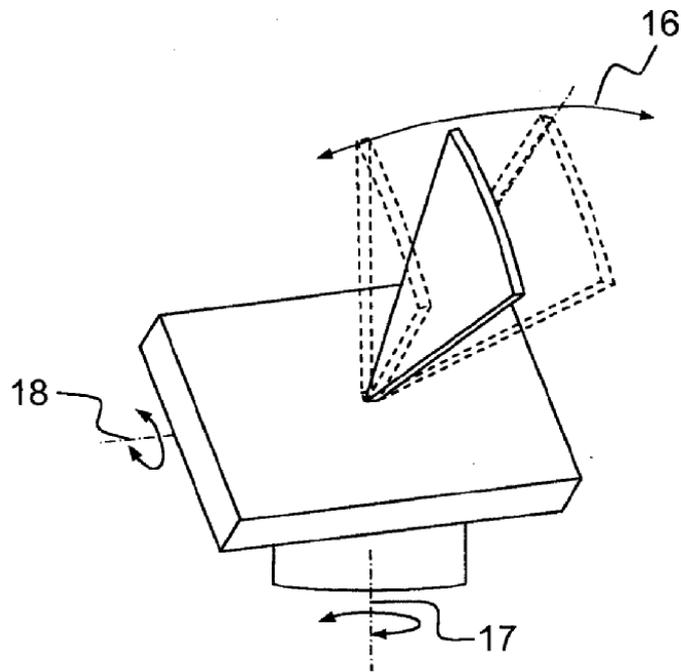


FIG. 1b

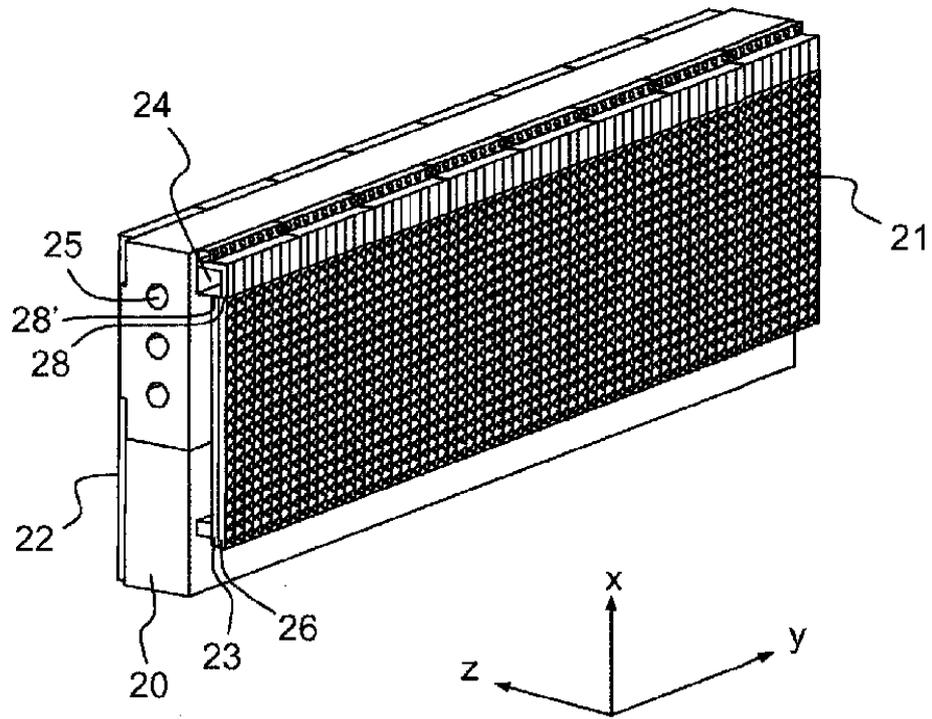


FIG. 2a

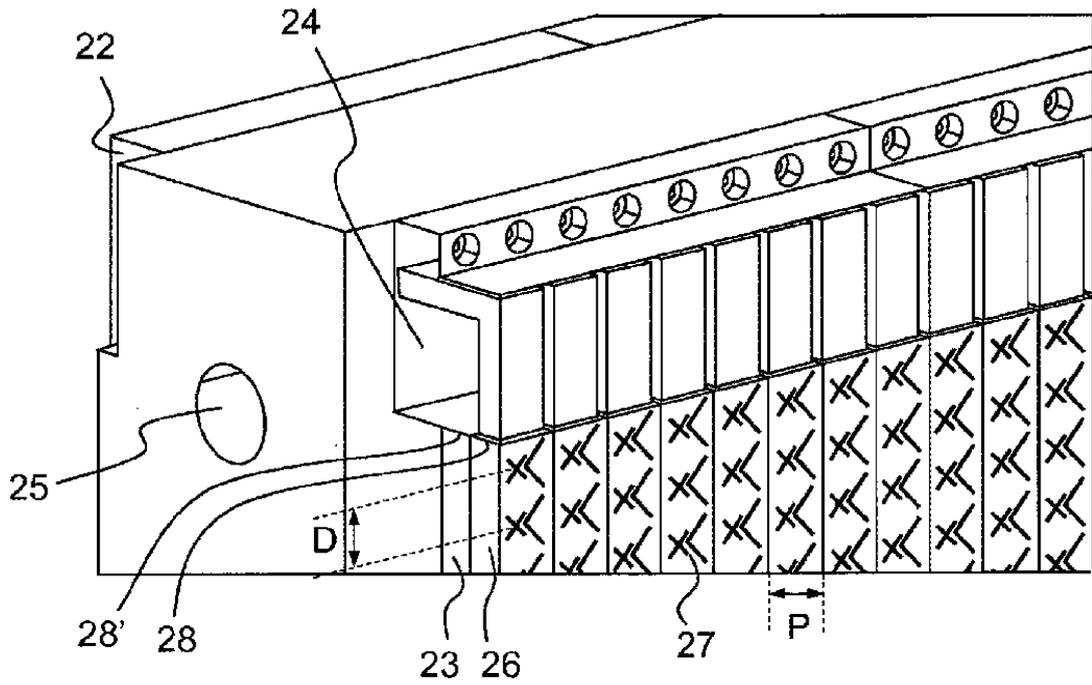


FIG. 2b

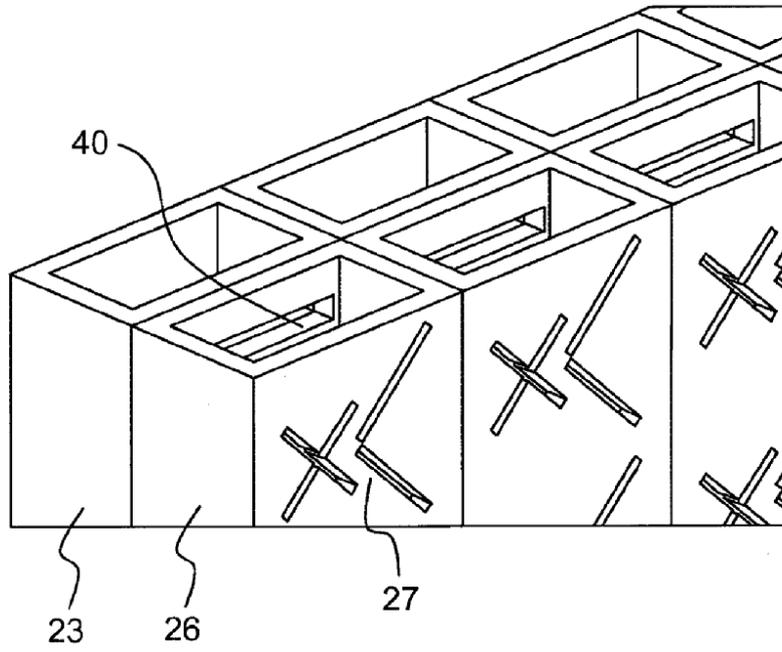


FIG.3a

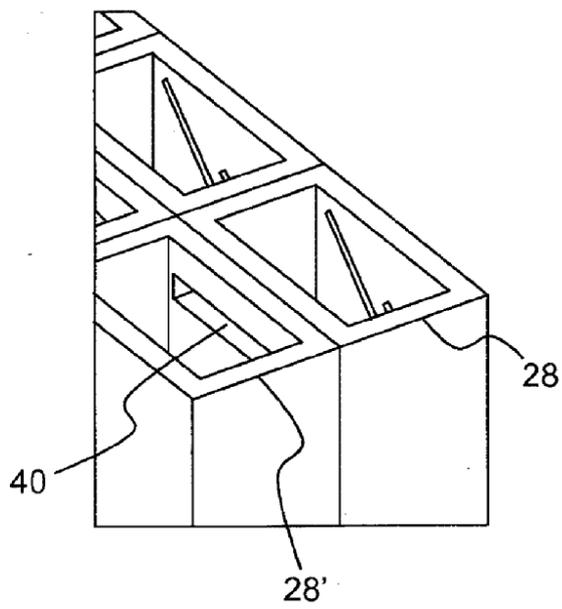
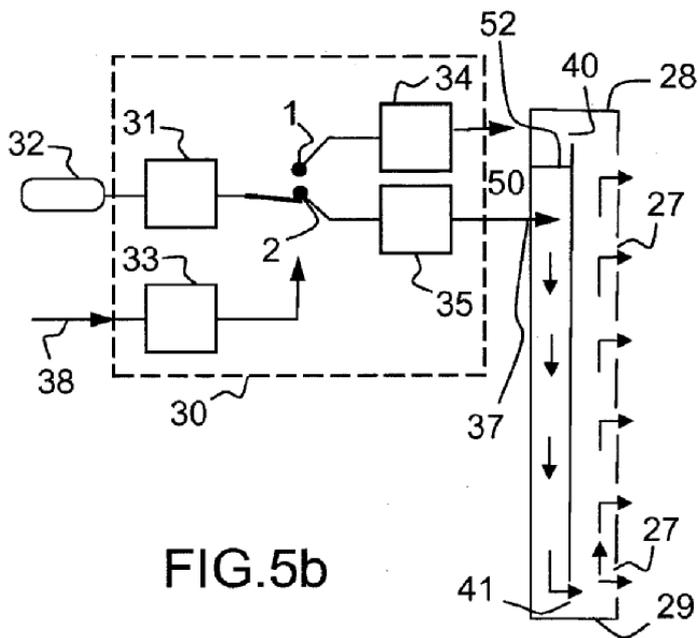
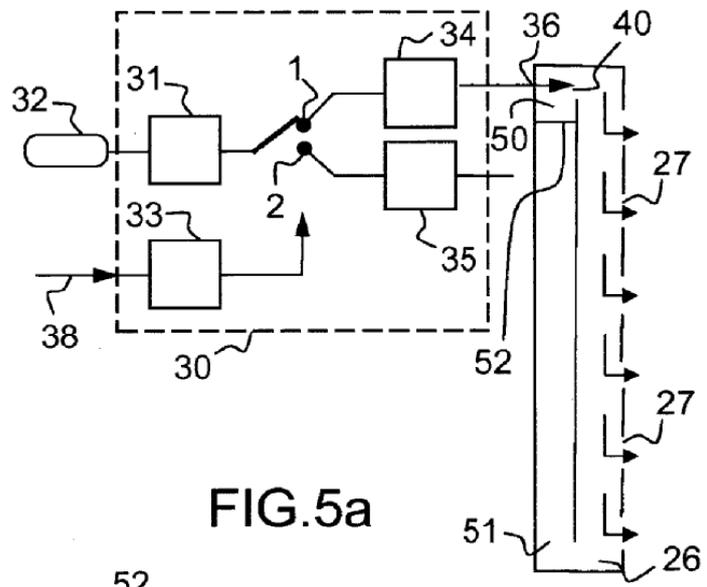
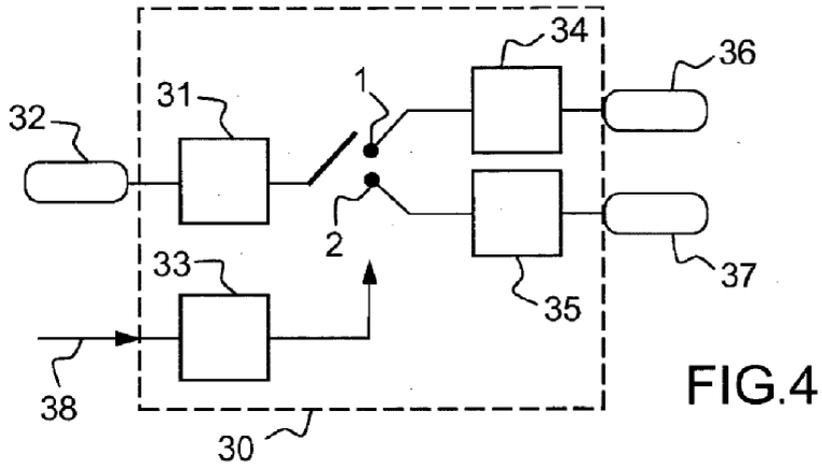


FIG.3b



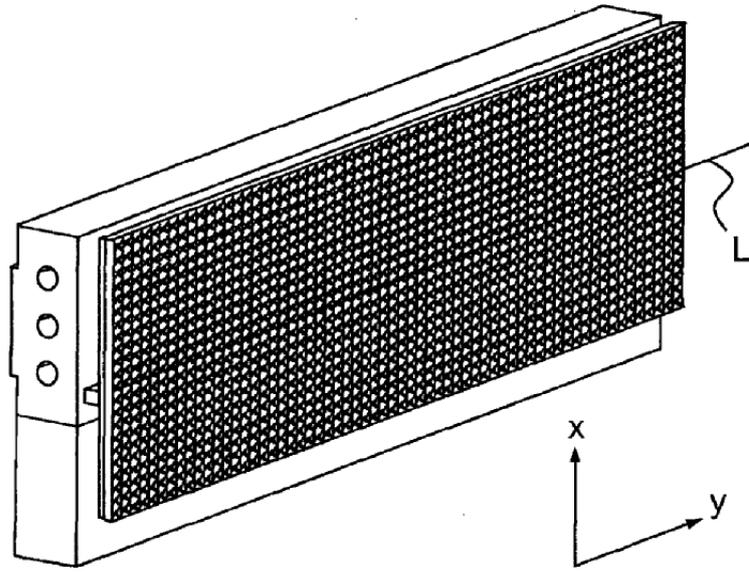
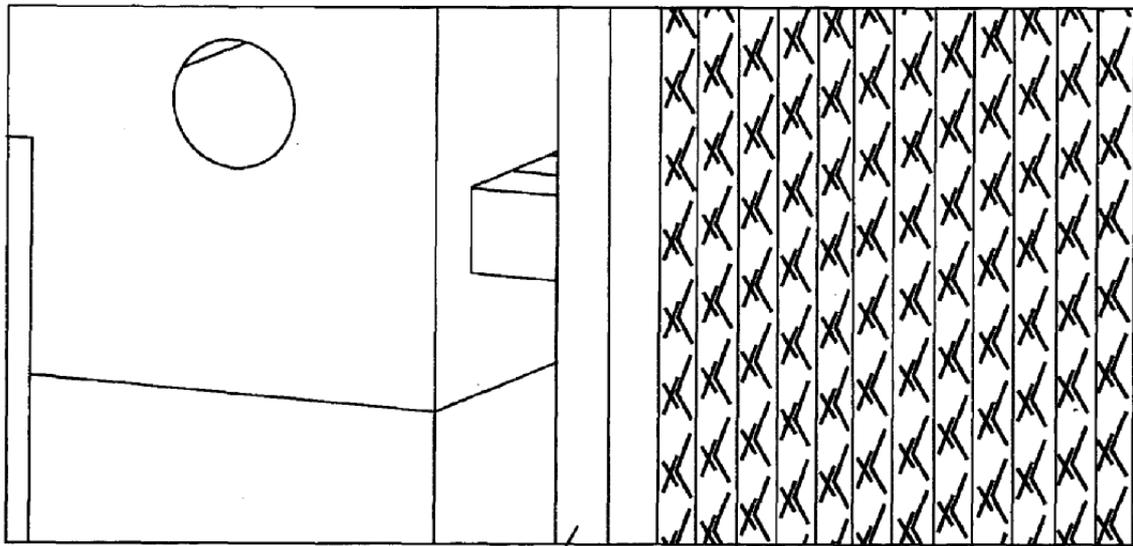


FIG.6a



23

FIG.6b

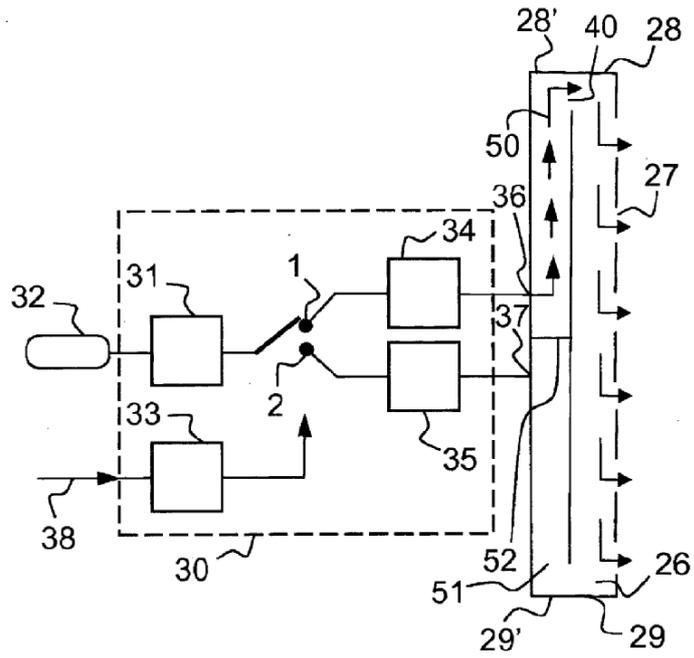


FIG.7a

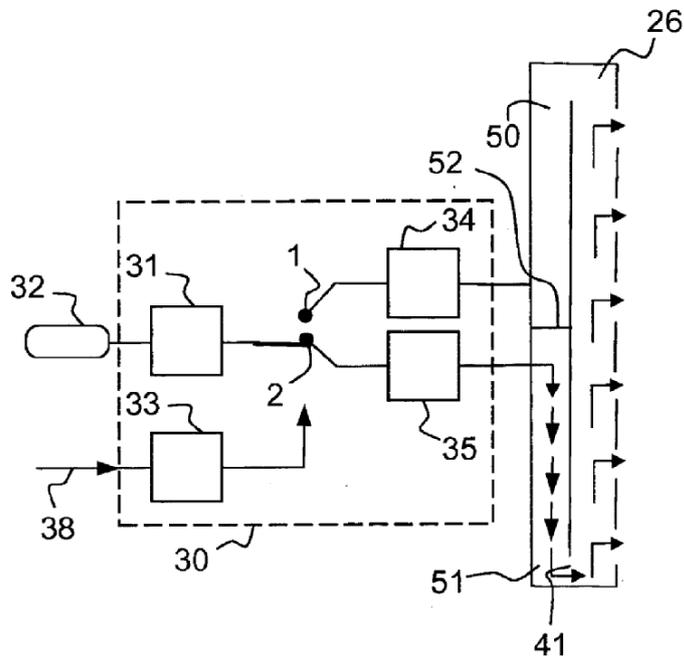


FIG.7b

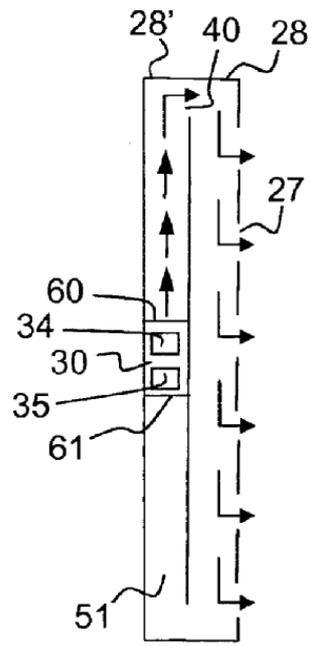


FIG.7c

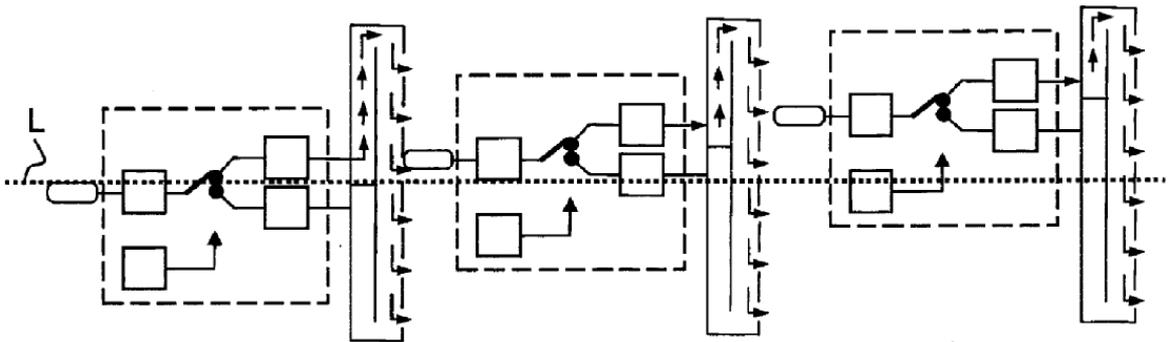


FIG.7d

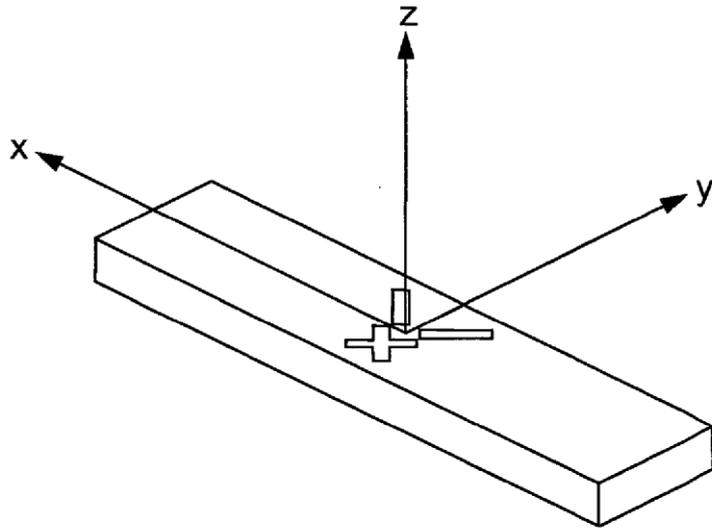


FIG.8a

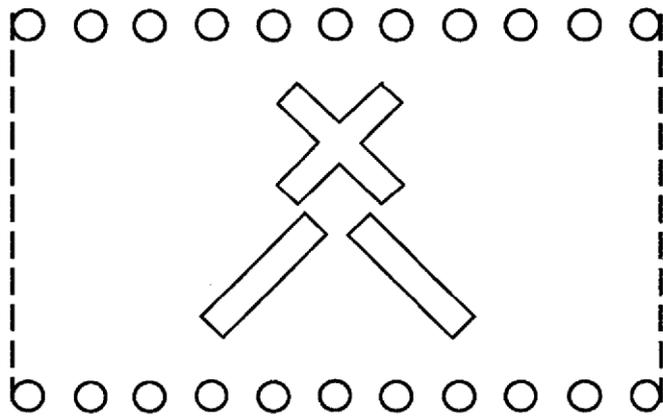


FIG.8b

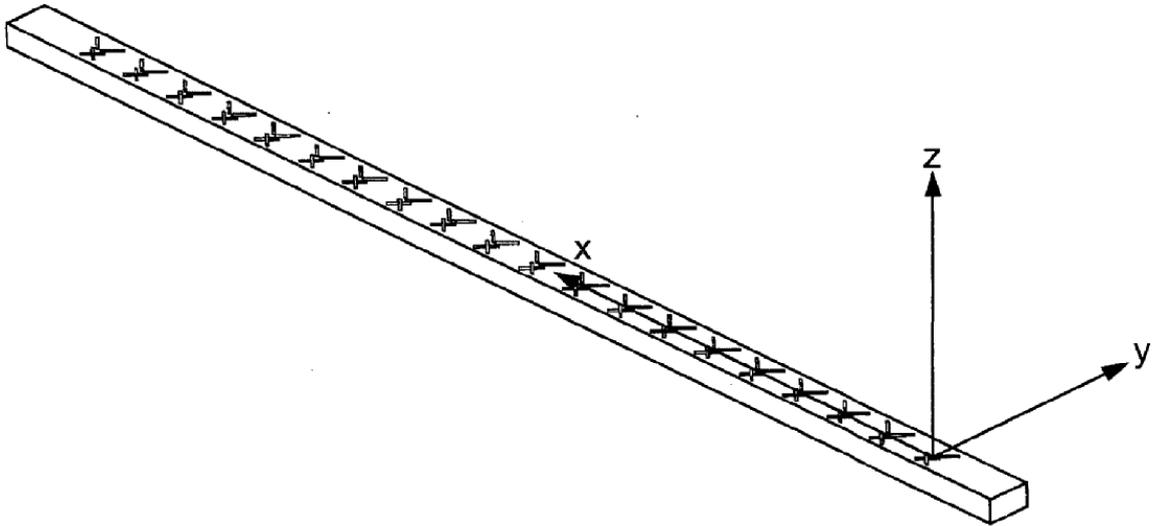


FIG.8c

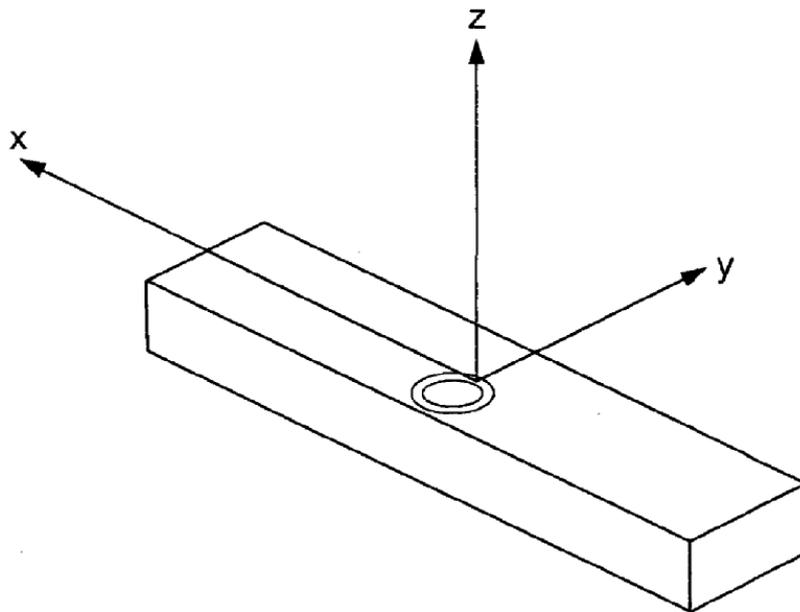


FIG.9

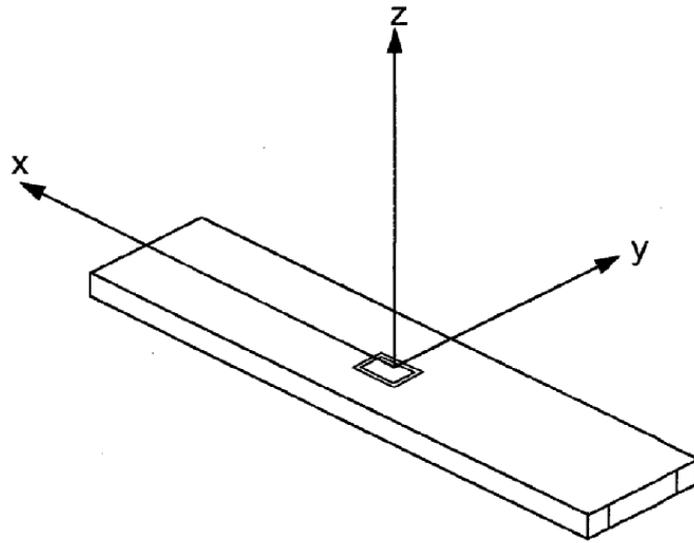


FIG.10a

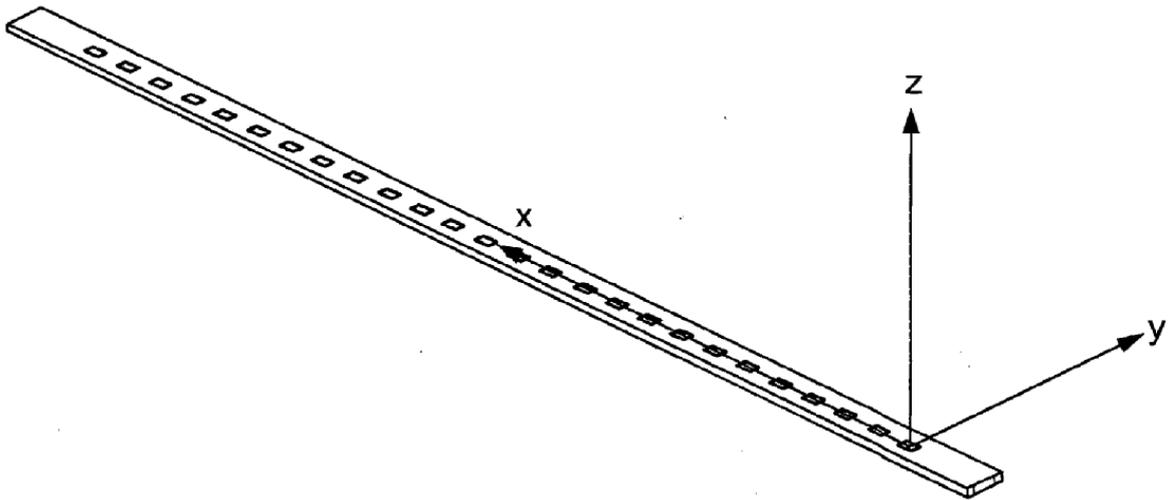


FIG.10b