

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 819 675**

51 Int. Cl.:

H01Q 15/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.09.2017** **E 17306169 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.07.2020** **EP 3454419**

54 Título: **Reflector polarizador para antenas de haces múltiples**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.04.2021

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

LEGAY, HERVÉ;
GOUSSETIS, GEORGE;
TANG, WENXING;
BRESCIANI, DANIELE;
CHINIARD, RENAUD y
FONSECA, NELSON

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 819 675 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

Reflector polarizador para antenas de haces múltiples

Campo técnico de la invención

5 La presente invención se refiere a reflectores polarizadores o superficies reflectantes para antenas, en concreto, para antenas de satélite o antenas de telecomunicaciones terrestres, que reflejan una onda electromagnética incidente mientras se realiza la conversión de polarización de una polarización lineal a una polarización circular.

Antecedentes de la invención

10 Los sistemas de telecomunicaciones espaciales, a veces denominados sistemas Satcom, a menudo usan la polarización como un grado suplementario de libertad para aumentar la eficiencia del espectro en el esquema de reutilización de frecuencia de haces múltiples y, a menudo, usan ondas electromagnéticas (EM) circularmente polarizadas para evitar los problemas asociados con la desalineación de polarización. Este enfoque es válido para antenas tanto de terminal como a bordo de satélites. La generación de esta polarización circular se conoce como una cuestión sensible y generalmente se realiza al nivel de alimentación de una antena reflectora.

15 La mayoría de las antenas de a bordo actuales para aplicaciones de satélite de comunicación, habitualmente aplicaciones de banda ancha y de radiodifusión que operan en las bandas Ku y Ka, generalmente producen polarización circular a nivel de alimentación elemental al usar un componente de guía de ondas polarizador, tal como un polarizador de tabique o un polarizador de iris. Estos polarizadores están conectados a las alimentaciones, y una antena reflectora que produce una cobertura de haces múltiples usará tantos polarizadores como alimentaciones se usen. Estos polarizadores añaden masa y contribuyen al volumen de la agrupación de alimentación, especialmente en bandas de baja frecuencia, tal como en las bandas L, S, C.

20 Como alternativa implementada a veces en antenas de terminal del segmento de tierra de usuario, se usan alimentaciones elementales de baja potencia en combinación con una pantalla polarizadora. Este enfoque requiere a menudo un diseño de múltiples capas de las pantallas, dando como resultado un comportamiento de pérdidas de inserción relativamente altas y una complejidad de fabricación aumentada. Tales pantallas de capas múltiples también se caracterizan por rendimientos de relación axial relativamente pobres sobre el intervalo de exploración y sobre el ancho de banda de frecuencia.

25 Con el fin de superar los inconvenientes de las soluciones citadas anteriormente en el presente documento, en los dos documentos siguientes se han descrito superficies polarizadoras de perfil bajo que operan con una banda única en una quiralidad de polarización para aplicaciones de satélite de banda ancha.

30 Como primer documento, el artículo de K. Kärkkäinen y col., titulado "*Frequency selective surface as a polarization transformer*", *IEE Processing - Microwave Antennas Propagation*, vol. 149, n.º 516, páginas 248-252, 2002, describe agrupaciones metalo-dieléctricas planas doblemente periódicas soportadas por un plano de tierra. Cuando se desprecian las pérdidas térmicas o los lóbulos de difracción, estas estructuras reflejan completamente ondas planas incidentes en una dirección especular con un desplazamiento de fase adaptado. Entre esas superficies, los diseños anisotrópicos imponen un desplazamiento de fase diferencial a las dos polarizaciones de la onda plana entrante. Por lo tanto, se puede conseguir una onda circularmente polarizada reflejada por medio de la fase de reflexión diferencial proporcionada por una superficie de impedancia anisotrópica.

35 Como segundo documento, el artículo de E. Doumanis y col., titulado "*Anisotropic Impedance Surfaces for Linear to Circular Polarization Conversion*", *IEEE Trans. Antennas and Propagation*, vol. 60, n.º 1, enero de 2012, páginas 212-219, describe superficies de impedancia anisotrópica para conversión de polarización lineal a circular que tienen una estructura que es la misma que una del primer documento.

40 De acuerdo con el segundo documento, la polarización circular se caracteriza por un campo eléctrico en el que las dos componentes ortogonales tienen la misma amplitud y 90 grados (o múltiplos impares) de desfase. Una onda linealmente polarizada se puede convertir en una onda circularmente polarizada por medio de un reflector diseñado ingenierilmente, que proporciona esta diferencia de fase entre dos componentes lineales cruzados. En virtud de la anisotropía, es posible controlar o sintonizar de forma independiente las características de reflexión de dos ondas planas incidentes linealmente polarizadas ortogonales y, por lo tanto, conseguir una conversión de polarización lineal a circular.

45 El diseño consiste en una agrupación regular de parches rectangulares sobre un plano de tierra y la respuesta de fase se sintoniza para reflejar las dos ondas planas ortogonales definidas con el primer eje x y el segundo eje y del campo eléctrico (modos de Floquet TE/TM especulares) en cuadratura sobre un intervalo de frecuencia amplio. Como consecuencia, una onda plana linealmente polarizada con una inclinación de 45 grados con respecto a los ejes x e y de la estructura generaría, con una incidencia normal, una señal puramente circularmente polarizada con la misma quiralidad sobre todo el intervalo de frecuencia. Los parámetros para sintonizar la respuesta de la superficie son el parámetro de sustrato (constante dieléctrica ϵ_r y espesor h), la forma del parche rectangular (a, b) y su periodicidad (d_x , d_y).

Como se notifica en el segundo documento, un diseño de este tipo exhibe una banda de frecuencia amplia y un rendimiento estable en términos de relación axial con el ángulo de incidencia. Este diseño se considera industrialmente relevante, debido a que el mismo puede reutilizar todos los desarrollos relacionados con agrupaciones de antenas de reflexión para aplicaciones espaciales. Tener solo una capa también es muy atractivo debido a que se evitan los problemas de desalineación entre capas, conduciendo a un mejor rendimiento de fabricación. Los resultados habituales notificados en el segundo documento indican una relación axial mejor que 1 dB sobre anchos de banda de frecuencia amplia, pero el concepto se restringe a menudo a un intervalo angular estrecho.

Estos conceptos notificados en el mismo documento tienen perfiles alargados. La célula elemental consiste en un dipolo dispuesto en una rejilla rectangular, muy pequeño a lo largo del eje x (alrededor de $0,1 \lambda_g$ a la frecuencia central, en la que λ_g se refiere a la longitud de onda guiada), pero grande a lo largo del eje y ($0,65 \lambda_g$ a la frecuencia central y hasta $0,85 \lambda_g$ a la frecuencia más alta de la banda). Esta característica hace que el diseño sea estable para el ángulo de incidencia en el eje x pero susceptible de lóbulos de difracción en el eje y, incluso a ángulos de incidencia muy bajos.

Recientemente, la superficie polarizadora de perfil bajo del segundo documento se actualizó a aplicaciones de banda doble con polarizaciones ortogonales como se describe en un tercer documento de N. J. G. Fonseca y col., titulado "*High-Performance Electrically Thin Dual-Band Polarizing Reflective Surface for Broadband Satellite Applications*", *IEEE Transactions on Antennas and Propagations*, vol. 64, n.º 2, febrero de 2016, páginas 640-649. En esta superficie de impedancia anisotrópica, una misma polarización lineal se convierte en una quiralidad de polarización circular dada sobre la primera banda de frecuencia y en la ortogonal sobre la segunda banda de frecuencia. Esta característica es de interés para aplicaciones de satélite de comunicaciones, debido a que la mayoría de los sistemas existentes usan polarizaciones ortogonales sobre bandas de frecuencia de transmisión y de recepción. En este diseño, la dimensión de célula unidad más larga es $1,7 \lambda_g$ a la frecuencia de operación más alta, y se pueden mostrar claramente efectos cegadores sobre toda la banda.

El documento de E. Doumanis y col., titulado "*Dual Frequency Polarizing Surfaces For Ka-Band Applications*", *Proceedings of the 6th European Conference on Antennas and Propagation*, abril de 2011, páginas 2206-2208, desvela una superficie polarizadora de banda doble plana para incidencia normal y oblicua. El documento de W. Tang y col. titulado "*Low-Profile Compact Dual-Band Unit Cell for Polarizing Surfaces Operating in Orthogonal Polarizations*", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 65, n.º 3, marzo de 2017, páginas 1472-1477, desvela una superficie polarizadora de banda doble curvada para incidencia normal y oblicua. El documento de S. Sun y col. titulado "*Gradient-index meta-surfaces as a bridge linking propagating waves and surface waves*", *Nature Materials*, vol. 11, mayo de 2012, páginas 426-431, desvela una metasuperficie que forma un haz en una dirección controlable. La solicitud de patente US 2016/0372820 A1 desvela un dispositivo polarizador de banda doble transmisivo basándose en una metaestructura.

Además, las superficies polarizadoras descritas anteriormente en el presente documento y notificadas hasta la fecha en el estado de la técnica se han diseñado y caracterizado solo para una excitación de onda plana. Además, no se ha notificado reflector polarizador alguno con un perfil curvado, tal como, por ejemplo, un paraboloide. Debido a que tales reflectores polarizadores abarcan un amplio intervalo de ángulos de incidencia, un objetivo es reducir el tamaño de la célula para superar la sensibilidad al ángulo de incidencia mientras se mantienen las características de banda grande.

Un primer problema técnico es aumentar la estabilidad y/o disminuir la sensibilidad de la relación axial con el ángulo de incidencia exhibido por superficies polarizadoras eléctricamente delgadas de rendimiento alto para aplicaciones de satélite de banda ancha que convierten una misma polarización lineal en una quiralidad de polarización circular dada sobre una banda de frecuencia, o en una quiralidad de polarización circular dada sobre una primera banda de frecuencia y en la ortogonal sobre una segunda banda de frecuencia.

Un segundo problema técnico, conectado al primer problema técnico, es reducir el tamaño de la célula elemental de tal superficie polarizadora mientras se mantiene el nivel de sensibilidad de relación axial al ángulo de incidencia y las características de banda ancha o de banda doble.

Sumario de la invención

La invención tiene como objeto resolver el primer problema técnico y el segundo problema técnico proporcionando un reflector polarizador como se define en las reivindicaciones adjuntas.

De acuerdo con aspectos adicionales de la invención que son ventajosos pero no obligatorios, el reflector polarizador de acuerdo con la primera, la segunda, la tercera y la cuarta realizaciones podría incorporar la siguiente característica: los reflectores polarizadores como se han definido anteriormente en el presente documento son adecuados para una aplicación de satélite de banda ancha y tienen un perfil plano delgado o curvado delgado.

Breve descripción de los dibujos

La invención se entenderá mejor basándose en la siguiente descripción que se da en correspondencia con las

figuras adjuntas y como ejemplo ilustrativo, sin restringir el objeto de la invención. En las figuras adjuntas:

- las figuras 1A y 1B son, respectivamente, una vista frontal y una vista lateral de un reflector polarizador de acuerdo con una primera realización de la invención;
- 5 - la figura 2 es el circuito eléctrico equivalente en serie LC de la agrupación de parches descrita en las figuras 1A-1B operando en modo dipolar y capacitivo a través de los parches alargados metálicos a lo largo de una polarización TE;
- la figura 3 es el circuito eléctrico equivalente en derivación de la agrupación de parches descrita en las figuras 1A-1B operando en modo de abertura e inductivo a través de su estructura de cuadrícula a lo largo de una polarización TM;
- 10 - la figura 4 es el circuito equivalente de línea de transmisión del reflector de polarización de las figuras 1A-1B;
- la figura 5 es una carta de Smith que ilustra la evolución de la impedancia equivalente de la agrupación de parches de las figuras 1A-1B correspondiente al modo resonante TM dentro de la estructura de abertura de la agrupación de parches cuando la inductancia equivalente L del circuito equivalente LC en derivación aumenta de cero a infinito y cuando el efecto de la capacidad es despreciable y el espesor de sustrato es un cuarto de longitud de onda;
- 15 - la figura 6 es una carta de Smith que ilustra la evolución de la impedancia equivalente de la agrupación de parches de las figuras 1A-1B correspondiente al modo resonante TE en los dipolos de la agrupación de parches cuando la capacidad equivalente C del circuito equivalente LC en serie aumenta de 0 a infinito y cuando el efecto de la inductancia es despreciable y el espesor de sustrato es un cuarto de longitud de onda;
- 20 - las figuras 7A, 7B, 7C y 7D son, respectivamente, una vista estructural de una célula elemental del reflector polarizador de las figuras 1A-1B, siendo la forma del parche de la estructura elemental rectangular y alargada a lo largo de la polarización del modo TE y cruzada centralmente por una tira metálica, un primer gráfico de un ejemplo de la evolución de las fases frente a la frecuencia del modo resonante TM reflejado y el modo resonante TE, correspondiente a una operación en una banda única y una sintonización de la célula elemental de acuerdo con la invención, un segundo gráfico de rendimiento de relación axial simulado con incidencia oblicua a lo largo del plano xz, y un tercer gráfico de rendimiento de relación axial simulado con incidencia oblicua a lo largo del plano yx;
- 25 - las figuras 8A y 8B son, respectivamente, una vista estructural de una célula elemental de un reflector polarizador convencional, difiriendo la forma del parche de la estructura elemental del parche de la célula elemental de la figura 7A por la ausencia de una tira elemental de cruce, y un gráfico de la evolución de las fases frente a la frecuencia del modo resonante TM reflejado y el modo TE resonante, correspondiente a una operación en una banda única y una sintonización convencional del reflector polarizador convencional;
- 30 - las figuras 9A, 9B, 9C, 9D son, respectivamente, una vista estructural de una primera variante de una célula elemental de un reflector polarizador de acuerdo con la primera realización de la invención, siendo la forma del parche de la estructura elemental una forma de E conectada y alargada a lo largo de la polarización del modo TE y cruzada centralmente en un nivel de conexión por una tira metálica, un primer gráfico de un ejemplo de la evolución de las fases frente a la frecuencia del modo resonante TM reflejado y el modo resonante TE, correspondiente a una operación en banda doble y una sintonización de la célula elemental de acuerdo con la invención, un segundo gráfico de rendimiento de relación axial simulado con incidencia oblicua a lo largo del plano xz, y un tercer gráfico de rendimiento de relación axial simulado con incidencia oblicua a lo largo del plano yx;
- 35 - la figura 10 es una vista de un rendimiento de relación axial simulada con incidencia oblicua a lo largo de los planos xz e yz mostrada por un reflector polarizador plano convencional, convencionalmente sintonizado para operar en banda doble y descrito en el tercer documento citado;
- 40 - las figuras 11A y 11B son, respectivamente, una vista estructural de una segunda variante de una célula elemental de un reflector polarizador de acuerdo con la primera realización de la invención, siendo la forma del parche de la estructura elemental una forma de E espiral conectada miniaturizada y alargada a lo largo de la polarización del modo TE y cruzada centralmente en un nivel de conexión por una tira metálica, y un gráfico de un ejemplo de la evolución de las fases frente a la frecuencia del modo resonante TM reflejado y el modo resonante TE, correspondiente a una operación en banda doble y una sintonización de la célula elemental de acuerdo con la invención;
- 45 - las figuras 12A y 12B son, respectivamente, una vista estructural de una célula elemental de una variante del reflector polarizador de acuerdo con la primera realización de la invención, siendo la forma del parche de la estructura elemental una forma de E conectada miniaturizada y alargada a lo largo de la polarización del modo TE y revestida en cada lado con una tira metálica continua, y un gráfico de un ejemplo de la evolución de las fases frente a la frecuencia del modo resonante TM reflejado y el modo resonante TE, correspondiente a una operación en banda doble y una sintonización de la célula elemental de acuerdo con la invención;
- 50 - la figura 13 es una vista frontal del reflector polarizador de acuerdo con una segunda realización de la invención en la que una agrupación de parches plana comprende al menos dos rejillas de parches, en el presente caso, dos rejillas, intercaladas entre sí, siendo, en el presente caso, la forma de parche de los parches usados una forma de T conectada;
- 55 - las figuras 14A y 14B son, respectivamente, (a) una vista estructural de una célula elemental ilustrativa del reflector polarizador de acuerdo con la segunda realización de la invención y la figura 13, estando un parche conectado en T de una primera agrupación de parches integralmente incluido en la célula elemental y rodeado cuatro cuartos de parche conectado en T de una segunda agrupación de parches el parche integralmente
- 60
- 65

- 5 incluido en la célula elemental, estando todos los parches parcial o totalmente incluidos en la célula elemental alargados a lo largo de la polarización del modo TE y cruzados centralmente en su nivel de conexión respectivo por una tira metálica, y (b) un gráfico de un ejemplo de la evolución de las fases frente a la frecuencia del modo resonante TM reflejado y el modo resonante TE, correspondiente a una operación en banda doble y una sintonización de la célula elemental de acuerdo con la invención;
- 10 - las figuras 15A y 15B son, respectivamente, (a) una vista estructural de una variante de célula elemental del reflector polarizador de acuerdo con la segunda realización de la invención y la figura 12, en el que la forma de cada parche es una forma de E espiral conectada miniaturizada, y (b) un gráfico de un ejemplo de la evolución de las fases frente a la frecuencia del modo resonante TM reflejado y el modo resonante TE, correspondiente a una operación en banda doble y una sintonización de la segunda variante de célula elemental de acuerdo con la invención;
- 15 - la figura 16 es una vista del principio básico que permite determinar un reflector polarizador de perfil plano de acuerdo con una tercera realización en un caso general de iluminación (incidencia normal u oblicua) por una fuente de radiación;
- 20 - la figura 17 es una vista general de un reflector polarizador de perfil curvado de acuerdo con una cuarta realización de la invención en la que la agrupación de parches se adapta a la superficie curvada y está diseñada para abarcar un amplio intervalo de ángulo de incidencia;
- 25 - la figura 18 es una vista en sección de un reflector polarizador de perfil curvado de la figura 17 para una configuración particular en la que la forma del reflector es una porción de un cilindro parabólico y una fuente desplazada;
- 30 - la figura 19 es una vista del patrón de iluminación de fuente del reflector polarizador curvado de la figura 18;
- 35 - la figura 20 es una vista comparativa de un ángulo de polarización de sintonización local de referencia A0 a compensar entre una primera configuración en la que el ángulo de polarización de sintonización local de referencia A0 es nulo y una segunda configuración en la que el ángulo de polarización de sintonización local de referencia A0 no es nulo, siendo el ángulo de polarización de sintonización local de referencia A0 una diferencia angular entre el campo eléctrico incidente local incluido en el plano tangente a la superficie curvada y una dirección de referencia objetivo local, ajustándose en fase la dirección de objetivo local con la dirección de alargamiento en el mismo plano con -45° ;
- 40 - la figura 21 es un gráfico del ángulo de polarización de sintonización local de referencia A0 frente a la ubicación del dipolo eléctrico sobre la agrupación de parches curvada;
- 45 - la figura 22 es una vista comparativa de la evolución frente al ángulo de polarización de sintonización de referencia A0 de la relación axial simulada exhibida por una célula de ajuste de fase de referencia teórica ubicada en un primer punto Q1 ($y = -207,76 \text{ mm}$ y $x = -150 \text{ mm}$) del reflector polarizador curvado de la figura 18 y la evolución frente al ángulo de polarización de sintonización de referencia A de la relación axial simulada exhibida por una célula de ajuste de fase real ubicada en el mismo primer punto Q1;
- 50 - la figura 23 es una vista comparativa de la evolución frente al ángulo de polarización de sintonización de referencia A0 de la relación axial simulada exhibida por una célula de ajuste de fase de referencia teórica ubicada en un segundo punto Q2 ($y = -207,76 \text{ mm}$ y $x = +150 \text{ mm}$) del reflector polarizador curvado de la figura 18 y la evolución frente al ángulo de polarización de sintonización A de la relación axial simulada exhibida por una célula de ajuste de fase real ubicada en el mismo primer punto Q2;
- 55 - la figura 24 es un ejemplo de un patrón desarrollado de una fila de parches que forman la agrupación de parches adecuada para el reflector polarizador de perfil curvado delgado de la figura 17.

Descripción detallada de algunas realizaciones

60 El concepto subyacente es incluir una o varias tiras metálicas alargadas que tienen un ancho c , o bien conectando cada fila de los parches alargados de un reflector polarizador diseñado convencionalmente, o bien aplicando como revestimiento cada fila de los parches alargados de un reflector polarizador diseñado convencionalmente. Al sintonizar el ancho c de las tiras metálicas añadidas y los parámetros geométricos relevantes de la agrupación de parches, el rendimiento de RF del reflector polarizador, en particular, la estabilidad de la relación axial sobre un intervalo angular amplio, se mejoran significativamente.

50 De acuerdo con las figuras 1A-1B y una primera realización de la invención, un reflector polarizador 2 adecuado para aplicaciones de satélite de banda ancha está configurado para convertir una misma polarización lineal en una quiralidad de polarización circular dada sobre una banda de frecuencia, o en una quiralidad de polarización circular dada sobre una primera banda de frecuencia y en la quiralidad ortogonal sobre una segunda banda de frecuencia.

55 El reflector polarizador 2 comprende un sustrato dieléctrico plano 4, una capa de agrupación de parches 6 y una capa de tierra 8.

El sustrato dieléctrico plano 4 está delimitado entre una primera superficie 12 y una segunda superficie 14, que tiene un espesor h y una permitividad dieléctrica ϵ_r ,

60 La capa de agrupación de parches 6 está formada por una rejilla bidimensionalmente periódica 16 de parches metálicos delgados 18 en la primera superficie 12 del sustrato 4, teniendo la rejilla periódica 16 un primer conjunto 22 de filas de parches 24 orientadas a lo largo de una primera dirección x con una periodicidad d_x y un segundo conjunto 26 de columnas de parches 28 orientadas a lo largo de una segunda dirección y con una segunda

periodicidad d_y ,

La capa de tierra 8 está formada por una capa metálica lisa sobre la segunda superficie 14, ubicada debajo de la capa de agrupación de parches 6, y el sustrato dieléctrico 4 separa la capa de agrupación de parches 6 y la capa de tierra 8.

- 5 Todos los parches 18 tienen una misma forma alargada a lo largo de la segunda dirección y , y forman dipolos eléctricos cuando se excitan eléctricamente a lo largo de la segunda dirección y .

En el presente caso, los parches metálicos 18 son rectangulares y cada uno tiene una misma longitud b , un mismo ancho a y un mismo espesor t .

El reflector polarizador se caracteriza por las siguientes características.

- 10 Para cada fila 24, los parches de dicha fila están interconectados por una tira metálica alargada 32 orientada a lo largo de la primera dirección x y que tiene un ancho c , formando la tira metálica alargada 32 una sola y la misma pieza integral.

- 15 Como variante de la primera realización de la invención, para cada fila, los parches de dicha fila están desconectados, es decir, mutuamente separados por un espacio de aislamiento, y los parches de dicha fila están revestidos a lo largo de la primera dirección x por dos tiras metálicas alargadas, teniendo cada tira metálica un ancho c y formando una sola y la misma pieza integral.

- 20 La geometría de la capa de agrupación de parches 6, el espesor h y la permitividad dieléctrica ϵ_r del sustrato 4, y el ancho c de las tiras metálicas alargadas 32 se sintonizan de tal modo que la agrupación de parches 6 induce un modo de abertura fundamental y un modo dipolar fundamental complementario a lo largo de dos polarizaciones TE y TM ortogonales locales dentro de la única banda de frecuencia cuando se opera en una banda ancha única o dentro de la primera banda de frecuencia y la segunda banda de frecuencia cuando se opera en banda ancha doble.

La fase de reflexión diferencial entre los dos modos fundamentales sobre la única o la primera y la segunda bandas de frecuencia es igual a $\pm 90^\circ$ o a un múltiplo entero impar de $\pm 90^\circ$.

- 25 Las propiedades de la superficie polarizadora formada por la agrupación de parches 6, incluyendo las tiras metálicas alargadas de cruce 32, se caracterizan por su respuesta a dos ondas planas incidentes linealmente polarizadas ortogonales. Las dos ondas planas, comúnmente denominadas ondas TE y TM, se caracterizan porque tienen sus campos eléctricos y magnéticos transversales al plano xz , respectivamente. En la estructura plana de la primera realización, las ondas TE y TM se definen de manera similar con referencia al plano que contiene la dirección de propagación de ondas y el eje z . A menos que se indique lo contrario, las ondas TE y TM se definen con respecto al plano xz . En consecuencia, con una incidencia normal, la onda TE tiene su campo eléctrico linealmente polarizado a lo largo del eje y , y la onda TM a lo largo del eje x . Siendo la estructura periódica, su respuesta se puede ampliar como una superposición infinita de armónicos espaciales, también conocidos como modos de Floquet, siendo las ondas TE y TM mencionadas anteriormente los dos modos fundamentales ortogonales. Cuando los modos de Floquet de orden superior están por debajo de la frecuencia de corte (es decir, no aparecen lóbulos de difracción en el dominio visible), las ondas incidentes TE y TM se reflejan en la dirección especular.
- 30
- 35

- El uso de parches 18 con una relación de aspecto alta, como en la primera realización, da como resultado una respuesta de superficie de impedancia anisotrópica (AIS) que introduce una fase de reflexión diferencial en las ondas TE y TM reflejadas. Excitar de este modo la superficie con una combinación incidente de ondas TE y TM en fase, correspondiente a incidencia normal a un campo eléctrico linealmente polarizado $+45^\circ$ o -45° con respecto al eje x , produciría un campo reflejado circularmente polarizado, con la condición de que la fase de reflexión diferencial entre los dos modos fundamentales sea de $\pm 90^\circ$ o un múltiplo entero impar de $\pm 90^\circ$.
- 40

- Por lo tanto, el reflector polarizador 2 opera entre dos modos fundamentales resonantes diferentes a lo largo de las polarizaciones TE y TM. Un primer modo corresponde a la resonancia convencional de una agrupación dipolar periódica mientras que un segundo modo corresponde a la resonancia de una agrupación de aberturas periódica rodeada por cuadrículas metálicas, estando las cuadrículas metálicas formadas por las tiras metálicas alargadas 32 y sus parches 18 alargados cruzados e interconectados respectivos.
- 45

La agrupación de dipolos periódica opera como un circuito equivalente LC en serie 42 ilustrado en la figura 2 mientras que la agrupación de aberturas periódica opera como un circuito LC equivalente en derivación 44 ilustrado en la figura 3.

- 50 Para las dimensiones pequeñas de los elementos de abertura que forman la agrupación de aberturas y para las dimensiones pequeñas de los elementos de dipolo que forman la agrupación de dipolos, el circuito equivalente está dominado principalmente por la inductancia para el elemento de abertura, y la capacidad para el elemento de dipolo.

Cuando estos elementos de abertura y de dipolo están ubicados por encima de la capa de plano de tierra, el circuito equivalente resultante 52 de la superficie o reflector polarizador diseñado ingenierilmente, es decir, el sustrato

conectado a tierra y la agrupación de aberturas y de dipolos, se puede ilustrar mediante una línea de transmisión como se muestra en la figura 4.

5 En el caso sin pérdidas, la magnitud del coeficiente de reflexión Γ de la estructura combinada es la unidad. Por lo tanto, en una carta de Smith, la impedancia equivalente de la superficie combinada se encuentra en el círculo de $|\Gamma| = 1$, como se muestra en las figuras 5 y 6.

10 Cuando la separación entre la agrupación de dipolos y de aberturas y la capa de plano de tierra es un cuarto de longitud de onda, la admitancia del reflector polarizador es la admitancia de la agrupación de dipolos y de aberturas. En consecuencia, para unas dimensiones pequeñas de los elementos resonantes, el reflector polarizador 2 exhibe una impedancia inductiva 54 y una impedancia capacitiva 56 para la agrupación de aberturas y agrupación de dipolos respectiva, como se muestra respectivamente en la figura 5 y la figura 6.

Por lo tanto, es relativamente sencillo sintetizar, a lo largo de las polarizaciones TE y TM, dos admitancias complementarias, es decir, una inductiva y otra capacitiva, que generan coeficientes de reflexión con una diferencia de fase de 90° o una de 270° y que evolucionan con relativa lentitud con la frecuencia en una banda ancha de operación única dada.

15 Con un enfoque de este tipo, se puede sintetizar una superficie reflectante polarizadora o un reflector polarizador delgado 2 sintonizando la geometría de la agrupación de parches de dipolo 16 y el ancho c de las tiras metálicas alargadas 32 de tal modo que una primera frecuencia de resonancia del modo dipolar y una primera frecuencia de resonancia del modo de abertura, más alta que la primera frecuencia de resonancia del modo dipolar, están ubicadas respectivamente, y cerca, antes y después de la banda ancha de frecuencia de operación única dada.

20 De manera más general, la geometría de la agrupación de parches 6, el espesor t y la permitividad dieléctrica del sustrato, y el ancho c de las tiras metálicas alargadas 32 se pueden sintonizar de tal modo que una primera frecuencia de resonancia del modo dipolar y una primera frecuencia de resonancia del modo de abertura, más alta que la primera frecuencia de resonancia del modo dipolar, rodean la banda ancha de frecuencia única de la banda ancha de operación única o la primera banda de frecuencia de la banda ancha de operación doble y el tamaño del elemento resonante es pequeño.

Por consiguiente, la estructura como se ha descrito anteriormente en el presente documento para el reflector polarizador delgado 2 de acuerdo con la primera realización, aumenta la estabilidad y disminuye la sensibilidad de la relación axial con el ángulo de incidencia de una onda electromagnética incidente.

30 Como se muestra en las figuras 7B, 7C y 7D, el rendimiento de RF tanto en términos de ancho de banda de frecuencia como de intervalo angular de estabilidad de relación axial, del reflector polarizador 2 de acuerdo con la primera realización se potencian en comparación con uno de un reflector polarizador convencional como se muestra en las figuras 8A-8B.

35 De acuerdo con la figura 7A, se ilustra una célula elemental 102 del reflector polarizador 2 de las figuras 1A y 1B. En general, la célula elemental es un elemento estructural genérico básico que se repite periódicamente sobre la superficie del reflector polarizador 2 desde dicho reflector polarizador 2. En otras palabras, el reflector polarizador 2 está constituido con un conjunto de células elementales 102 contiguas entre sí y que revisten una superficie dada, en el presente caso rectangular, del reflector polarizador 2.

40 La célula elemental 102 es una pieza del sustrato dieléctrico 104, que tiene forma de paralelepípedo, cubierta en un área central 106 de una primera cara 108 del paralelepípedo orientado a lo largo del eje z por un parche de metal rectangular 110 alargado a lo largo del eje y , y cubierto de forma plana en una segunda cara 112 del paralelepípedo, opuesta a la primera cara 108, por una capa de tierra metálica 114. La célula elemental 102 también incluye en su primera cara 108 una tira de cruce elemental 116, siendo parte de una tira metálica 32 alargada a lo largo del eje y , que cruza la parte media del parche alargado 110 y que se extiende completamente a lo largo del eje x .

45 Como variante, la tira de cruce elemental de la célula elemental puede cruzar el parche alargado en una posición a lo largo del eje y y ubicada dentro de un intervalo predeterminado alrededor de la mitad de dicho parche alargado.

Las dimensiones del paralelepípedo son, respectivamente, d_x , d_y , h a lo largo de los ejes x , y , z mientras que las dimensiones planas del parche alargado son, respectivamente, a , b a lo largo del eje x , y , y el grosor del parche alargado, la tira de cruce elemental 116 y la capa de tierra 114 es igual al espesor t .

50 Como ejemplo de sintonización y como se muestra en la figura 9B, suponiendo una dependencia armónica en el tiempo dada por $e^{j\omega t}$ y definiendo la quiralidad desde el punto de vista de la fuente, una fase de reflexión diferencial de $+270^\circ$ entre las ondas TE y TM, es decir, $\varphi^{TM} - \varphi^{TE} = 3\pi/2$ en la que φ^{TM} , φ^{TE} es la fase del fasor complejo que representa el campo TM, TE reflejado, convertirá un campo eléctrico linealmente polarizado incidente a $+45^\circ$ con respecto al eje x en un campo con polarización circular a derechas (RHCP), mientras que un campo eléctrico linealmente polarizado incidente a 45° con respecto al eje x se convertirá en un campo con polarización a izquierdas (LHCP).

De acuerdo con la figura 7B, un primer conjunto de curvas 134 ilustra la evolución de la fase frente a la frecuencia del modo resonante TM reflejado para un valor angular de incidencia θ diferente de la onda TM incidente a la incidencia normal igual a 0° , 15° , 30° y 45° , mientras que un segundo conjunto de curvas 136 ilustra la evolución de la fase frente a la frecuencia del modo resonante TE reflejado para un valor angular de incidencia diferente de la onda TM incidente a la incidencia normal igual a 0° , 15° , 30° y 45° .

La figura 7B muestra una diferencia de fase de 270° de los coeficientes de reflexión de los modos TM y TE que evoluciona con relativa lentitud con la frecuencia en la banda ancha de operación única dada que se tiene en cuenta para sintonizar tanto la agrupación de aberturas como la agrupación de dipolos, referenciada en el presente caso por la referencia numérica 138 y comprendida entre 10,2 GHz y 14,9 GHz.

La dispersión de la diferencia de fase alrededor de 270° sobre la banda única ancha de operación 138 es pequeña, debido a que la dispersión de la fase del TM reflejado sobre la misma banda 138, mostrada por el primer conjunto de curvas 134, así como la dispersión de la fase del TE reflejado sobre la misma banda 138, mostrada por el segundo conjunto de curvas 136, son pequeñas. Esta dispersión pequeña de la diferencia de fase se traduce en una estabilidad y una baja sensibilidad a la variación angular de incidencia de la relación axial como se muestra en las figuras 7C y 7D.

Como se muestra mediante las figuras 7C y 7D, la respuesta del reflector polarizador de banda única que tiene la célula elemental 102 de las figuras 7A-7B se ha evaluado mediante una simulación para la incidencia oblicua, con especial atención al rendimiento sobre la banda única 138.

En un sistema de coordenadas esféricas convencional (θ , φ), la respuesta de la superficie de impedancia anisotrópica formada por el reflector polarizador se simula en el presente caso para diferentes ángulos θ en el plano xz ($\varphi = 0^\circ$) y el plano yz ($\varphi = 90^\circ$). La relación axial frente a frecuencia correspondiente se ilustra en la figura 7C (plano xz) mediante tres curvas 139₁, 140₁, 141₁, correspondientes a un ángulo de incidencia θ de 0° , 15° y 30° , y en la figura 7D (plano yx) mediante tres curvas 139₂, 140₂, 141₂, correspondientes a un ángulo de incidencia θ de 0° , 15° y 30° .

A partir de estas curvas 139₁, 140₁, 141₁, 139₂, 140₂, 141₂, el polarizador reflectante de banda única exhibe una relación axial estable dentro de la banda única 138 y no se ve particularmente afectado por lóbulos de difracción en ambos planos.

La dispersión de la diferencia de fase alrededor de 270° es menor que la dispersión de la diferencia de fase observada para un reflector polarizador similar convencional como se muestra en las figuras 8A-8B.

Por consiguiente, el reflector polarizador 2 de acuerdo con la primera realización de la invención tiene una estabilidad mayor y una sensibilidad más baja a la variación angular de la relación axial sobre la banda de operación única que el reflector polarizador convencional de las figuras 8A-8B.

Como se muestra en la figura 8A, una célula elemental 142 de un reflector polarizador convencional similar al reflector polarizador de las figuras 1A-1B se diferencia de la célula elemental 102 de la figura 7A solo en que la célula elemental 142 no incluye en su primera cara 108 una tira de cruce elemental, siendo parte de una tira metálica alargada a lo largo del eje y, que cruza la parte media del parche alargado 110 y que se extiende completamente a lo largo del eje x.

De acuerdo con la figura 8B, un primer conjunto de curvas 144 ilustra la evolución de la fase frente a la frecuencia del modo resonante TM reflejado para un valor angular de incidencia θ diferente de la onda TM incidente a la incidencia normal igual a 0° , 15° , 30° y 45° , mientras que un segundo conjunto de curvas 146 ilustra la evolución de la fase frente a la frecuencia del modo resonante TE reflejado para un valor angular de incidencia diferente de la onda TM incidente a la incidencia normal igual a 0° , 15° , 30° y 45° .

La figura 8B muestra una diferencia de fase de 270° de los coeficientes de reflexión de los modos TM y TE que evoluciona con relativa lentitud con la frecuencia en la banda ancha de operación única dada que se tiene en cuenta para sintonizar tanto la agrupación de aberturas como la agrupación de dipolos, referenciada en el presente caso por la referencia numérica 148 y comprendida entre 10,8 GHz y 14,0 GHz.

La dispersión de la diferencia de fase alrededor de 270° sobre la banda única ancha de operación 148 es significativa, debido a que la dispersión de la fase del TM reflejado sobre la misma banda 148, mostrada por el primer conjunto de curvas 144, es grande y significativa mientras que la dispersión de la fase del TE reflejado sobre la misma banda 148 es pequeña. Esta dispersión significativa de la diferencia de fase se traduce en una estabilidad de la relación axial más baja, o una sensibilidad de la relación axial a la variación angular de incidencia mayor que la estabilidad y la sensibilidad del reflector polarizador de las figuras 1 y 7A.

En general, la forma de los parches es o bien una forma rectangular o bien una forma de T conectada o bien una forma de E conectada o bien una forma de E espiral conectada.

En particular, cuando el perfil del reflector polarizador es plano, todos los parches tienen la misma forma y las

mismas dimensiones geométricas.

El tamaño de cada parche es menor que $\lambda_g/2$, preferentemente comprendido entre $\lambda_g/4$ y $\lambda_g/5$, siendo λ_g la longitud de onda guiada de la frecuencia de operación superior.

5 De acuerdo con las figuras 9A-9B y una primera variante, se deriva un reflector polarizador plano 152 y difiere del reflector polarizador 2 de las figuras 1A-1B y las figuras 7A-7B en que la forma rectangular de los parches se sustituye por una forma de E conectada y en que la sintonización de la agrupación de aberturas y la agrupación dipolar, obtenida de los parches en forma de E conectados cruzados a lo largo de cada fila de los mismos por una tira metálica alargada diferente, se lleva a cabo con el fin de operar en una banda doble dada de acuerdo con una primera banda de operación dada y una segunda banda de operación dada con polarizaciones que tienen una quiralidad opuesta.

10 Como se muestra en la figura 9A, una célula elemental 162 del reflector polarizador de banda doble 152 se basa en la estructura de la célula elemental 102 en la que solo el parche de metal rectangular 110 alargado a lo largo del eje y ha sido sustituido por un parche de metal en forma de E conectado 170.

15 Al usar tales células elementales 162, la superficie reflectante polarizadora de banda doble o el reflector polarizador de banda doble 152 se puede sintetizar para operar en banda doble. Una síntesis de este tipo se lleva a cabo sintonizando la geometría de la agrupación de dipolos formada por los parches 170 y el ancho c de las tiras metálicas alargadas de tal modo que una primera frecuencia de resonancia del modo dipolar y una primera frecuencia de resonancia del modo de abertura, más alta que la primera frecuencia de resonancia del modo dipolar, rodean la primera banda de frecuencia dada de la banda de operación doble, y la primera frecuencia de resonancia del modo de abertura se ubica antes de la segunda banda de frecuencia de la banda de operación doble.

20 De manera más general, la geometría de la agrupación de parches de dipolo, el espesor t y la permitividad dieléctrica del sustrato, y el ancho c de las tiras metálicas alargadas se sintonizan de tal modo que una primera frecuencia de resonancia del modo dipolar y una primera frecuencia de resonancia del modo de abertura, más alta que la primera frecuencia de resonancia del modo dipolar, rodean la primera banda de frecuencia de la banda de operación doble, y la primera frecuencia de resonancia del modo de abertura se ubica antes de la segunda banda de frecuencia de la banda de operación doble.

25 Más específicamente, se puede conseguir una polarización circular con una relación axial baja y una primera quiralidad sobre la primera banda de frecuencia que corresponde al final de la resonancia del modo de dipolo y al comienzo de la resonancia del modo de abertura. Sobre esta primera banda de frecuencia, la diferencia de fase entre los coeficientes de reflexión para las ondas TE y TM es igual a $+270^\circ$.

30 Se puede conseguir una polarización circular con una quiralidad opuesta y una relación axial baja sobre la segunda banda de frecuencia que corresponde al final del modo de abertura y al comienzo de la resonancia del modo de dipolo de orden superior. Sobre esta segunda banda de frecuencia, la diferencia de fase entre los coeficientes de reflexión para las ondas TE y TM es igual a -270° .

35 Como ejemplo de sintonización y como se muestra en la figura 9B, suponiendo una dependencia armónica en el tiempo dada por $e^{i\omega t}$ y definiendo la quiralidad desde el punto de vista de la fuente, una fase de reflexión diferencial de $+270^\circ$ entre las ondas TE y TM, es decir, $\varphi^{TM} - \varphi^{TE} = 3\pi/2$ en la que $\varphi^{TM,TE}$ es la fase del fasor complejo que representa el campo TM, TE reflejado, convertirá un campo eléctrico linealmente polarizado incidente a $+45^\circ$ con respecto al eje x en un campo con polarización circular a derechas (RHCP), mientras que un campo eléctrico linealmente polarizado incidente a -45° con respecto al eje x se convertirá en un campo con polarización a izquierdas (LHCP). Si la fase de reflexión diferencial entre las ondas TE y TM es, en su lugar, de -270° , se invierte la quiralidad de los campos circularmente polarizados reflejados. En la figura 9B, la evolución de la fase del fasor complejo que representa el campo TM reflectante y la evolución de la fase del fasor complejo que representa el campo TE reflectante se ilustran respectivamente mediante una primera curva 172 y una segunda curva 174.

45 Se debería hacer notar que, como variantes, se pueden implementar otras sintonizaciones y, en general, la geometría de la agrupación de parches, el espesor h y la permitividad dieléctrica ϵ_r del sustrato, y el ancho c de las tiras metálicas alargadas se sintonizan de tal modo que la fase de reflexión diferencial entre los dos modos fundamentales sobre la única o la primera y la segunda bandas de frecuencia son respectivamente iguales a $+90^\circ$ y -90° o $+270^\circ$ o -270° .

50 Como se muestra mediante las figuras 9A y 9B, se ha sintetizado una agrupación de dipolos en forma de E conectada combinada con una agrupación de aberturas obtenida al cruzar las filas de parches con tiras de metal alargadas que exhibe una diferencia de fase de $\pm 270^\circ$ entre los modos de reflexión en las sub-bandas de 12 y de 18 GHz, referenciadas respectivamente por las referencias numéricas 176 y 178. Se induce un modo de abertura entre las cuadrículas y se excita un modo de dipolo en el dipolo plegado formado por la forma de E conectada del dipolo.

55 La dimensión más grande del elemento de parche es de solo $0,52 \lambda_g$ a la frecuencia más alta de la banda, es decir, más de tres veces menor que el tamaño de los parches usados en el reflector polarizador convencional como se describe en el tercer documento citado.

Como se muestra mediante las figuras 9C y 9D, la respuesta del reflector polarizador de banda doble de las figuras 9A-9B se ha evaluado mediante una simulación para la incidencia oblicua, con especial atención al rendimiento sobre las dos bandas de operación 176 y 178.

5 En un sistema de coordenadas esféricas convencional (θ , φ), la respuesta de la superficie de impedancia anisotrópica formada por el reflector polarizador se simula en el presente caso para diferentes ángulos θ en el plano xz ($\varphi = 0^\circ$) y el plano yz ($\varphi = 90^\circ$). La relación axial frente a frecuencia correspondiente se ilustra en la figura 9C (plano xz) mediante tres curvas 180, 181, 182 correspondientes a un ángulo de incidencia θ de 0, 15 y 30° , y en la figura 9D (plano yx) mediante tres curvas 184, 185, 186 correspondientes a un ángulo de incidencia θ de 0° , 15° y 30° .

10 A partir de estas curvas 180, 181, 182, 184, 185, 186, el polarizador reflectante 152 de banda doble exhibe una relación axial estable dentro de la primera y la segunda bandas 176, 178 y no se ve particularmente afectado por lóbulos de difracción en ambos planos. Este polarizador reflectante de banda doble 152 también tiene una célula elemental resonante más pequeña al usar un parche de forma plegada como, en el presente caso, un parche en forma de E conectada.

15 Se debería hacer notar que generalmente un polarizador reflectante de banda doble de acuerdo con la invención también puede usar forma rectangular, forma de T conectada, forma de E espiral conectada.

Con independencia de la forma de los parches usados por el polarizador reflectante de banda doble de acuerdo con la invención, se consigue una gran estabilidad y una baja sensibilidad de la relación axial al ángulo de incidencia dentro de la primera y la segunda bandas.

20 A la inversa y como se muestra en la figura 10 descrita en el tercer documento citado, un polarizador reflectante de banda doble convencional exhibe una estabilidad más baja y una sensibilidad mayor de la relación axial al ángulo de incidencia dentro de la primera y la segunda bandas de operación.

25 En la figura 10, la relación axial frente a la frecuencia se ilustra mediante tres curvas 194, 195, 196, 197 correspondientes a un ángulo de incidencia θ en el plano yz de 0, 1, 2 y 3° y el reflector polarizador convencional sintetizado usa una agrupación plana de parches rectangulares.

30 De acuerdo con las figuras 11A y 11B y una segunda variante, una célula elemental 202 de un reflector polarizador 2 de acuerdo con la primera realización de la invención usa un parche central 203 que tiene una forma de E espiral conectada miniaturizada. El parche central 203 está alargado a lo largo de la polarización del modo TE y cruzado centralmente en un nivel de conexión por una tira metálica 204. La agrupación de aberturas y la agrupación de dipolos formadas por la disposición de las células elementales se sintonizan de tal modo que las fases del modo resonante TM reflejado y el modo resonante TE evolucionan con la frecuencia de acuerdo con una primera curva 205 y una segunda curva 206. Esta sintonización es similar a la sintonización llevada a cabo en el caso que usa una forma de E conectada que se muestra en las figuras 9A-9B. Esta sintonización corresponde también a una operación en banda doble.

35 De acuerdo con las figuras 12A y 12B, una célula elemental 207 de un reflector polarizador 2 de acuerdo con la variante de la primera realización de la invención usa un parche central 208 que tiene una forma de E conectada miniaturizada como el parche central de la figura 9. El parche central 208 está alargado a lo largo de la polarización del modo TE y desconectado de los otros parches que comparten la misma fila por un espacio de aislamiento lateral 209. El parche central 208 está rodeado, arriba y abajo, o revestido por dos tiras o cuadrículas metálicas separadas 210₁, 210₂ que se extienden completamente a lo largo del eje x y que no están conectados a dicho parche central 208.

La agrupación de aberturas y la agrupación de dipolos formadas por la disposición de las células elementales 207 se sintonizan de tal modo que las fases del modo resonante TM reflejado y el modo resonante TE evolucionan con la frecuencia de acuerdo con una primera curva 211₁ y una segunda curva 211₂.

45 Con una sintonización de este tipo, se puede conseguir una polarización circular con una relación axial baja y una primera quiralidad sobre una primera banda de frecuencia 212₁ que corresponde al final de la resonancia del modo de dipolo y al comienzo de la resonancia del modo de abertura. Sobre esta primera banda de frecuencia, la diferencia de fase entre los coeficientes de reflexión para las ondas TE y TM es igual a $+270^\circ$.

50 Se puede conseguir una polarización circular con una quiralidad opuesta y una relación axial baja sobre una segunda banda de frecuencia 212₂ que corresponde al final del modo de abertura y al comienzo de la resonancia del modo de dipolo de orden superior. Sobre la segunda banda de frecuencia 212₂, la diferencia de fase entre los coeficientes de reflexión para las ondas TE y TM es igual a -270° . Esta sintonización corresponde a una operación en banda doble dependiendo de la segunda banda de frecuencia de operación seleccionada.

55 De acuerdo con la figura 13 y una segunda realización de la invención, un reflector polarizador 213 adecuado para aplicaciones de satélite de banda ancha está configurado para convertir una misma polarización lineal en una quiralidad de polarización circular dada sobre una banda de frecuencia, o en una quiralidad de polarización circular

dada sobre una primera banda de frecuencia y en la quiralidad ortogonal sobre una segunda banda de frecuencia.

El reflector polarizador 213 comprende un sustrato dieléctrico plano 214, una capa de agrupación de parches 216 y una capa de tierra 218.

5 El sustrato dieléctrico plano 214 está delimitado entre una primera superficie 222 y una segunda superficie 224, que tiene un espesor h y una permitividad dieléctrica ϵ_r .

La capa de agrupación de parches 216 está formada por una primera rejilla bidimensionalmente periódica 226 de parches metálicos delgados 228 y una segunda rejilla bidimensionalmente periódica 230 de parches metálicos delgados 228, ambas tendidas sobre la primera superficie 222 del sustrato 214.

10 Teniendo la primera y la segunda rejillas periódicas 226, 230 cada una un primer conjunto 232, 234 de filas de parches 236, 238 orientadas a lo largo de una misma primera dirección x con una misma periodicidad d_x y un segundo conjunto 242, 244 de columnas de parches 246, 248 orientadas a lo largo de una misma segunda dirección y con una misma segunda periodicidad d_y .

15 La capa de tierra 218 formada por una capa metálica lisa sobre la segunda superficie 224, ubicada debajo de la capa de agrupación de parches 216, y el sustrato dieléctrico 214 separa la capa de agrupación de parches 216 y la capa de tierra 218.

Todos los parches 228 tienen una misma forma alargada a lo largo de la segunda dirección y , y forman dipolos eléctricos cuando se excitan a lo largo de la segunda dirección y .

En el presente caso, los parches metálicos 228 son rectangulares y cada uno tiene una misma longitud b , un mismo ancho a y un mismo espesor t .

20 El reflector polarizador delgado se caracteriza por las siguientes características.

Para cada fila 236, 238 de la primera rejilla 226 o la segunda rejilla 230, los parches 228 de dichas filas 236, 238 están interconectados por una tira metálica alargada 252, 254 orientada a lo largo de la primera dirección x y que tiene un ancho c .

25 La primera y la segunda rejillas 226, 230 de los parches 228 que incluyen las tiras metálicas alargadas 242 están geoméricamente intercaladas al tiempo que están espacialmente separadas.

30 La geometría de la capa de agrupación de parches 216, el espesor h y la permitividad dieléctrica ϵ_r del sustrato 214, y el ancho c de las tiras metálicas alargadas 242 se sintonizan de tal modo que la agrupación de parches 216 induce un modo de abertura fundamental y un modo dipolar fundamental complementario a lo largo de dos polarizaciones TE y TM ortogonales locales dentro de la única banda de frecuencia o dentro de la primera banda de frecuencia y la segunda banda de frecuencia cuando se opera en banda ancha doble cuando se opera en una banda ancha única o dentro de la primera banda de frecuencia y la segunda banda de frecuencia cuando se opera en banda ancha doble.

La fase de reflexión diferencial entre los dos modos fundamentales sobre la única o la primera y la segunda bandas de frecuencia es igual a $\pm 90^\circ$ o a un múltiplo entero impar de $\pm 90^\circ$.

35 De acuerdo con la figura 14A, se ilustra una célula elemental 262 del reflector polarizador 212 de la figura 13. La célula elemental 262 es un elemento estructural genérico básico que forma el reflector polarizador 212 cuando se repite periódicamente sobre la superficie de dicho reflector polarizador 212. En otras palabras, el reflector polarizador 212 está constituido con un conjunto de células elementales 262 contiguas entre sí y que revisten una superficie dada, en el presente caso rectangular, del reflector polarizador 212.

40 La célula elemental 262 es una pieza del sustrato dieléctrico 214, que tiene forma de paralelepípedo, cubierta en un área central 263 de una primera cara 264 del paralelepípedo orientado a lo largo del eje z por un parche de metal en forma de T conectado 265 alargado a lo largo del eje y , y cubierto de forma plana en una segunda cara 266 del paralelepípedo, opuesta a la primera cara 264, por una capa de tierra metálica (no mostrada). La célula elemental 262 también incluye en su primera cara 264 una tira de cruce elemental 267, siendo parte de una tira metálica alargada a lo largo del eje y , que cruza la parte media del parche alargado 265 y que se extiende completamente a lo largo del eje x . El parche de metal en forma de T conectado central 265 y su tira de cruce elemental 267 pertenecen a la primera rejilla.

50 El sustrato dieléctrico 214 de la célula elemental 262 también está cubierto en cada esquina de la primera cara 264 de la célula elemental 262 por cuatro patrones metálicos 268, 269, 270, 271, que pertenecen a cuatro parches en forma de T de la segunda rejilla y que rodean globalmente el parche de metal en forma de T conectado central 265 y su tira de cruce elemental 267. Los patrones metálicos 268, 269, 270, 271 corresponden respectivamente a una parte inferior derecha, una parte inferior izquierda, una parte superior izquierda, una parte superior derecha de un parche en forma de T diferente y su tira de cruce elemental y, respectivamente, cubre la esquina superior izquierda, la esquina superior derecha, la parte inferior derecha, la esquina inferior izquierda de la célula elemental 262.

Las dimensiones del paralelepípedo son, respectivamente, d_x , d_y , h a lo largo de los ejes x , y , z mientras que las dimensiones planas del parche alargado 265 son, respectivamente, a , b a lo largo del eje x , y , y el grosor del parche alargado 265, la tira de cruce elemental 267 y la capa de tierra es igual al espesor t .

5 Al usar tales células elementales 262, la superficie reflectante polarizadora de banda doble o el reflector polarizador de banda doble 212 se puede sintetizar para operar en banda doble sintonizando la geometría de la agrupación de dipolos formada por los parches 260 y el ancho c de las tiras metálicas alargadas de tal modo que una primera frecuencia de resonancia del modo dipolar y una primera frecuencia de resonancia del modo de abertura, más alta que la primera frecuencia de resonancia del modo de dipolo, rodean la primera banda ancha de frecuencia dada de la banda de operación doble, y la primera frecuencia de resonancia del modo de abertura se ubica antes de la
10 segunda banda ancha de frecuencia de la banda de operación doble.

De manera más general, la geometría de la agrupación de parches de dipolo, el espesor t y la permitividad dieléctrica del sustrato, y el ancho c de las tiras metálicas alargadas se sintonizan de tal modo que una primera frecuencia de resonancia del modo dipolar y una primera frecuencia de resonancia del modo de abertura, más alta que la primera frecuencia de resonancia del modo dipolar, rodean la primera banda de frecuencia de la banda ancha de operación doble, y la primera frecuencia de resonancia del modo de abertura se ubica antes de la segunda banda de frecuencia de la banda de operación doble.
15

Como ejemplo de sintonización y como se muestra en la figura 14B, suponiendo una dependencia armónica en el tiempo dada por $e^{j\omega t}$ y definiendo la quiralidad desde el punto de vista de la fuente, una fase de reflexión diferencial de $+270^\circ$ entre las ondas TE y TM, es decir, $\varphi^{TM} - \varphi^{TE} = \pi/2$ en la que $\varphi^{TM,TE}$ es la fase del fasor complejo que
20 representa el campo TM, TE reflejado, convertirá un campo eléctrico linealmente polarizado incidente a $+45^\circ$ con respecto al eje x en un campo con polarización circular a derechas (RHCP), mientras que un campo eléctrico linealmente polarizado incidente a -45° con respecto al eje x se convertirá en un campo con polarización a izquierdas (LHCP). Si la fase de reflexión diferencial entre las ondas TE y TM es, en su lugar, -270° , se invierte la quiralidad de los campos circularmente polarizados reflejados. En la figura 9B, la evolución de la fase del fasor complejo que
25 representa el campo TM reflectante y la evolución de la fase del fasor complejo que representa el campo TE reflectante se ilustran respectivamente mediante una primera curva 272 y una segunda curva 274.

Se debería hacer notar que, como variantes, se pueden implementar otras sintonizaciones y, en general, la geometría de la agrupación de parches, el espesor h y la permitividad dieléctrica ϵ_r del sustrato, y el ancho c de las tiras metálicas alargadas se sintonizan de tal modo que la fase de reflexión diferencial entre los dos modos fundamentales sobre la única o la primera y la segunda bandas de frecuencia son respectivamente iguales a $+90^\circ$ y -90° .
30

Como se muestra mediante las figuras 14A y 14B, la capa de agrupación de parches de acuerdo con la invención, como que comprende tanto la primera y la segunda rejillas de parche en forma de T conectadas de dipolo biperiódico intercaladas como tiras alargadas de cruce, combina en la misma superficie, una agrupación de dipolos y una agrupación de aberturas. La capa de agrupación de parches del reflector polarizador se ha sintetizado de tal modo que exhibe, respectivamente, una diferencia de fase de $+270^\circ$ y -270° entre los modos de reflexión en las subbandas de 7,5 y de 18 GHz, referenciadas respectivamente por las referencias numéricas 282 y 284. Se induce un modo de abertura entre las cuadrículas formadas por las filas de parches cruzados por sus tiras alargadas correspondientes, y se excita un modo de dipolo en el dipolo plegado formado por la forma de T conectada del
35 dipolo. La dimensión más grande del elemento de parche es de solo $0,52 \lambda_g$ a la frecuencia más alta de la banda, es decir, más de tres veces más pequeña que el tamaño de los parches usados en el reflector polarizador convencional.
40

Al usar tales rejillas intercaladas de parches, la célula elemental es más pequeña y el polarizador reflectante de banda doble obtenido de este modo no se ve afectado por lóbulos de difracción en ambos planos incidentes y exhibe una relación axial estable dentro de la primera y la segunda bandas 282, 284.
45

En general, un polarizador reflectante de banda doble de acuerdo con la segunda realización de la invención también puede usar parches que tienen una forma rectangular, una forma de E conectada y una forma de E espiral conectada.

50 Con independencia de la forma de los parches usados por el polarizador reflectante de banda doble de acuerdo con la invención, se consigue una estabilidad mayor y una sensibilidad más baja de la relación axial al ángulo de incidencia dentro de la primera y la segunda bandas en comparación con el reflector polarizador convencional.

De acuerdo con las figuras 15A y 15B, una variante de una célula elemental 312 de un reflector polarizador de acuerdo con la segunda realización de la invención usa un parche central 314 que tiene una forma de E espiral conectada miniaturizada. El parche central 314 está alargado a lo largo de la polarización del modo TE y cruzado centralmente en un nivel de conexión por una tira metálica 316. La agrupación de aberturas y la agrupación de dipolos formadas por la disposición de las células elementales 312 se sintonizan de tal modo que las fases del modo resonante TM reflejado y el modo resonante TE evolucionan con la frecuencia de acuerdo con una primera curva 318 y una segunda curva 320. Esta sintonización corresponde a una operación en una banda doble con una primera
55

polarización circular de quiralidad en una primera banda 322 a 4,5 GHz y una segunda polarización circular de quiralidad, opuesta a la primera en una segunda banda 324 a 8,5 GHz.

5 De acuerdo con la figura 16 y una tercera realización del reflector polarizador, un reflector polarizador plano 352 para una antena de banda ancha es iluminado localmente con incidencia normal u oblicua por una fuente electromagnética 354 (o alimentador) que tiene un patrón de radiación predeterminado hacia el reflector polarizador plano.

10 El reflector polarizador plano 352 está configurado para convertir localmente una polarización lineal E_{inc} en una quiralidad de polarización circular local dada sobre una banda de frecuencia cuando se opera en una banda ancha única con una incidencia local normal u oblicua iluminada por una onda plana local originada a partir de un patrón de fuente de radiación predeterminado, o en una primera quiralidad de polarización circular local sobre una primera banda de frecuencia y en una segunda quiralidad de polarización circular local sobre una segunda frecuencia, siendo la primera y la segunda quiralidad de polarización circular local sustancialmente iguales u ortogonales cuando se opera en banda doble con incidencia normal u oblicua iluminada por una onda plana local originada a partir de un patrón de fuente de radiación predeterminado.

15 El reflector polarizador plano 352 comprende un sustrato dieléctrico de perfil plano 364, una capa de agrupación de parches 366, una capa de tierra 368.

El sustrato dieléctrico de perfil plano 364 está delimitado entre una primera superficie plana con un primer perfil plano y una segunda superficie plana con un segundo perfil plano, y tiene un espesor h y una permitividad dieléctrica ϵ_r .

20 La capa de agrupación de parches 366 está formada por una rejilla bidimensionalmente curvada de parches metálicos delgados 370 en la primera superficie del sustrato, teniendo la rejilla plana un primer conjunto 372 de filas de parches lineales 372₁, 372₂ y un segundo conjunto 374 de columnas de parches lineales 374₁, 374₂.

La capa de tierra 368 está formada por una capa metálica lisa sobre la segunda superficie, ubicada debajo de la capa de agrupación de parches 366.

25 El sustrato 364 separa la capa de agrupación de parches 366 y la capa de tierra 368, y todos los parches tienen una misma forma alargada y forman dipolos eléctricos cuando se excitan a lo largo de su propia dirección de alargamiento.

Para cada fila de parches 372₁, 372₂, los parches 370 de dicha fila de parches están cruzados por una tira metálica alargada 382₁, 382₂ que tiene un ancho de referencia c .

30 En una variante, los parches de una misma fila de parches están revestidos por dos tiras metálicas alargadas que tienen un ancho de referencia c .

35 La geometría de la agrupación de parches 366, el espesor h y la permitividad dieléctrica del sustrato 364, y la geometría de las tiras metálicas alargadas 382₁, 382₂ se sintonizan de tal modo que cada célula de ajuste de fase, hecha de un dipolo eléctrico alargado 370 y cruzando una porción de la tira metálica alargada dicho dipolo eléctrico alargado o hecha de un dipolo eléctrico alargado y revistiendo una porción de las dos tiras metálicas alargadas dicho dipolo eléctrico alargado, y tendida sobre el sustrato plano conectado a tierra que tiene una permitividad ϵ_r y un espesor h , induce localmente un modo de abertura fundamental y un modo dipolar fundamental complementario a lo largo de dos polarizaciones TE y TM ortogonales locales dentro de la única banda de frecuencia cuando se opera en una banda ancha única o dentro de la primera banda de frecuencia y la segunda banda de frecuencia cuando se opera en banda ancha doble, y siendo la fase diferencial entre los dos modos fundamentales sobre la única o la primera y la segunda bandas de frecuencia igual a $\pm 90^\circ$ o a un múltiplo entero impar de $\pm 90^\circ$.

40 Para cada célula de ajuste de fase, mientras se mantiene sin cambios la dirección longitudinal local de la porción de la única tira metálica alargada de cruce o las dos tiras metálicas alargadas de revestimiento, el dipolo eléctrico alargado se gira alrededor de la normal local a la primera superficie en la ubicación de la célula de ajuste de fase un ángulo orientado de polarización de sintonización A de tal modo que la relación axial correspondiente de la célula de ajuste de fase es mínima.

45 El ángulo orientado de polarización de sintonización A se expresa mediante la ecuación:

$$A = k.A0$$

50 $A0$ designa un ángulo orientado de polarización de sintonización de referencia para girar solo el dipolo eléctrico alrededor de la normal local de tal modo que el ángulo de polarización α que separa la dirección de alargamiento local del dipolo eléctrico girado incluido en el plano tangente local a la primera superficie en la ubicación de la célula de ajuste de fase y la componente tangencial del campo eléctrico incidente local en el plano tangente local es sustancialmente igual a un mismo valor igual a $+45^\circ$ o 45° .

k designa un número real positivo igual o superior a 1 que depende del nivel de la fila de parches a la que pertenece

la célula de ajuste de fase y que minimiza la relación axial de la célula de ajuste de fase.

Como ejemplo y considerando una célula de ajuste de fase 390 ubicada en un punto P, el campo incidente eléctrico \underline{E}_{inc} iluminado en el punto P tiene una componente tangencial \underline{E}_{tg} incluida en el plano tangente local x"y". El campo incidente eléctrico \underline{E}_{inc} en el punto P es definido en un sistema de referencia local x"y"z" por dos ángulos de incidencia θ_i, φ_i . El campo radiado por la fuente F es definido en un sistema de referencia de fuente por los ángulos de radiación θ, φ . El ángulo de polarización depende de los ángulos de radiación θ, φ y el campo eléctrico incidente \underline{E}_{inc} . En el presente caso, el caso ilustrado de la célula de ajuste de fase 390 corresponde a un caso específico en el que la polarización de sintonización de referencia es nula y el ángulo de polarización es sustancialmente igual a -45° .

5 De acuerdo con la figura 17 y una cuarta realización de la invención, un reflector polarizador de perfil curvado 402 para una antena de banda ancha es iluminado localmente con incidencia normal u oblicua por una fuente electromagnética 404 (o alimentador) mediante una fuente electromagnética que tiene un patrón de radiación predeterminado hacia el reflector polarizador curvado.

15 El reflector polarizador curvado está configurado para convertir localmente una polarización lineal en una quiralidad de polarización circular local dada sobre una banda de frecuencia cuando se opera en una banda ancha única con una incidencia local normal u oblicua iluminada por una onda plana local originada a partir de un patrón de radiación de fuente predeterminado, o en una primera quiralidad de polarización circular local sobre una primera banda de frecuencia y en una segunda quiralidad de polarización local sobre una segunda banda de frecuencia, siendo la primera y la segunda quiralidad de polarización circular local sustancialmente iguales u ortogonales cuando se opera en banda doble con incidencia normal u oblicua iluminada por una onda plana local.

20 El reflector polarizador de perfil curvado 402 comprende un sustrato dieléctrico de perfil curvado 406, una capa de agrupación de parches 408 y una capa de tierra 410.

25 El sustrato dieléctrico 406 está delimitado entre una primera superficie curvada 412 con un primer perfil curvado y una segunda superficie curvada 414 con un segundo perfil curvado, y tiene un espesor h y una permitividad dieléctrica ϵ_r .

La capa de agrupación de parches 408 está formada por una rejilla bidimensionalmente curvada de parches metálicos delgados 420 en la primera superficie curvada 412 del sustrato, teniendo la rejilla curvada un primer conjunto 422 de filas de parches curvilíneas 422₁, 422₂ y un segundo conjunto 424 de columnas de parches lineales 424₁, 424₂, 424₃.

30 La capa de tierra 410 está formada por una capa metálica lisa sobre la segunda superficie 414, ubicada debajo de la capa de agrupación de parches 408, y el sustrato 406 separa la capa de agrupación de parches 408 y la capa de tierra 410.

Todos los parches 420 tienen una misma forma sustancialmente alargada y forman dipolos eléctricos cuando se excitan a lo largo de su propia dirección de alargamiento.

35 Como variante, la agrupación de parches se puede grabar sobre un sustrato dieléctrico delgado, la capa de tierra se puede hacer sobre otro sustrato delgado, estando separados estos dos sustratos delgados por una estructura alveolar espaciadora y capas de refuerzo. Este montaje da como resultado un reflector polarizador de panel compuesto.

El reflector polarizador se caracteriza por las siguientes características.

40 Para cada fila de parches curvilínea 422₁, 422₂, los parches 420 de dicha fila de parches curvilínea 422₁, 422₂ están cruzados por una tira metálica alargada 432₁, 432₂ que tiene un ancho de referencia c.

Como variante, para cada fila de parches curvilínea, los parches de dicha fila de parches curvilínea están revestidos por dos tiras metálicas alargadas que tienen un ancho de referencia c.

45 La geometría de la agrupación de parches, el espesor h y la permitividad dieléctrica del sustrato, y la geometría de las tiras metálicas alargadas se sintonizan de tal modo que cada célula de ajuste de fase, hecha de un dipolo eléctrico alargado y cruzando una porción de la tira metálica alargada dicho dipolo eléctrico alargado o hecha de un dipolo eléctrico alargado y una porción de las dos tiras metálicas alargadas dicho dipolo eléctrico alargado, tendida sobre el sustrato curvado conectado a tierra que tiene una permitividad ϵ_r y un espesor h, induce localmente un modo de abertura fundamental y un modo dipolar fundamental complementario a lo largo de dos polarizaciones TE y TM ortogonales locales dentro de la única banda de frecuencia cuando se opera en una banda ancha única o dentro de la primera banda de frecuencia y la segunda banda de frecuencia cuando se opera en banda doble.

50 Siendo la fase de reflexión diferencial entre los dos modos fundamentales sobre la única o la primera y la segunda bandas de frecuencia igual a $\pm 90^\circ$ o a un múltiplo entero impar de $\pm 90^\circ$.

Para cada célula de ajuste de fase, mientras se mantiene sin cambios la dirección longitudinal local de la porción de

la única tira metálica alargada de cruce o las dos tiras metálicas alargadas de revestimiento, el dipolo eléctrico alargado se gira alrededor de la normal local a la primera superficie en la ubicación de la célula de ajuste de fase un ángulo orientado de polarización de sintonización A de tal modo que la relación axial correspondiente de la célula de ajuste de fase es mínima.

- 5 El ángulo orientado de polarización de sintonización A se expresa mediante la ecuación:

$$A = k.A0$$

10 A0 designa un ángulo orientado de polarización de sintonización de referencia para girar solo el dipolo eléctrico alrededor de la normal local de tal modo que el ángulo de polarización α que separa la dirección de alargamiento local del dipolo eléctrico girado incluido en el plano tangente local a la primera superficie en la ubicación de la célula de ajuste de fase y la componente tangencial del campo eléctrico incidente local en el plano tangente local es sustancialmente igual a un mismo valor igual a $+45^\circ$ o 45° .

k designa un número real positivo igual o superior a 1 que depende del nivel de la fila de parches a la que pertenece la célula de ajuste de fase y que minimiza la relación axial de la célula de ajuste de fase.

15 De acuerdo con las figuras 18 y 19, una configuración particular del reflector polarizador de la figura 17, la forma del reflector polarizador 452 es una porción de un cilindro parabólico.

Una agrupación de parches curvada 454 de parches metálicos rectangulares 456 se forma sobre una primera superficie 458 que es una porción de un cilindro parabólico, teniendo el cilindro parabólico una línea de vértice 460 y teniendo la porción un ancho igual a 600 mm.

20 El reflector polarizador 452 está iluminado por una fuente de radiación 462 desplazada ubicada en el punto focal de la sección de parábola y en la parte media de la porción de superficie a lo largo de la dirección longitudinal de cilindro x. El desplazamiento de la fuente de radiación un ángulo de apuntamiento que se aparta de la dirección de apuntamiento de vértice igual en el presente caso a $29,77^\circ$.

De acuerdo con la figura 19, se ilustra la radiación de iluminación de la fuente de radiación observada sobre el reflector polarizador.

25 De acuerdo con la figura 18, cada fila de parches se extiende a lo largo de la dirección longitudinal de cilindro x (o x', x''), mostrándose solo un parche metálico por fila en la vista en sección. En el presente caso, se supone que cada parche rectangular tiene una forma alargada a lo largo de una dirección alargada local y'' que está incluida en un plano tangente local en la superficie curvada y ortogonal a la dirección longitudinal de cilindro x''.

30 La agrupación de parches curvada 454 corresponde a una agrupación de parches de referencia de perfil plano virtual 472 formada por una rejilla bidimensionalmente periódica de referencia de parches metálicos de referencia virtual delgados, teniendo la rejilla periódica de referencia un primer conjunto de referencia de filas de parches orientadas a lo largo de una primera dirección de referencia x' con una periodicidad d_x , y un segundo conjunto de referencia de columnas de parches orientadas a lo largo de una segunda dirección de referencia y' con una segunda periodicidad d_y .

35 Para cada fila de parches de referencia virtual, los parches de referencia virtual de dicha fila de parches virtual están cruzados por una tira metálica alargada de referencia virtual generalmente orientada a lo largo de la primera dirección de referencia x' y que tiene un ancho de referencia c.

40 En una variante, los parches de referencia virtual de dicha fila de parches de referencia virtual están revestidos por dos tiras metálicas alargadas de referencia virtual generalmente orientadas a lo largo de la primera dirección de referencia x' y que tienen un ancho de referencia c.

45 A cada célula de ajuste de fase del reflector polarizador curvado 452 corresponde una célula de ajuste de fase de referencia plana virtual de la agrupación de parches de referencia plana virtual 472, hecha de un dipolo eléctrico alargado virtual y cruzando una porción de la tira metálica alargada virtual dicho dipolo eléctrico alargado virtual (o en el caso variante) hecha de un dipolo eléctrico alargado virtual y revistiendo una porción de las dos tiras metálicas alargadas virtuales dicho dipolo eléctrico alargado virtual, tendida sobre un sustrato plano conectado a tierra virtual que tiene una permitividad ϵ_r y un espesor h, rotándose la dirección de alargamiento del dipolo eléctrico alargado virtual desde un ángulo predeterminado a la segunda dirección de referencia y' de tal modo que dicha célula de ajuste de fase del reflector polarizador curvado 452 induce localmente un modo de abertura fundamental y un modo dipolar fundamental complementario a lo largo de dos polarizaciones TE y TM ortogonales locales dentro de la única banda de frecuencia cuando se opera en una banda ancha única o dentro de la primera banda de frecuencia y la segunda banda de frecuencia cuando se opera en banda ancha doble, y siendo la fase diferencial entre los dos modos fundamentales sobre la única o la primera y la segunda bandas de frecuencia igual a $\pm 90^\circ$ o a un múltiplo entero impar de $\pm 90^\circ$.

En el presente caso, la agrupación de parches curvada 454 es una proyección de la agrupación de parches de

referencia de perfil plano virtual 472 generalmente ubicada lo más cerca de la primera superficie 458 del sustrato.

Como variante, la agrupación de parches de referencia de perfil plano virtual es la agrupación de parches curvada desarrollada sobre una superficie plana. Esta variante también es aplicable cuando la superficie curvada es una porción de un cilindro circular o un cilindro elíptico o un cilindro hiperbólico (pendiente de confirmar por los inventores).

Como se muestra en la figura 20, una primera configuración de una primera fila de parches 482 no sintonizada aún de la polarización curvada 452 exhibe, en un punto P1 de la superficie curvada, un primer parche metálico 484 que forma un primer dipolo eléctrico y que tiene un primer ángulo de polarización α_1 igual a $+45^\circ + A_0$ con A_0 un ángulo de sintonización nulo (que corresponde a una iluminación con incidencia normal a un plano llano local). Por lo tanto, no se requiere sintonizar este primer metálico.

Una segunda configuración de una segunda fila de parches 492 no sintonizada aún del plano de la superficie curvada 452, exhibe, en un punto P2 de la superficie, un segundo parche metálico 494 que forma un segundo dipolo eléctrico y que tiene un segundo ángulo de polarización α_2 igual a $+45^\circ + A_0$ con A_0 en el presente caso un ángulo de polarización de sintonización de referencia no nulo. La sintonización del segundo parche metálico 494 consiste en rotar dicho parche 494 el valor angular $k \cdot A_0$ con el fin de obtener un parche angularmente sintonizado que minimiza la relación axial de la célula de ajuste de fase.

De acuerdo con la figura 21, se ilustra un gráfico del ángulo de polarización de sintonización de referencia A_0 , como la diferencia angular entre el campo tangencial E_{tg} y el eje vertical local y_n , frente a la ubicación de un dipolo eléctrico sobre la agrupación de parches plana curvada 452 de la figura 18 en el sistema de referencia xy .

El ángulo de polarización de sintonización de referencia A_0 en un primer punto Q1 ($y = -207,76$ mm y $x = -150$ mm) y un segundo punto Q2 ($y = -207,76$ mm y $x = 150$ mm) de la primera superficie curvada es, respectivamente, igual a $-5,30^\circ$ y $+5,30^\circ$.

Como se muestra en la figura 22, una primera curva 502 ilustra la evolución simulada de la relación axial frente al ángulo de sintonización de referencia A_0 experimentado por una célula de ajuste de fase de referencia teórica ubicada en el primer punto Q1 ($y = -207,76$ mm y $x = -150$ mm) del reflector polarizador curvado ilustrado en la figura 18. En esta configuración teórica, las orientaciones de polarización respectivas del dipolo eléctrico y la porción de la tira metálica de cruce se rotan ambas el mismo ángulo de sintonización de referencia A_0 , en el presente caso igual a $-5,30^\circ$ de acuerdo con la figura 21. Esta sintonización permite mantener un ángulo de ajuste de fase entre el campo incidente tangencial E_{tg} y la dirección de alargamiento del dipolo eléctrico igual a -45° . Esta sintonización muestra un mínimo de la relación axial de la célula de ajuste de fase de referencia igual a 1,3 dB para $A_0 = -5,30^\circ$.

Una segunda curva 504 es la evolución simulada de la relación axial frente al ángulo de sintonización A experimentado por una célula de ajuste de fase real ubicada en el punto Q1 en una configuración real. Aunque la orientación de la porción de la tira metálica de cruce se mantiene sin cambios, solo la orientación de polarización del dipolo eléctrico es rotada el ángulo de sintonización A en el plano tangente de tal modo que se minimiza la relación axial de la célula de ajuste de fase. En el presente caso se observa un mínimo de la relación axial igual a 0,3 dB a un valor del ángulo de polarización de sintonización A igual a -20 grados. Cuando se expresa A como $A = k \cdot A_0$, el valor k de optimización es igual a 3,77.

A pesar de un buen rendimiento de relación axial en el mínimo de la primera curva 502, la implementación de la célula de ajuste de fase de referencia teórica correspondiente no es factible.

A la inversa, la célula de ajuste de fase real correspondiente a la segunda curva 504 se puede implementar y exhibe incluso una relación axial mínima más baja en el ángulo de polarización de sintonización A de optimización igual a -20° .

Como se muestra en la figura 23, una primera curva 512 ilustra la evolución simulada de la relación axial frente al ángulo de sintonización de referencia A_0 experimentado por una célula de ajuste de fase de referencia teórica ubicada en el segundo punto Q2 ($y = -207,76$ mm y $x = +150$ mm) del reflector polarizador curvado ilustrado en la figura 18. En esta configuración teórica, las orientaciones de polarización respectivas del dipolo eléctrico y la porción de la tira metálica de cruce se rotan ambas el mismo ángulo de sintonización de referencia A_0 , en el presente caso igual a $+5,30^\circ$ de acuerdo con la figura 21. Esta sintonización permite mantener un ángulo de ajuste de fase entre el campo incidente tangencial E_{tg} y la dirección de alargamiento del dipolo eléctrico igual a -45° . Esta sintonización muestra un mínimo de la relación axial de la célula de ajuste de fase de referencia igual a 1,3 dB para $A_0 = +5,30^\circ$.

Una segunda curva 514 es la evolución simulada de la relación axial frente al ángulo de sintonización A experimentado por una célula de ajuste de fase real ubicada en el segundo punto Q2 en una configuración real. Aunque la orientación de la porción de la tira metálica de cruce se mantiene sin cambios, solo la orientación de polarización del dipolo eléctrico es rotada el ángulo de sintonización A en el plano tangente de tal modo que se minimiza la relación axial de la célula de ajuste de fase. En el presente caso se observa un mínimo de la relación axial igual a 0,3 dB a un valor del ángulo de polarización de sintonización A igual a $+20$ grados. Cuando se expresa A como $A = k \cdot A_0$, el valor k de optimización es igual a 3,77.

A pesar de un buen rendimiento de relación axial en el mínimo de la primera curva 512, en la práctica, la implementación física de la célula de ajuste de fase de referencia teórica correspondiente no es factible.

5 A la inversa, la célula de ajuste de fase real correspondiente a la segunda curva 514 se puede implementar físicamente y exhibe incluso una relación axial mínima más baja en el ángulo de polarización de sintonización A de optimización igual a 20° .

De acuerdo con la figura 24, se ilustra un ejemplo de un patrón 452 de una fila de parches de una capa de agrupación de parches desarrollada a lo largo de una primera dirección y' y la segunda dirección global x' .

10 El patrón desarrollado muestra una distribución igual en las posiciones de los parches a lo largo de la fila. El ancho a y la longitud b de los parches rectangulares se modulan respectivamente alrededor de un ancho central a_c y una longitud central b_c al usar una primera función de modulación $m_1(x)$ y una segunda función de modulación de acuerdo con las ecuaciones: $a(x) = m_1(x) \cdot a_c$ y $b(x) = m_2(x) \cdot a_c$.

Un patrón de este tipo se puede usar para un reflector polarizador que tiene una forma de cilindro parabólico o cualquier otra superficie que se pueda desarrollar sobre un plano llano.

15 En general, y con independencia de las diversas realizaciones del reflector polarizador descritas anteriormente en el presente documento, la forma de los parches 18, 228 es o bien una forma rectangular o bien una forma de T conectada o bien una forma de E conectada o bien una forma de E espiral conectada.

Los reflectores polarizadores descritos anteriormente en el presente documento se pueden usar para estaciones terrestres de redes terrestres fijas o móviles.

20 Los reflectores polarizadores como se ha descrito anteriormente en el presente documento pueden ser especialmente adecuados para aplicaciones de satélite de banda ancha y tener un perfil plano delgado o curvado delgado para adaptarse a los requisitos de disposición de un satélite durante el lanzamiento y en órbita.

REIVINDICACIONES

1. Un reflector polarizador para antenas de banda ancha y para convertir una misma polarización lineal en una quiralidad de polarización circular dada sobre una banda de frecuencia cuando se opera en una banda ancha única con incidencia normal iluminada por una onda plana, o en una primera quiralidad de polarización circular dada sobre una primera banda de frecuencia y en una segunda quiralidad de polarización circular dada sobre una segunda banda de frecuencia, siendo la primera y la segunda quiralidad de polarización circular sustancialmente iguales u ortogonales cuando se opera en banda doble con incidencia normal iluminada por una onda plana, comprendiendo el reflector polarizador un sustrato dieléctrico plano (4; 214) delimitado entre una primera superficie (12; 222) y una segunda superficie (14; 224), que tiene un espesor h y una permitividad dieléctrica ϵ_r , una capa de agrupación de parches (6; 216) formada por una primera rejilla bidimensionalmente periódica (16; 226, 230) de parches metálicos delgados (18; 228) en la primera superficie (12; 222) del sustrato (4; 214), teniendo la rejilla periódica (16; 226, 230) un primer conjunto (22; 232, 234) de filas de parches (24; 236, 238) orientadas a lo largo de una primera dirección x con una periodicidad d_x y un segundo conjunto (26; 242, 244) de columnas de parches (28; 246, 248) orientadas a lo largo de una segunda dirección y con una segunda periodicidad d_y , una capa de tierra (8; 218) formada por una capa metálica lisa sobre la segunda superficie (14; 224), ubicada debajo de la capa de agrupación de parches (6; 216); separando el sustrato (4; 214) la capa de agrupación de parches (6; 216) y la capa de tierra (8; 218), y teniendo todos los parches (18; 228) una misma forma alargada a lo largo de la segunda dirección y , y formando dipolos eléctricos cuando son excitados eléctricamente a lo largo de la segunda dirección y , estando el reflector polarizador **caracterizado porque**, para cada fila (24; 236, 238), los parches (18; 228) de dicha fila (24; 236, 238) tienen y están todos cruzados por una tira metálica alargada (32; 252, 254) orientada a lo largo de la primera dirección x y que tiene un ancho c , formando la tira metálica alargada (32; 252, 254) una sola y una misma pieza integral, o los parches de dicha fila están separados mutuamente y todos revestidos a lo largo de la primera dirección x por dos tiras metálicas alargadas, teniendo cada tira metálica un ancho c y formando una sola y una misma pieza integral, y la geometría de la agrupación de parches (6; 216), el espesor h y la permitividad dieléctrica ϵ_r del sustrato (4; 214), y la geometría de las tiras metálicas alargadas (32; 252, 254) están configurados de tal modo que la agrupación de parches (6; 216) que incluye las tiras metálicas alargadas (32; 252, 254) induce un modo de abertura fundamental y un modo dipolar fundamental complementario a lo largo de dos polarizaciones TE y TM ortogonales dentro de la única banda de frecuencia cuando se opera con incidencia normal en una banda ancha única o induce un modo de abertura fundamental y un primer modo de dipolo fundamental complementario a lo largo de dos polarizaciones TE y TM ortogonales dentro de la primera banda de frecuencia y el modo de abertura fundamental y un segundo modo de dipolo de orden superior complementario a lo largo de las dos polarizaciones TE y TM ortogonales dentro de la segunda banda de frecuencia cuando se opera en banda ancha doble, siendo la fase de reflexión diferencial entre los dos modos de abertura y de dipolo fundamental sobre la banda única, o la fase de reflexión diferencial entre los dos modos de abertura y de dipolo fundamental sobre la primera banda de frecuencia y la fase de reflexión diferencial entre el modo de abertura fundamental y de dipolo superior sobre la segunda banda de frecuencia igual a $\pm 90^\circ$ o a un múltiplo entero impar de $\pm 90^\circ$.
2. El reflector polarizador de acuerdo con la reivindicación 1, comprendiendo además la capa de agrupación de parches (216) una segunda rejilla bidimensionalmente periódica (230) de parches metálicos delgados (228), y teniendo la segunda rejilla periódica (230) un primer conjunto (234) de filas de parches (238) orientadas a lo largo una misma primera dirección x con una misma periodicidad d_x y un segundo conjunto (242, 244) de columnas de parches (246, 248) orientadas a lo largo de una misma segunda dirección y con una misma segunda periodicidad d_y , y teniendo todos los parches (228) de la segunda rejilla periódica (230) una misma forma alargada a lo largo de la segunda dirección y , y formando dipolos eléctricos cuando son excitados a lo largo de la segunda dirección y , en el que, para cada fila (238) de la segunda rejilla (230), los parches (228) de dicha fila (238) tienen y están todos cruzados por una tira metálica alargada (254) orientada a lo largo de la primera dirección x y que tiene un ancho c , formando la tira metálica alargada (254) una sola y una misma pieza integral, y
Incluyendo la primera y la segunda rejillas (226, 230) de los parches (228) las tiras metálicas alargadas (252, 254) que están geoméricamente intercaladas al tiempo que están espacialmente separadas.
3. El reflector polarizador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en el que, para cada fila (24; 236, 238) de la agrupación de parches (6; 216), los parches (18; 228) de dicha fila (24; 236, 238) están interconectados y cruzados por una tira metálica alargada continua (32; 252, 254) orientada a lo largo de la primera dirección x y que tiene el ancho c .
4. El reflector polarizador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la forma de los parches (18, 228) es o bien una forma rectangular o bien una forma de T conectada o bien una forma de E conectada o bien una forma de E espiral conectada.
5. El reflector polarizador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que todos los parches (18; 228) tienen la misma forma y las mismas dimensiones geométricas.
6. El reflector polarizador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el tamaño de cada

parche (18; 228) es menor que $\lambda_g/2$, preferentemente comprendido entre $\lambda_g/4$ y $\lambda_g/5$ y λ_g designa la longitud de onda guiada correspondiente a la frecuencia de operación más alta.

5 7. El reflector polarizador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la geometría de la agrupación de parches (6; 216), el espesor y la permitividad dieléctrica del sustrato (4; 214), y la geometría de las tiras metálicas alargadas (34; 252, 254) están configurados de tal modo que una primera frecuencia de resonancia del modo de dipolo y una primera frecuencia de resonancia del modo de abertura, más alta que la primera frecuencia de resonancia del modo dipolar, rodean la banda ancha de frecuencia única de la banda ancha de operación única o la primera banda de frecuencia de la banda de operación doble.

10 8. El reflector polarizador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la geometría de la agrupación de parches (6; 216), el espesor y la permitividad dieléctrica del sustrato (4, 214), y la geometría de las tiras metálicas alargadas (32; 252, 254) están configurados de tal modo que una primera frecuencia de resonancia del modo de dipolo y una primera frecuencia de resonancia del modo de abertura, más alta que la primera frecuencia de resonancia del modo de dipolo, rodean la banda ancha de frecuencia única de la banda ancha de operación única o la primera banda de frecuencia de la banda de operación doble, y
15 la primera frecuencia de resonancia del modo de abertura se ubica antes de la segunda banda de frecuencia de la banda de operación doble.

20 9. El reflector polarizador de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 8, configurado para operar en banda doble y en el que, la geometría de la agrupación de parches (6; 216), el espesor h y la permitividad dieléctrica ϵ_r del sustrato (4, 214), y la geometría de las tiras metálicas alargadas (32; 252, 254) están configurados de tal modo que la fase diferencial entre los dos modos fundamentales sobre la única o la primera y la segunda bandas de frecuencia son iguales respectivamente a $+90^\circ$ y -90° o $+270^\circ$ o -270° .

25 10. Un reflector polarizador plano para una antena de banda ancha iluminado localmente con incidencia oblicua por una fuente electromagnética que tiene un patrón de radiación predeterminado hacia el reflector polarizador plano y para convertir una polarización lineal en una quiralidad de polarización circular local dada sobre una banda de frecuencia cuando se opera en una banda ancha única con una incidencia local oblicua iluminada por una onda plana local originada a partir de un patrón de radiación de fuente predeterminado, o en una primera quiralidad de polarización circular local sobre una primera banda de frecuencia y en una segunda quiralidad de polarización circular local sobre una segunda banda de frecuencia, siendo la primera y la segunda quiralidad de polarización circular local sustancialmente iguales u ortogonales cuando se opera en banda doble con la incidencia oblicua iluminada por una
30 onda plana local, comprendiendo el reflector polarizador un sustrato dieléctrico de perfil plano (364), delimitado entre una primera superficie plana con un primer perfil plano y una segunda superficie plana con un segundo perfil plano, y teniendo un espesor h y una permitividad dieléctrica ϵ_r , una capa de agrupación de parches (366) formada por una rejilla bidimensionalmente plana de parches metálicos delgados (370) en la primera superficie del sustrato, teniendo la rejilla plana un primer conjunto (372) de filas de parches lineales (372₁, 372₂) y un segundo conjunto (374) de columnas de parches lineales (374₁, 374₂),
35 una capa de tierra (368) formada por una capa metálica lisa sobre la segunda superficie, ubicada debajo de la capa de agrupación de parches (366); separando el sustrato (364) la capa de agrupación de parches (366) y la capa de tierra (368), y teniendo todos los parches (370) una misma forma alargada y formando dipolos eléctricos cuando son excitados a lo
40 largo de su propia dirección de alargamiento; estando el reflector polarizador **caracterizado porque**, para cada fila de parches (372₁, 372₂), los parches de dicha fila de parches están cruzados por una tira metálica alargada (382₁ 382₂) que tiene un ancho de referencia c , o los parches de dicha fila de parches están alineados por dos tiras metálicas alargadas que tienen un ancho de referencia c , y estando configurados la geometría de la agrupación de parches (366), el espesor h y la permitividad dieléctrica del sustrato (364), y la geometría de las tiras metálicas alargadas (382₁ 382₂) de tal modo que cada célula de ajuste de fase, hecha de un dipolo eléctrico alargado y cruzando una porción de la tira metálica alargada (382₁ 382₂) dicho dipolo eléctrico alargado o hecha de un dipolo eléctrico alargado y revistiendo una porción de las dos tiras metálicas alargadas dicho dipolo eléctrico alargado, tendida sobre el sustrato plano conectado a tierra que tiene una permitividad ϵ_r y un espesor h , induce localmente, cuando es iluminado con incidencia oblicua por la onda plana local, un modo de abertura fundamental y un modo dipolar fundamental complementario a lo largo de dos polarizaciones TE y TM ortogonales locales dentro de la única banda de frecuencia cuando se opera en una banda ancha única o dentro de la primera banda de frecuencia y la segunda banda de frecuencia cuando se opera en banda ancha doble, y
50 siendo la fase diferencial entre los dos modos fundamentales sobre la única o la primera y la segunda bandas de frecuencia igual a $\pm 90^\circ$ o a un múltiplo entero impar de $\pm 90^\circ$.

60 11. Un reflector polarizador curvado para una antena de banda ancha iluminado localmente con incidencia normal u oblicua por una fuente electromagnética que tiene un patrón de radiación predeterminado hacia el reflector polarizador curvado y para convertir localmente una polarización lineal en una quiralidad de polarización circular local dada sobre una banda de frecuencia cuando se opera en una banda ancha única con una incidencia local normal u oblicua iluminada por una onda plana local originada a partir de un patrón de radiación de fuente predeterminado, o en una primera quiralidad de polarización circular local sobre una primera banda de frecuencia y en una segunda quiralidad de polarización circular local sobre una segunda banda de frecuencia, siendo la primera y la

segunda quiralidad de polarización circular local sustancialmente iguales u ortogonales cuando se opera en banda doble con incidencia normal u oblicua iluminada por una onda plana local, comprendiendo el reflector polarizador

5 un sustrato dieléctrico de perfil curvado (406), delimitado entre una primera superficie curvada (412) con un primer perfil curvado y una segunda superficie curvada (414) con un segundo perfil curvado, y teniendo un espesor h y una permitividad dieléctrica ϵ_r ,

una capa de agrupación de parches curvada (408) formada por una rejilla bidimensionalmente curvada de parches metálicos delgados (420) en la primera superficie (412) del sustrato, teniendo la rejilla curvada un primer conjunto (422) de filas de parches curvilíneas (422₁, 422₂) y un segundo conjunto (424) de columnas de parches curvilíneas (424₁, 424₂, 424₃),

10 una capa de tierra (410) formada por una capa metálica lisa sobre la segunda superficie, ubicada debajo de la capa de agrupación de parches (408);

separando el sustrato (406) la capa de agrupación de parches (408) y la capa de tierra (410), y teniendo todos los parches (420) una misma forma sustancialmente alargada y formando dipolos eléctricos cuando son excitados a lo largo de su propia dirección de alargamiento;

15 estando el reflector polarizador **caracterizado porque**, para cada fila de parches curvilínea (422₁, 422₂), los parches (420) de dicha fila de parches curvilínea (422₁, 422₂) están cruzados por una tira metálica alargada (432₁, 432₂) que tiene un ancho de referencia c , o los parches de dicha fila de parches curvilínea están revestidos por dos tiras metálicas alargadas que tienen un ancho de referencia c , y

20 estando la geometría de la agrupación de parches (408), el espesor h y la permitividad dieléctrica del sustrato (406), y la geometría de las tiras metálicas alargadas (432₁, 432₂) configurados de tal modo que cada célula de ajuste de fase, hecha de un dipolo eléctrico alargado y cruzando una porción de la tira metálica alargada dicho dipolo eléctrico alargado o hecha de un dipolo eléctrico alargado y revistiendo una porción de las dos tiras metálicas alargadas dicho dipolo eléctrico alargado, tendida sobre el sustrato curvado conectado a tierra que tiene una permitividad ϵ_r y un espesor h , induce localmente, cuando es iluminado con incidencia normal u oblicua por la onda plana local, un modo de abertura fundamental y un modo dipolar fundamental complementario a lo largo de dos polarizaciones TE y TM ortogonales locales dentro de la única banda de frecuencia cuando se opera en una banda ancha única o dentro de la primera banda de frecuencia y la segunda banda de frecuencia cuando se opera en banda ancha doble, y

25 la fase diferencial entre los dos modos fundamentales sobre la única o la primera y la segunda bandas de frecuencia es igual a $\pm 90^\circ$ o a un múltiplo entero impar de $\pm 90^\circ$.

12. El reflector polarizador de acuerdo con la reivindicación 10 o la reivindicación 11, en el que para cada célula de ajuste de fase, mientras se mantiene sin cambios la dirección longitudinal local de la porción de la única tira metálica alargada que cruza o las dos tiras metálicas alargadas de revestimiento, el dipolo eléctrico alargado se gira alrededor de la normal local a la primera superficie en la ubicación de la célula de ajuste de fase un ángulo orientado de polarización de sintonización A de tal modo que la relación axial correspondiente de la célula de ajuste de fase es mínima.

13. El reflector polarizador de acuerdo con la reivindicación 12, en el que el ángulo orientado de polarización de sintonización A se expresa mediante la ecuación:

$$A = k.A0$$

40 designando $A0$ un ángulo orientado de polarización de sintonización de referencia para girar solo el dipolo eléctrico alrededor de la normal local de tal modo que el ángulo de polarización α que separa la dirección de alargamiento local del dipolo eléctrico girado incluido en el plano tangente local a la primera superficie en la ubicación de la célula de ajuste de fase y la componente tangencial del campo eléctrico incidente local en el plano tangente local es sustancialmente igual a un mismo valor igual a $+45^\circ$ o 45° , y designando k un número real positivo igual o superior a 1 que depende del nivel de la fila de parches a la que pertenece la célula de ajuste de fase y que minimiza la relación axial de la célula de ajuste de fase.

14. El reflector polarizador curvado de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, en el que la agrupación de parches curvada (408) corresponde a una agrupación de parches de referencia de perfil plano virtual (472) formada por una rejilla bidimensionalmente periódica de referencia de parches metálicos de referencia virtual delgados, teniendo la rejilla periódica de referencia un primer conjunto de referencia de filas de parches orientadas a lo largo de una primera dirección de referencia x' con una periodicidad d_x , y un segundo conjunto de referencia de columnas de parches orientadas a lo largo de una segunda dirección de referencia y' con una segunda periodicidad d_y , y

50 para cada fila de parches de referencia virtual, los parches de referencia de dicha fila de parches están cruzados por una tira metálica alargada de referencia virtual generalmente orientada a lo largo de la primera dirección de referencia x' y que tiene un ancho de referencia c , o los parches de referencia de dicha fila de parches de referencia están revestidos por dos tiras metálicas alargadas de referencia virtual generalmente orientadas a lo largo de la primera dirección de referencia x' y que tienen un ancho de referencia c ; y

60 a cada célula de ajuste de fase de los reflectores polarizadores curvados corresponde una célula de ajuste de fase de referencia plana virtual hecha de un dipolo eléctrico alargado virtual y cruzando una porción de la tira metálica alargada virtual dicho dipolo eléctrico alargado virtual o hecha de un dipolo eléctrico alargado virtual y revistiendo una porción de las dos tiras metálicas alargadas virtuales dicho dipolo eléctrico alargado virtual, tendida sobre un

- 5 sustrato plano conectado a tierra virtual que tiene una permitividad ϵ_r y un espesor h , siendo rotada la dirección de alargamiento del dipolo eléctrico alargado virtual desde un ángulo predeterminado a la segunda dirección de referencia y' de tal modo que dicha célula de desfase del reflector polarizador curvado induce localmente un modo de abertura fundamental y un modo dipolar fundamental complementario a lo largo de dos polarizaciones TE y TM ortogonales locales dentro de la única banda de frecuencia cuando se opera en una banda ancha única o dentro de la primera banda de frecuencia y la segunda banda de frecuencia cuando se opera en banda ancha doble, siendo la fase diferencial entre los dos modos fundamentales sobre la única o la primera y la segunda bandas de frecuencia igual a $\pm 90^\circ$ o a un múltiplo entero impar de $\pm 90^\circ$.
- 10 15. El reflector polarizador curvado de acuerdo con la reivindicación 14, en el que la agrupación de parches curvada es una proyección de la agrupación de parches de referencia de perfil plano virtual generalmente ubicada lo más cerca de la primera superficie del sustrato.
- 15 16. El reflector polarizador curvado de acuerdo con 14, en el que la primera superficie curvada es una porción de un cilindro circular o un cilindro parabólico o un cilindro elíptico o un cilindro hiperbólico, y la agrupación de parches de referencia de perfil plano virtual es la agrupación de parches curvada desarrollada sobre una superficie plana.
- 20 17. El reflector polarizador de perfil curvado de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11 a 16, en el que las filas de parches de referencia plana virtual son conjuntos de parches rectangulares regularmente espaciados, modulándose el ancho y la longitud de los parches de acuerdo con la dirección de las filas, y/o la forma de los parches (18, 228) es o bien una forma rectangular o bien una forma de T conectada o bien una forma de E conectada o bien una forma de E espiral conectada.
18. Un reflector polarizador de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 16 y adecuado para una aplicación satelital de banda ancha, que tiene un perfil plano delgado o curvado delgado.

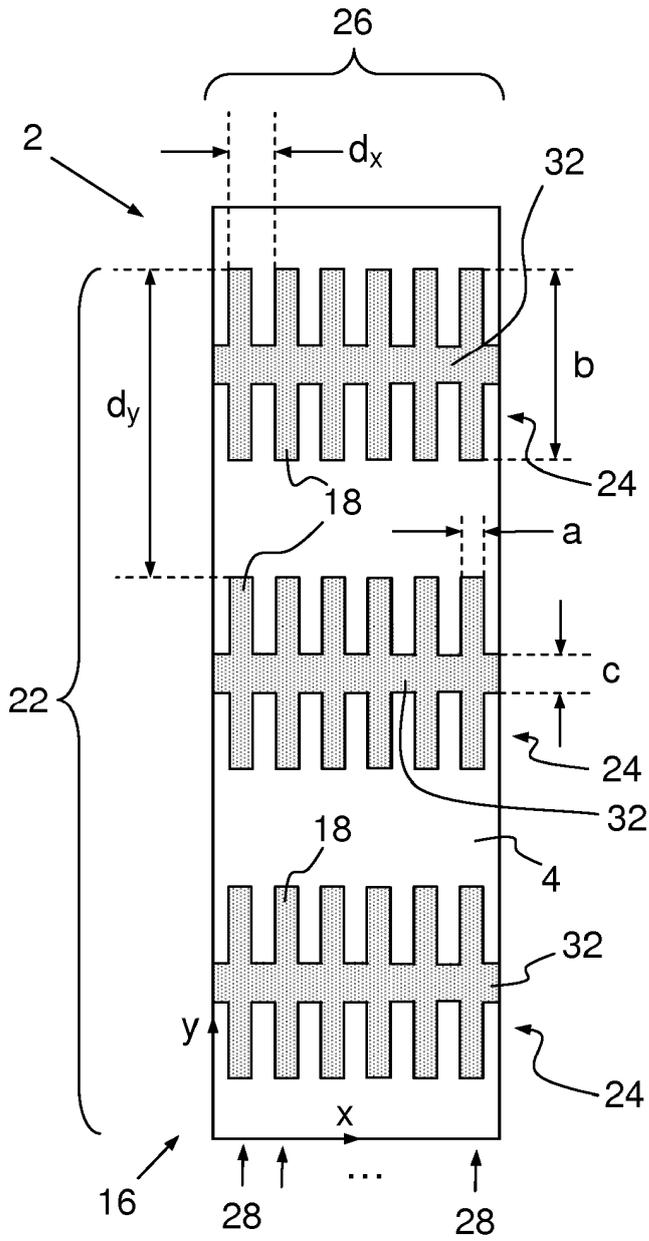


FIG. 1A

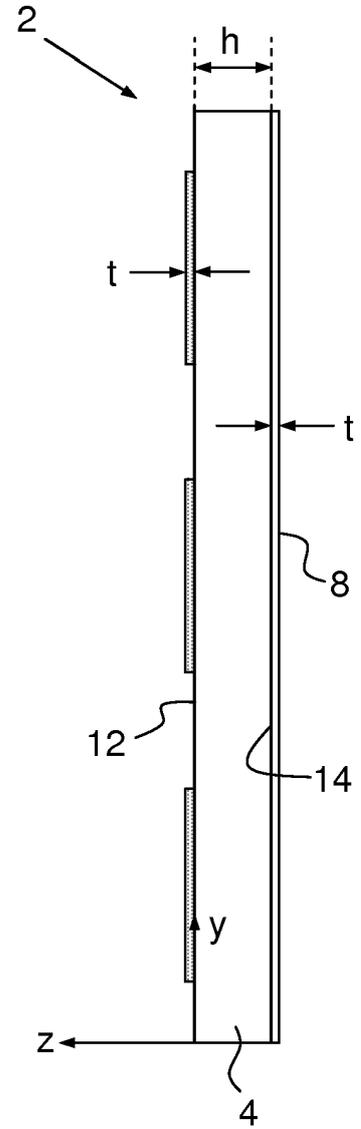


FIG. 1B

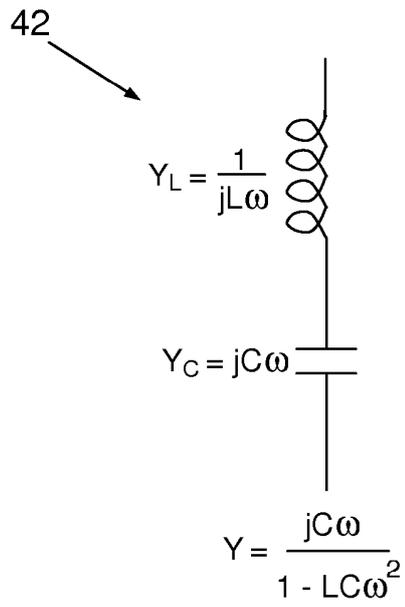


FIG.2

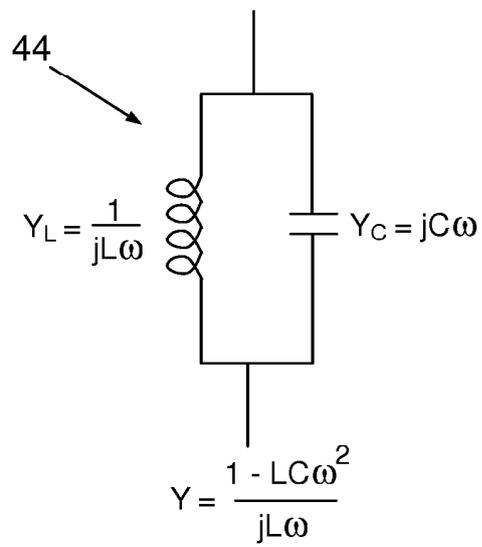


FIG.3

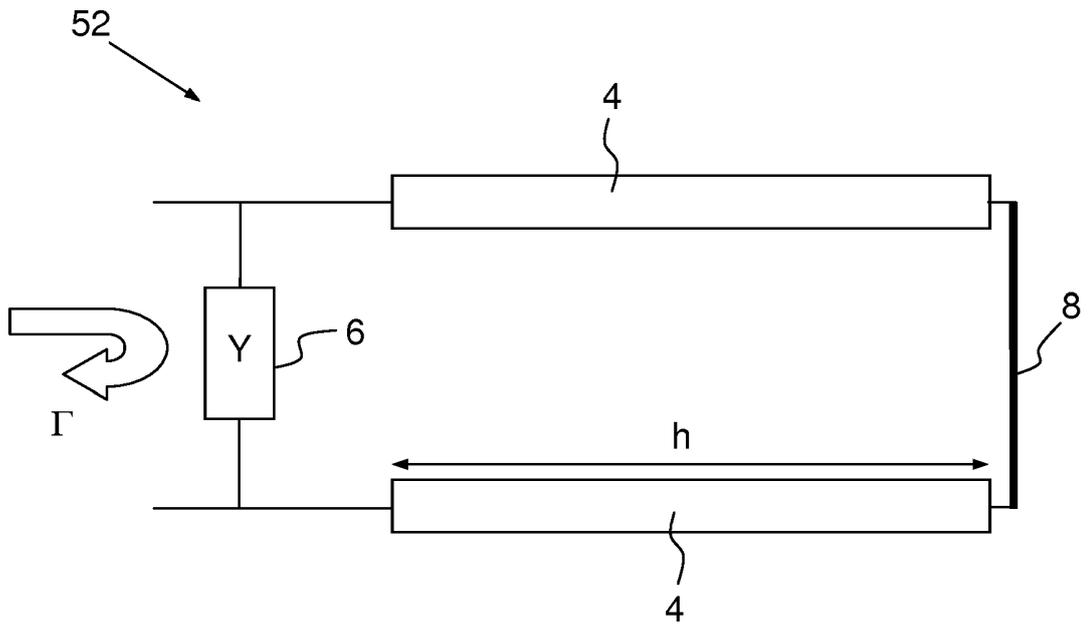


FIG.4

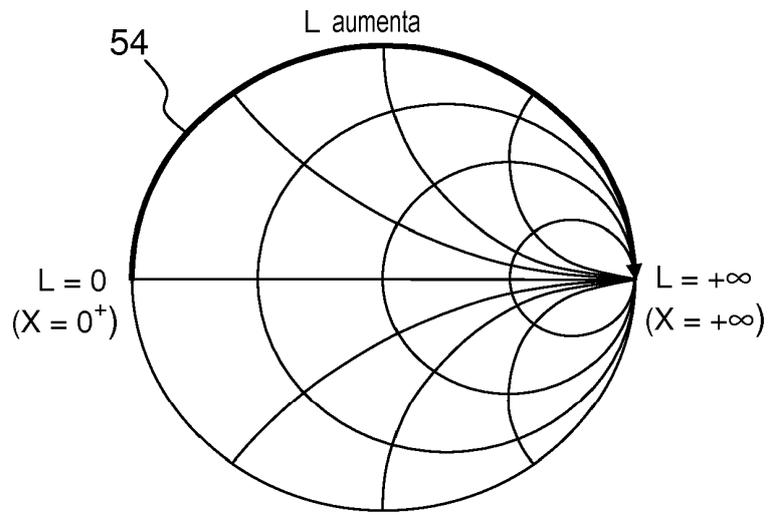


FIG.5

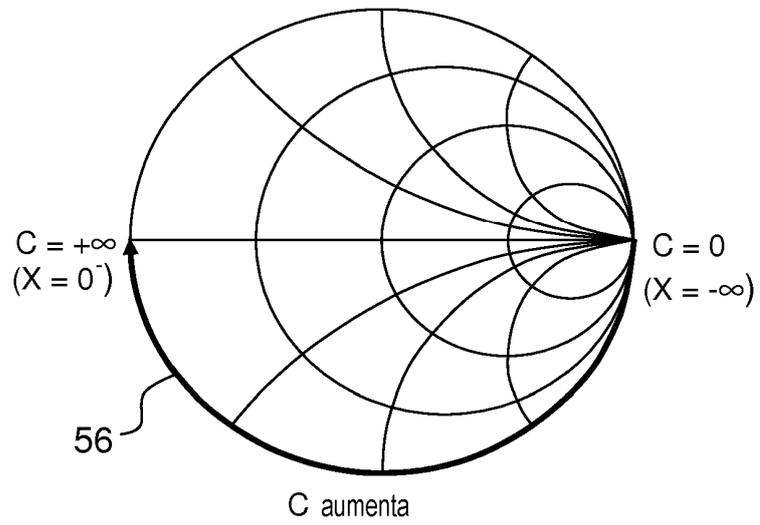


FIG.6

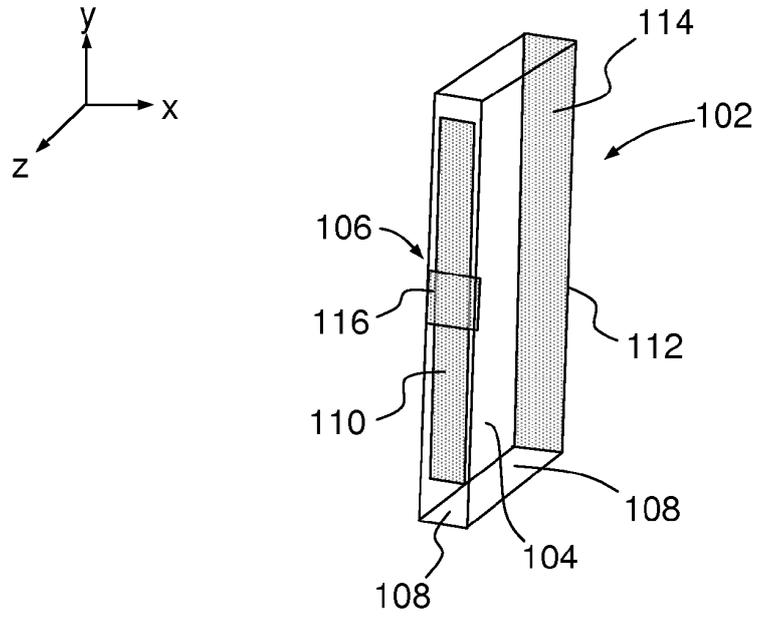


FIG.7A

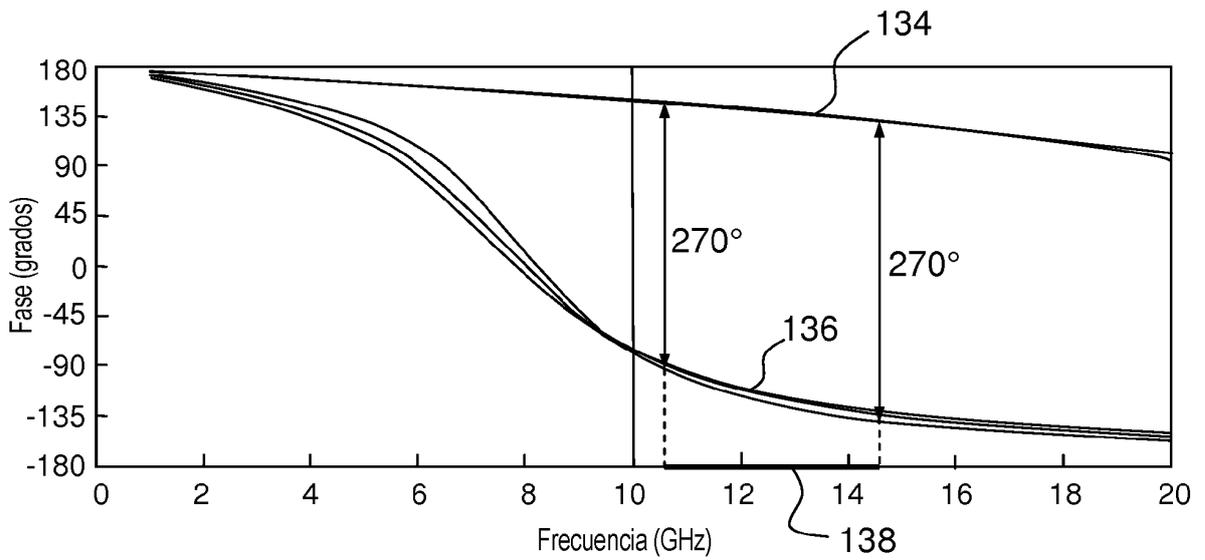


FIG.7B

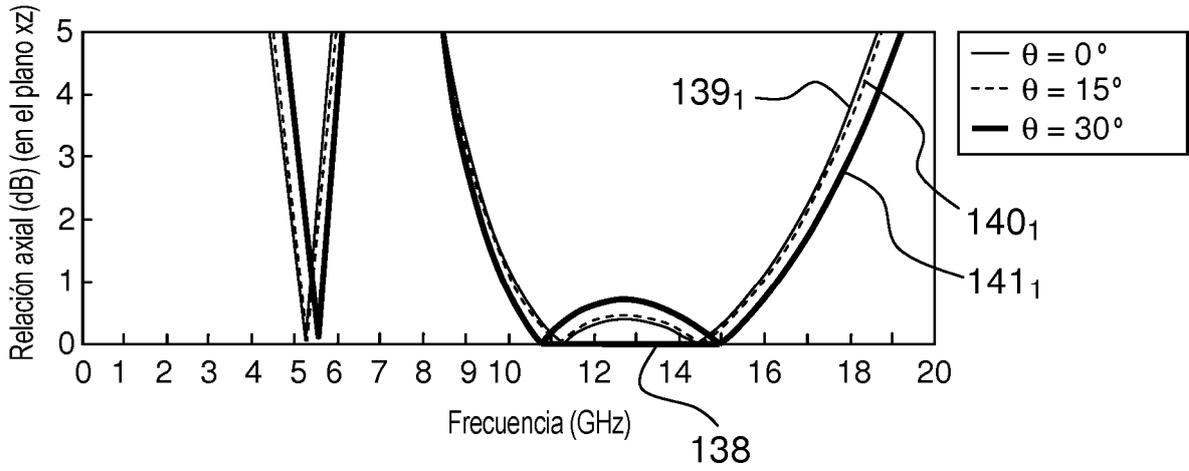


FIG.7C

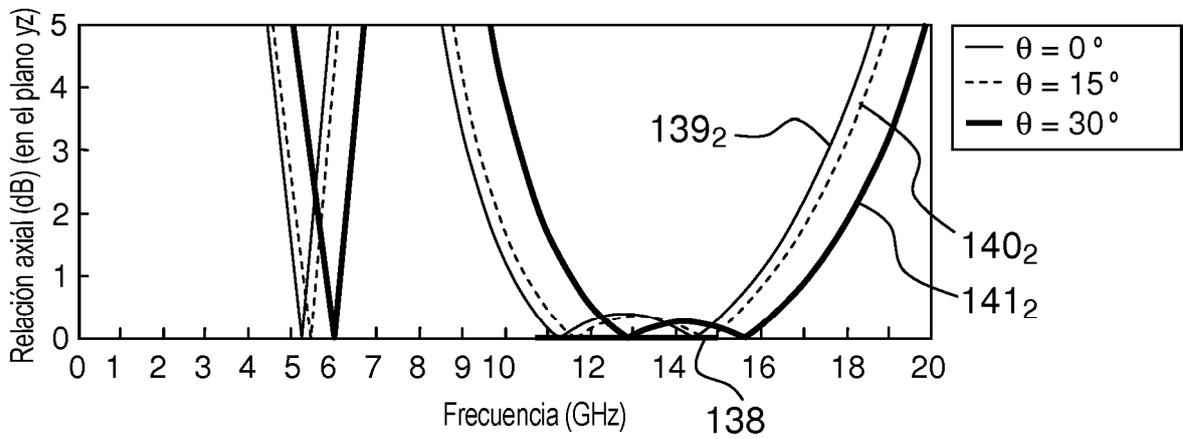


FIG.7D

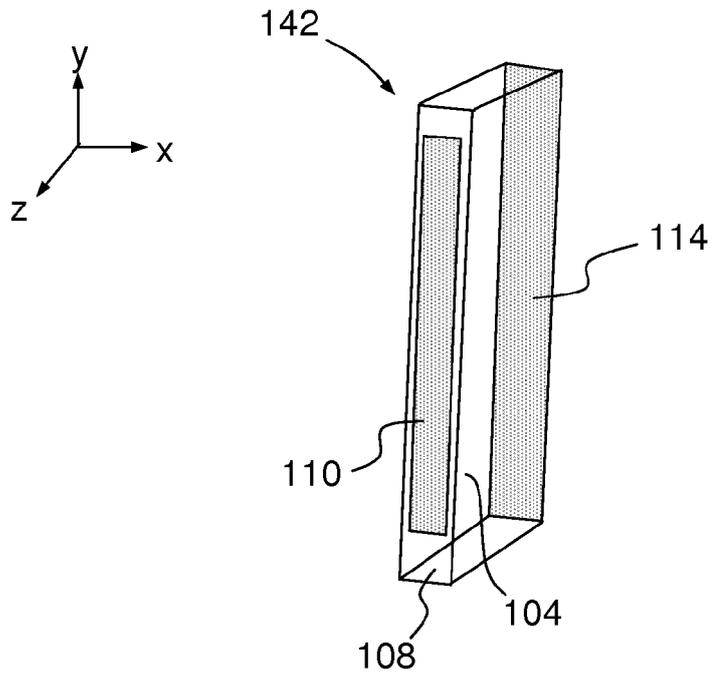


FIG.8A

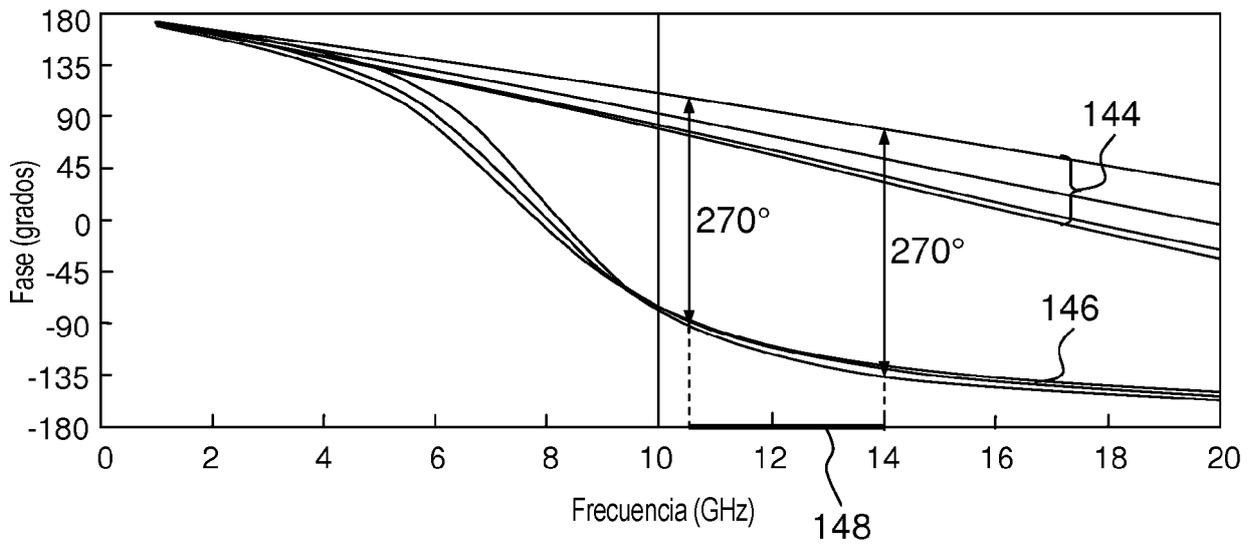


FIG.8B

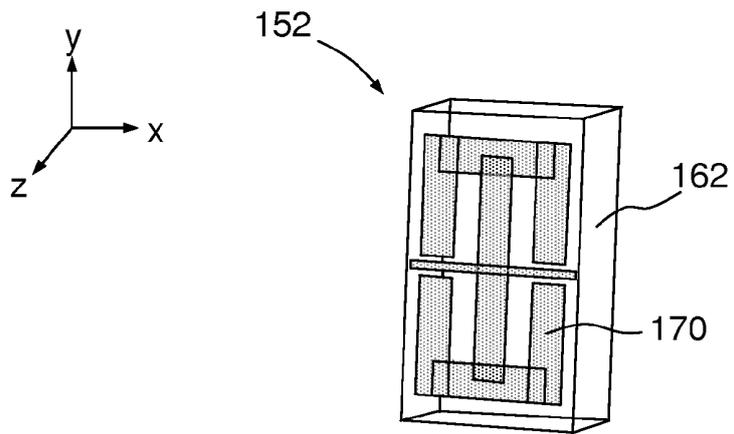


FIG.9A

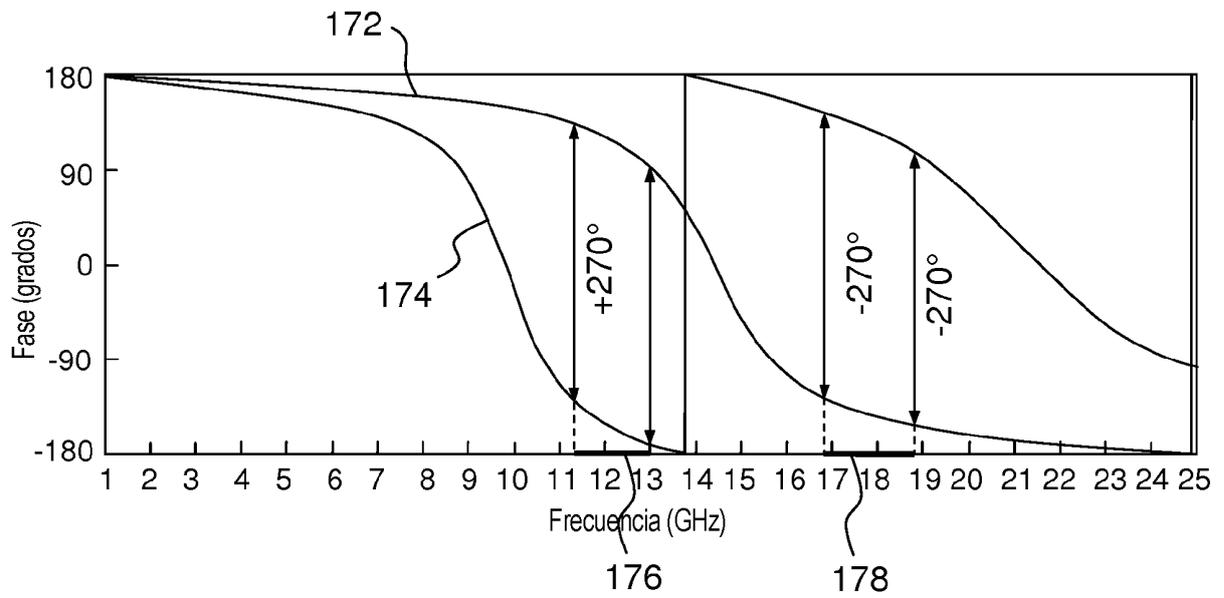


FIG.9B

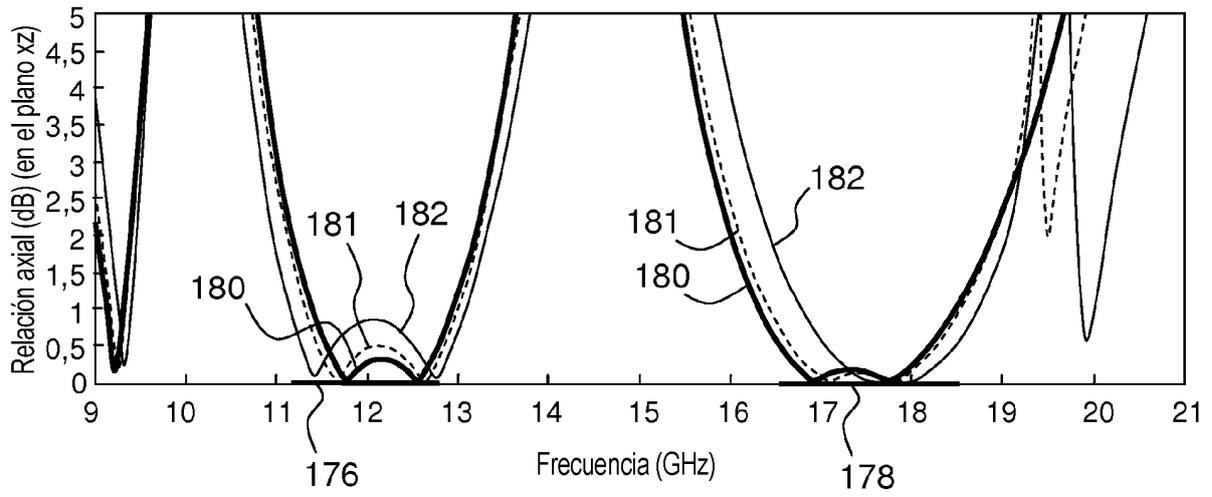


FIG.9C

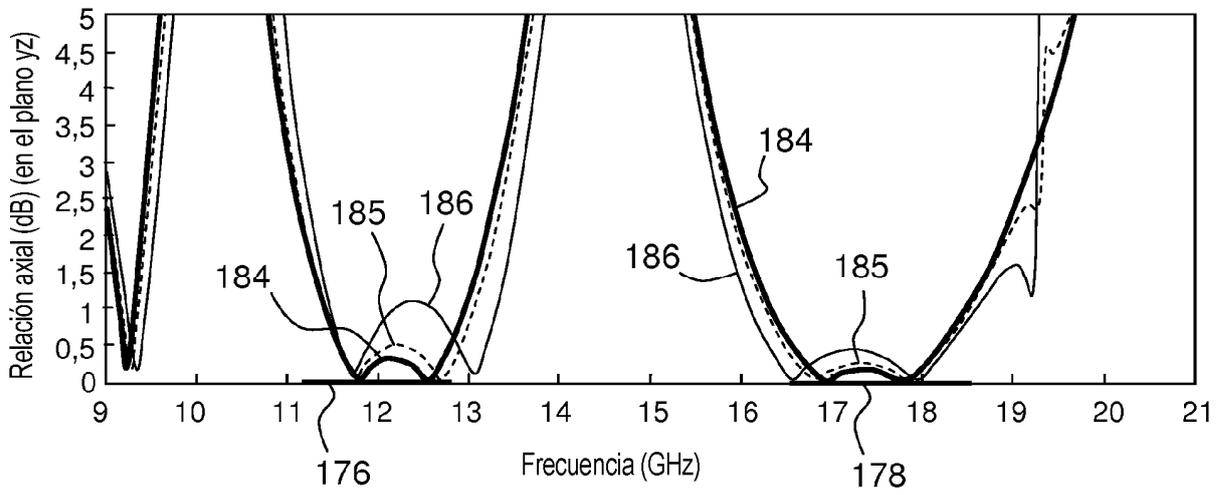


FIG.9D

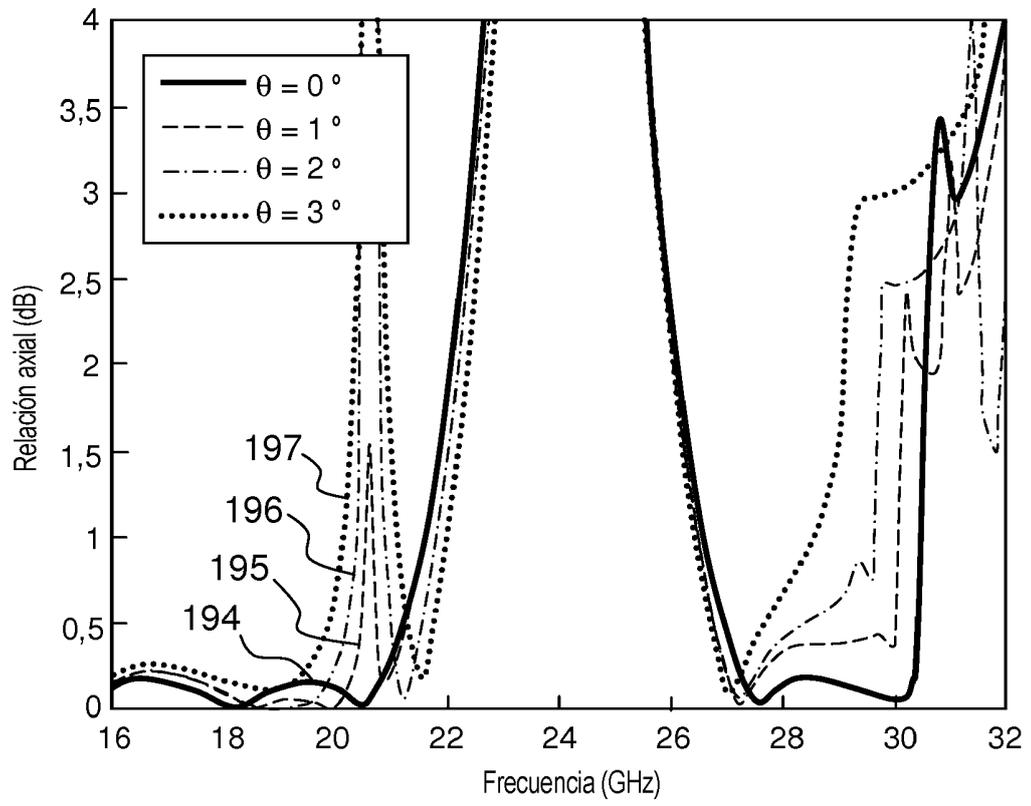


FIG.10

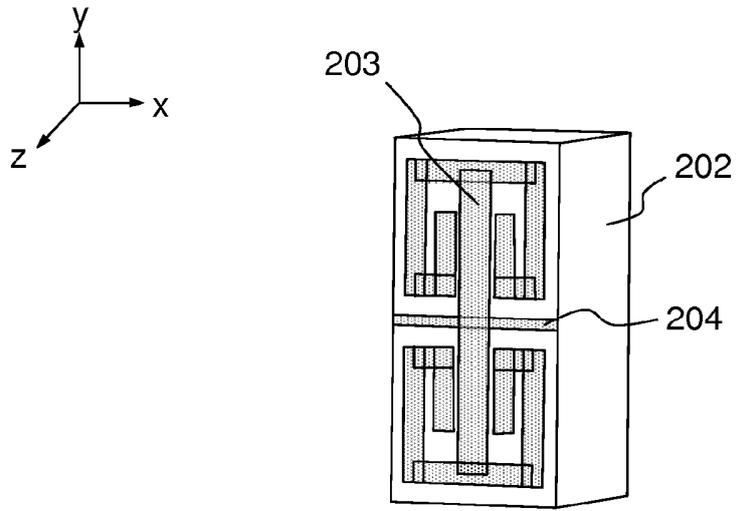


FIG.11A

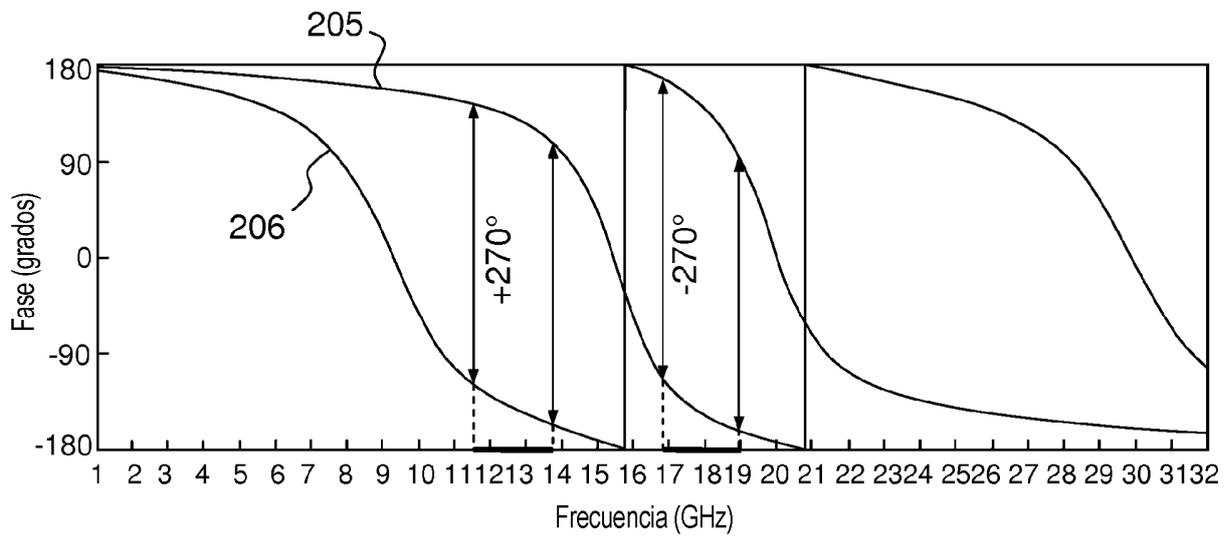


FIG.11B

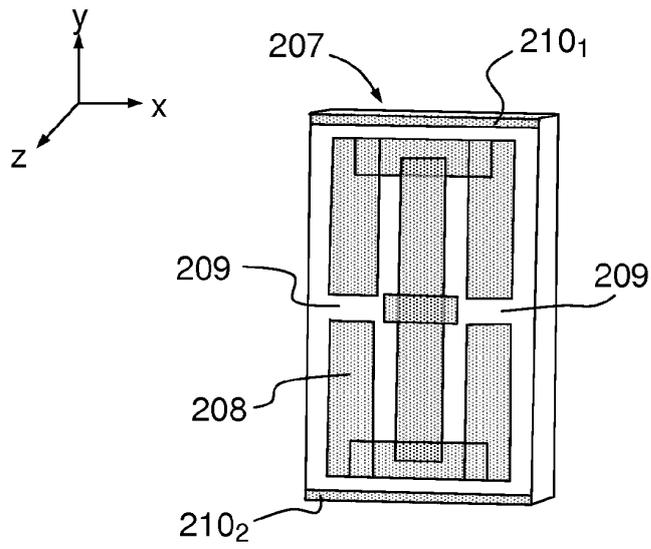


FIG.12A

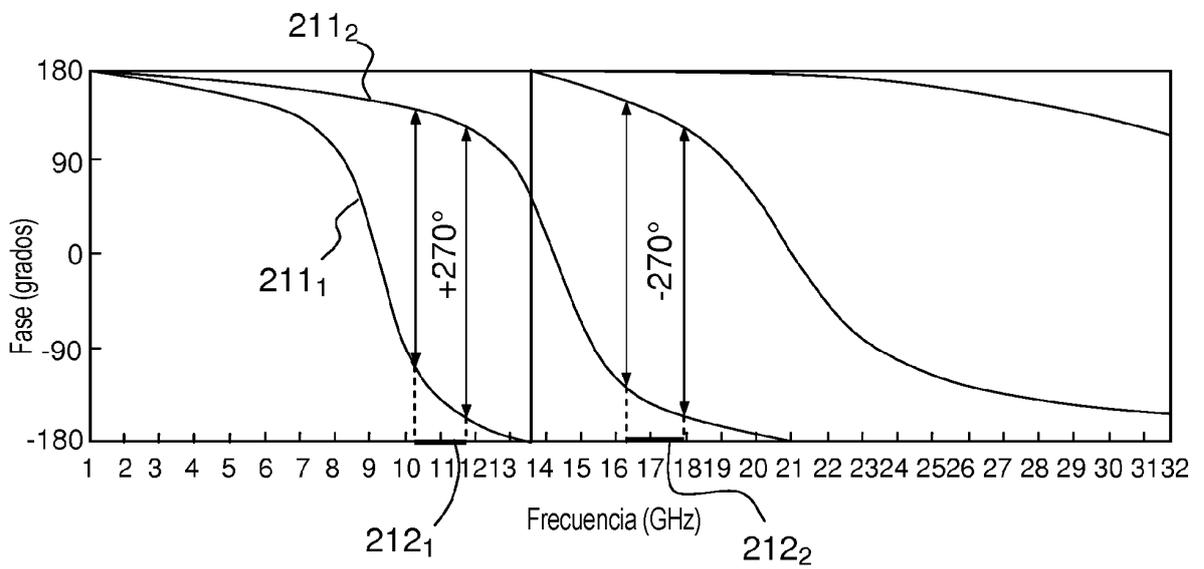


FIG.12B

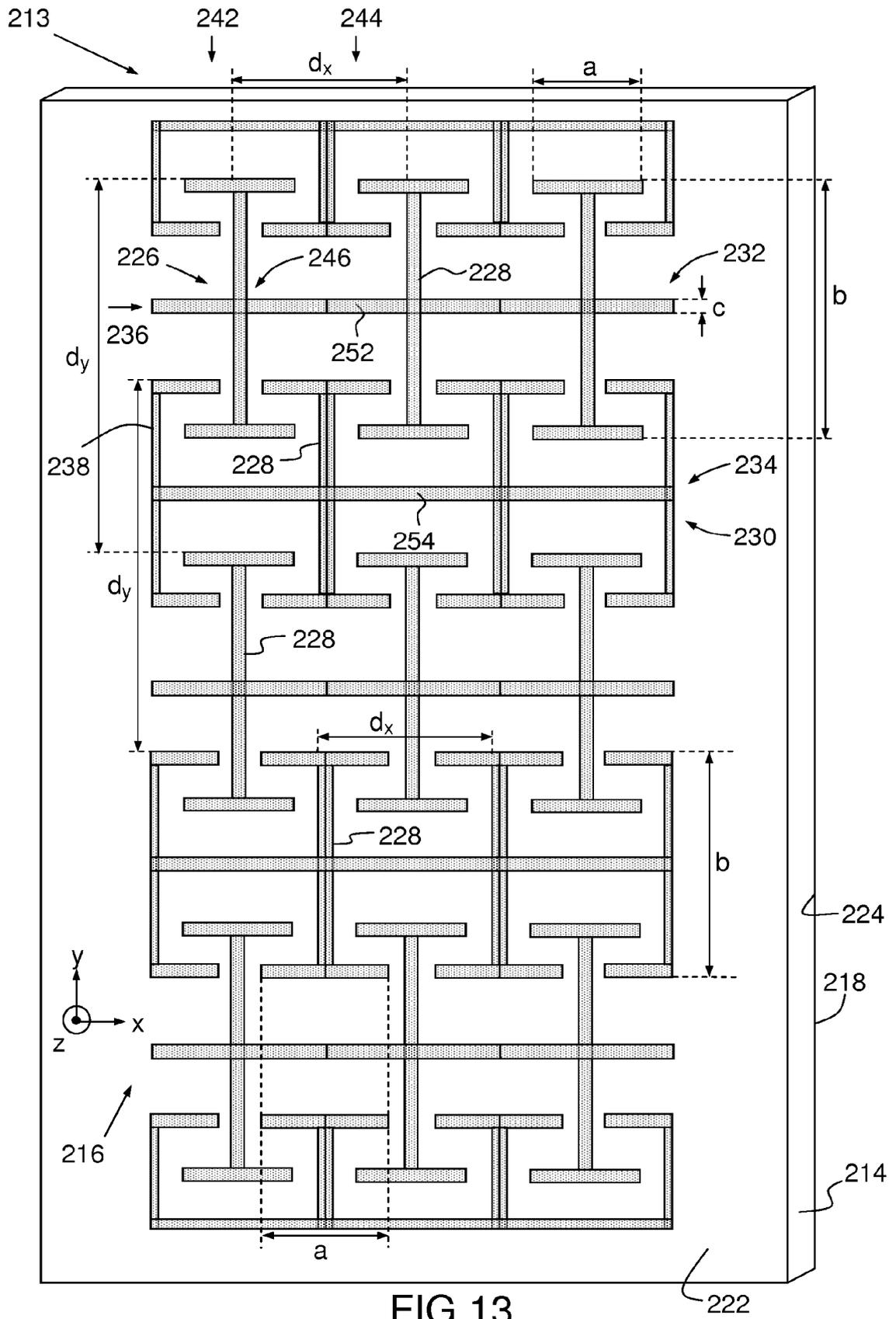


FIG. 13

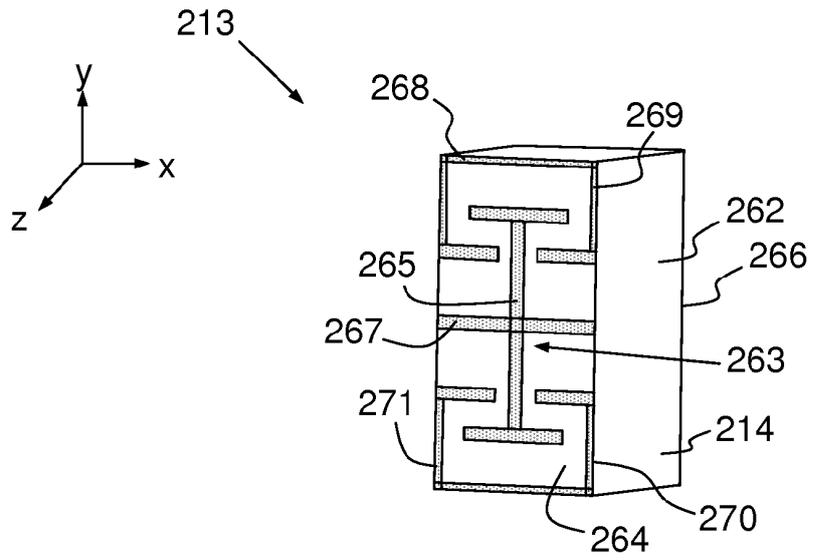


FIG.14A

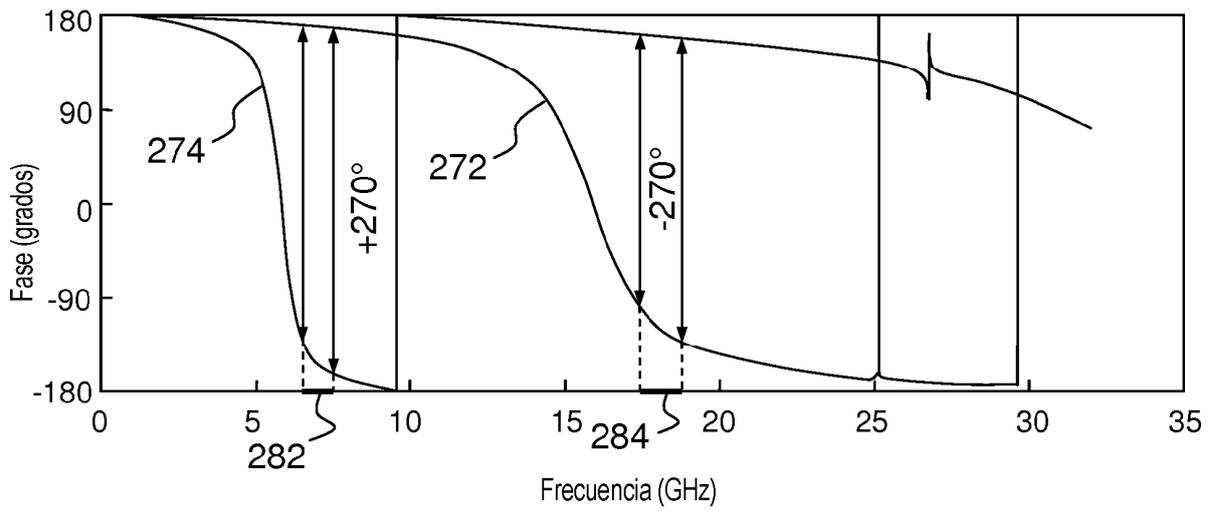


FIG.14B

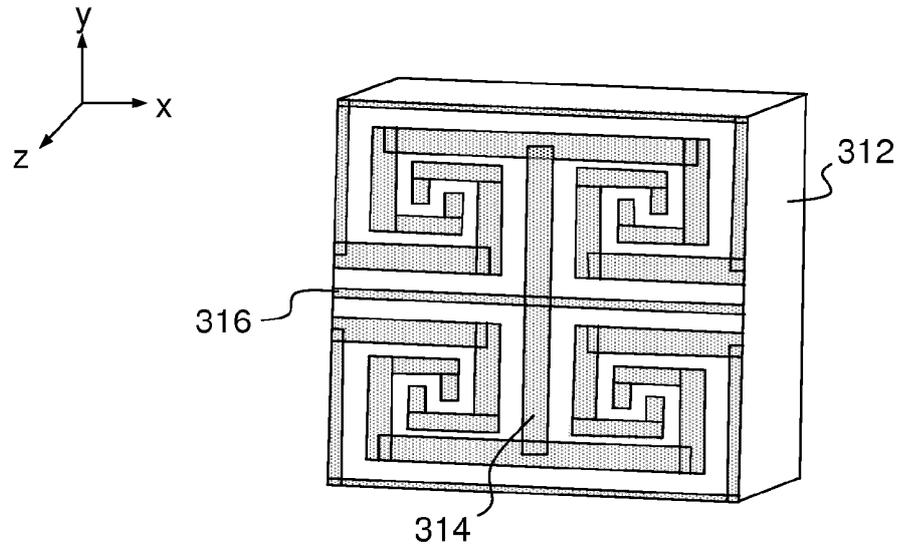


FIG.15A

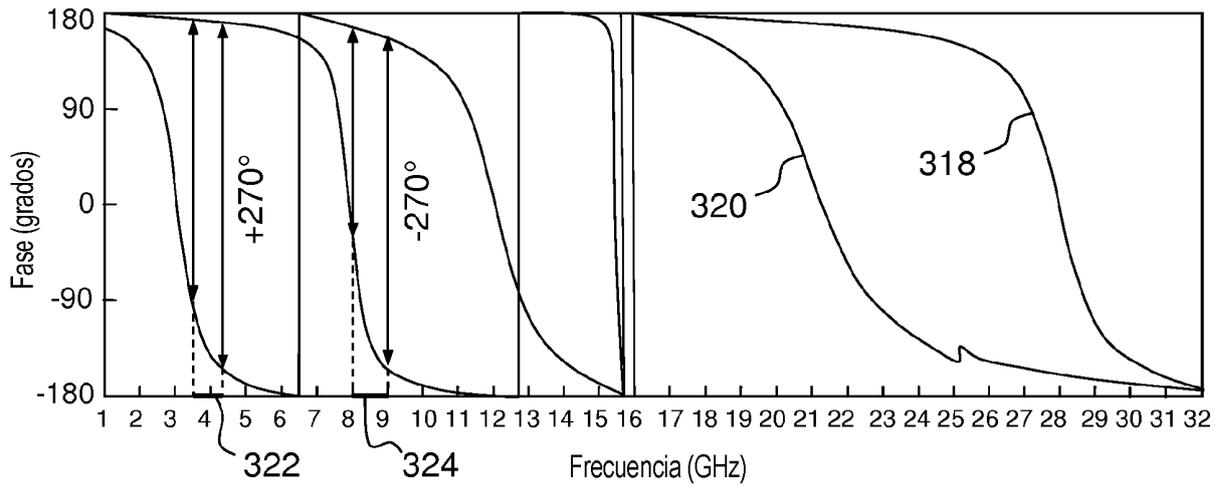
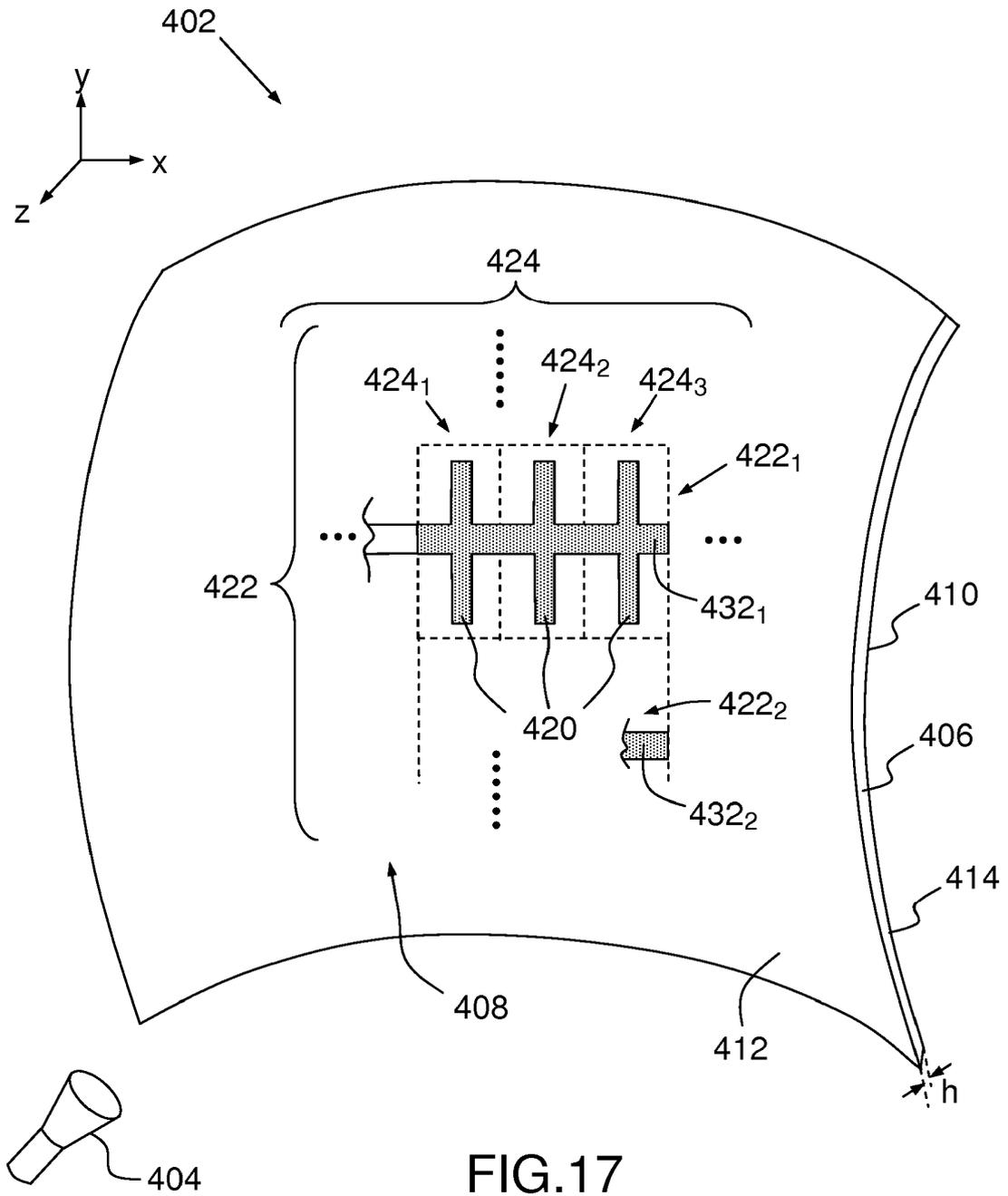


FIG.15B



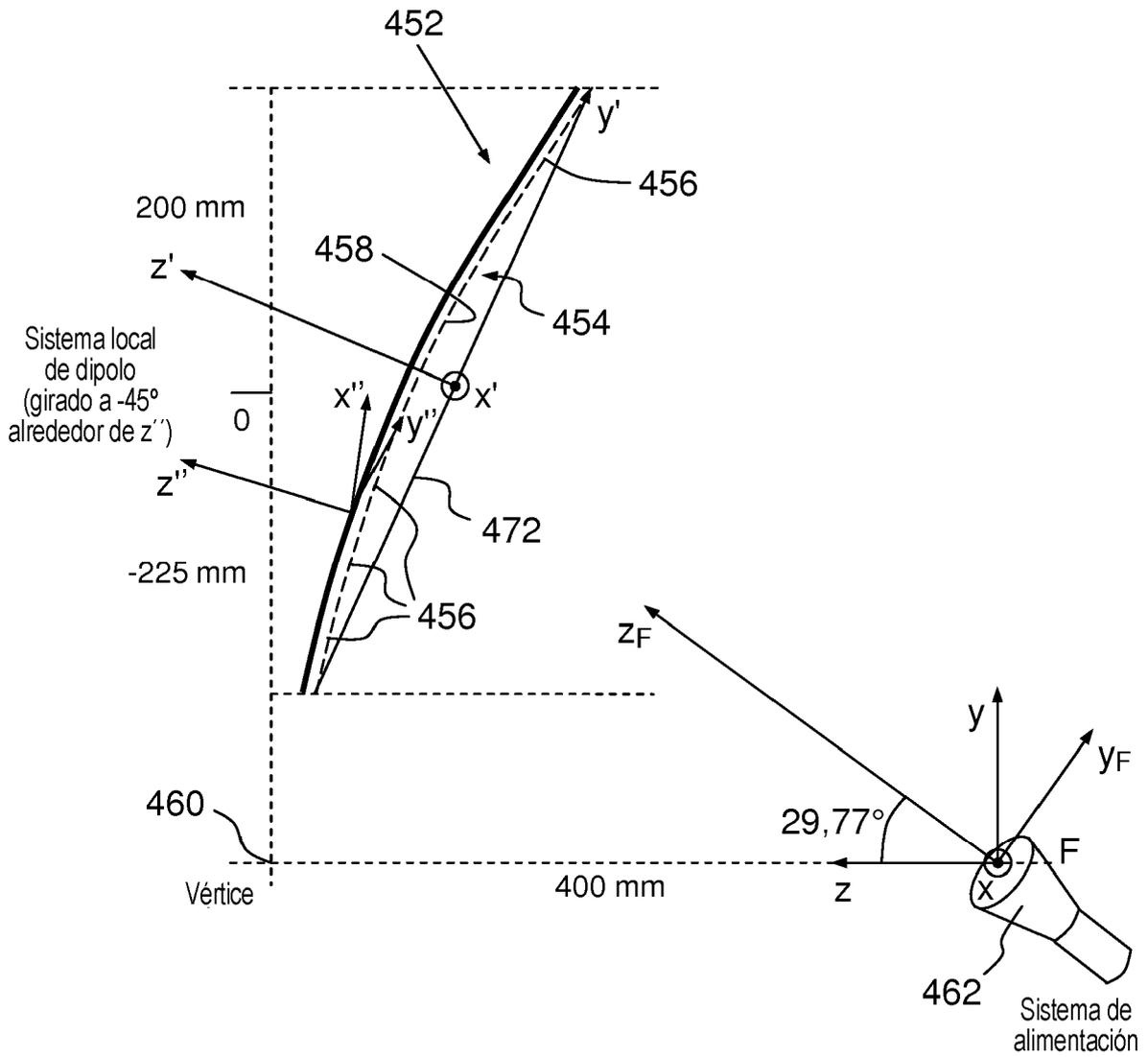


FIG.18

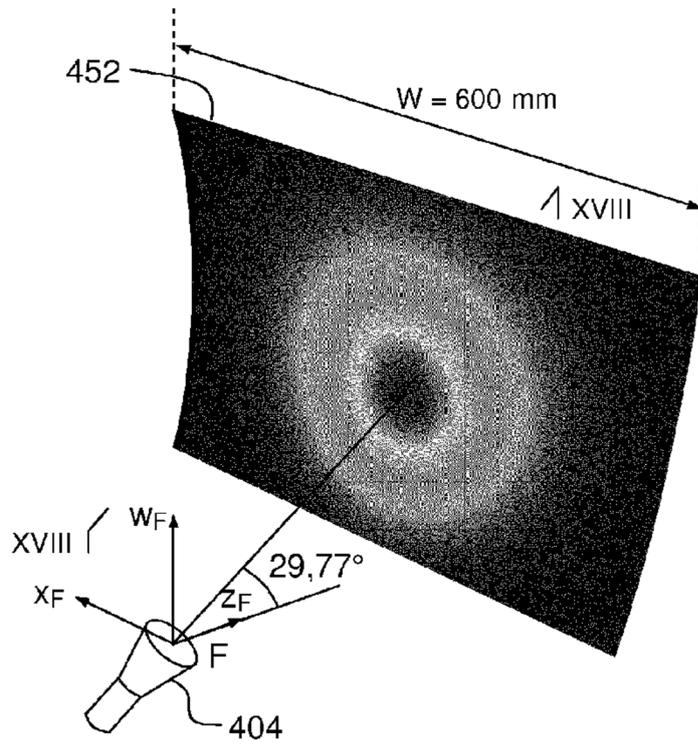


FIG.19

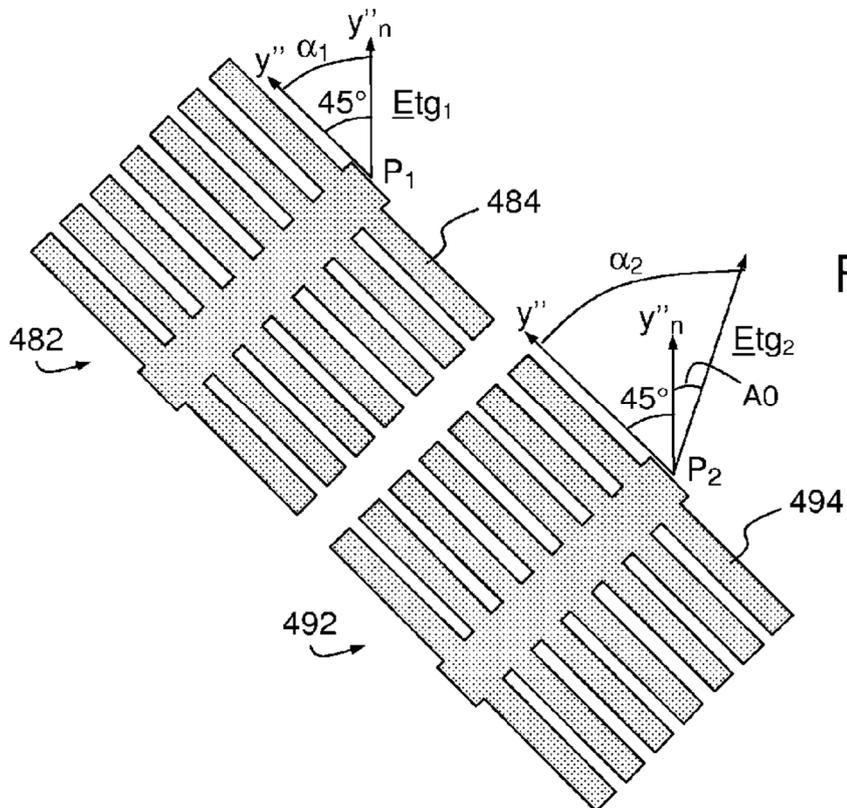


FIG.20

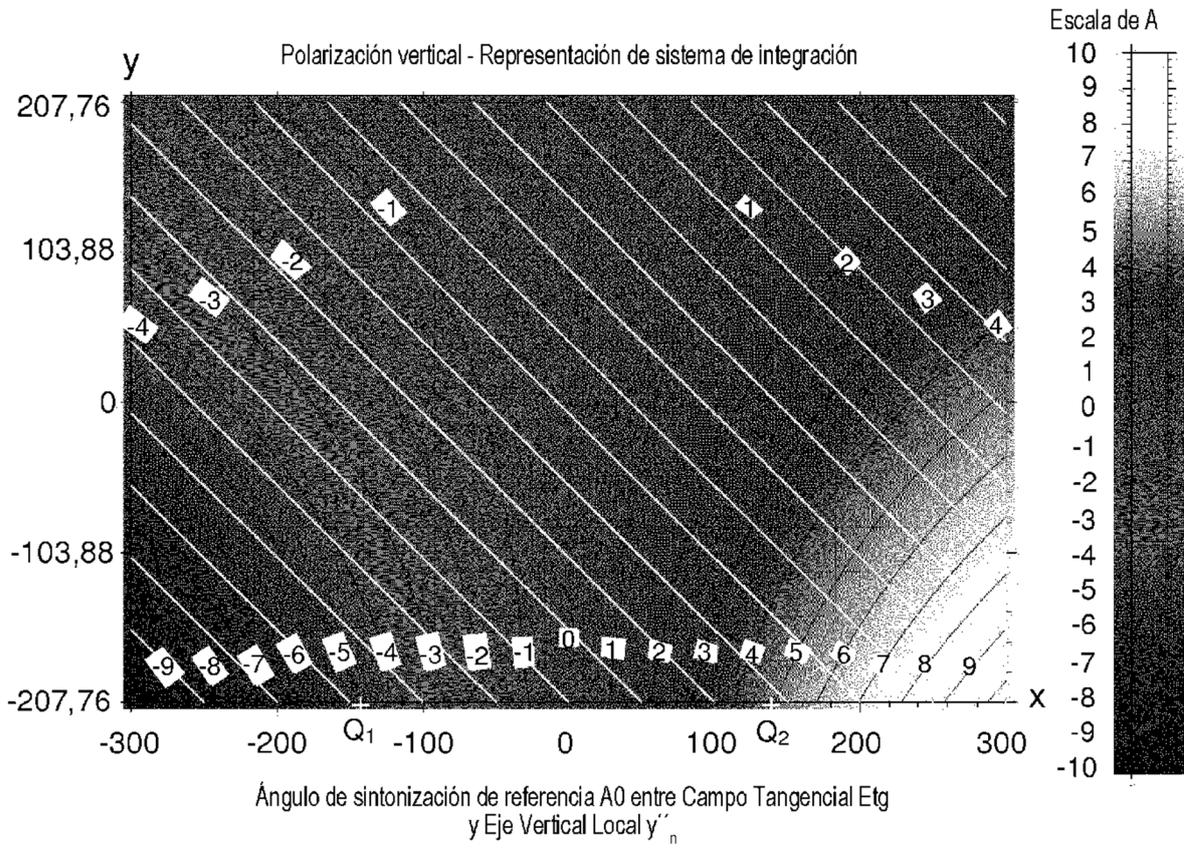


FIG.21

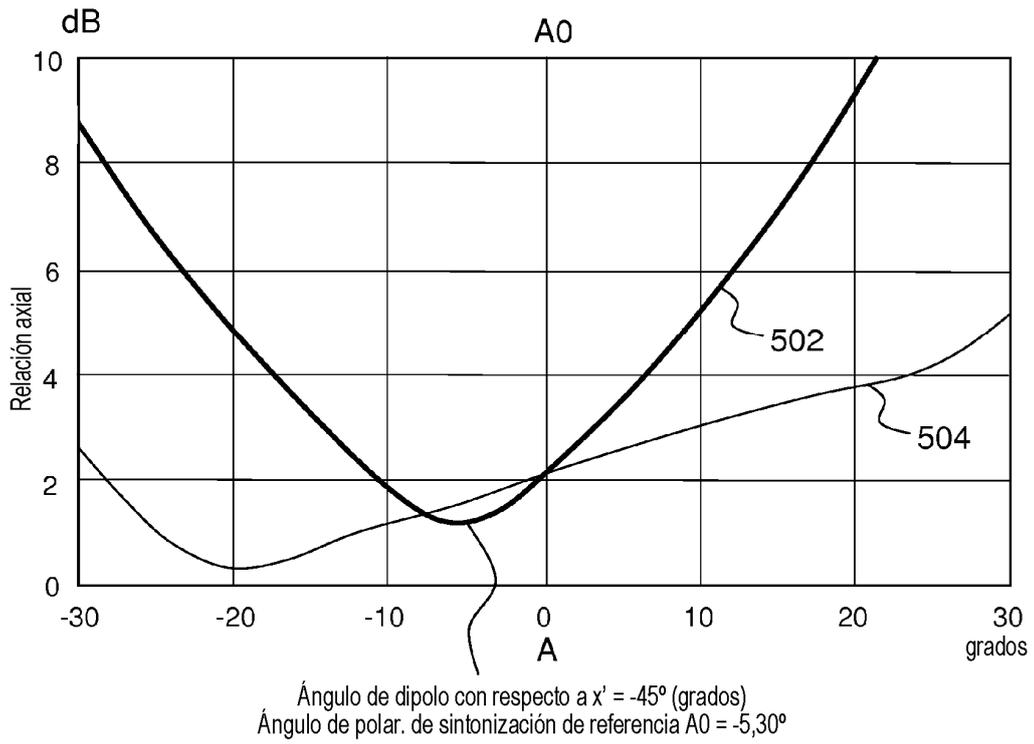


FIG.22

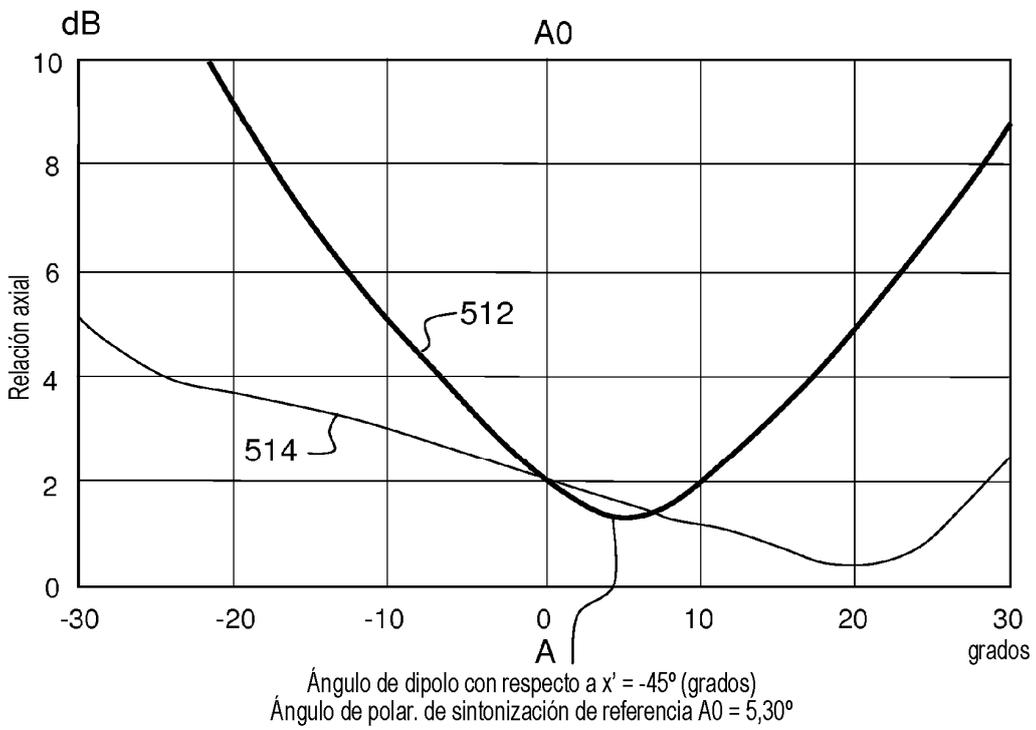


FIG.23

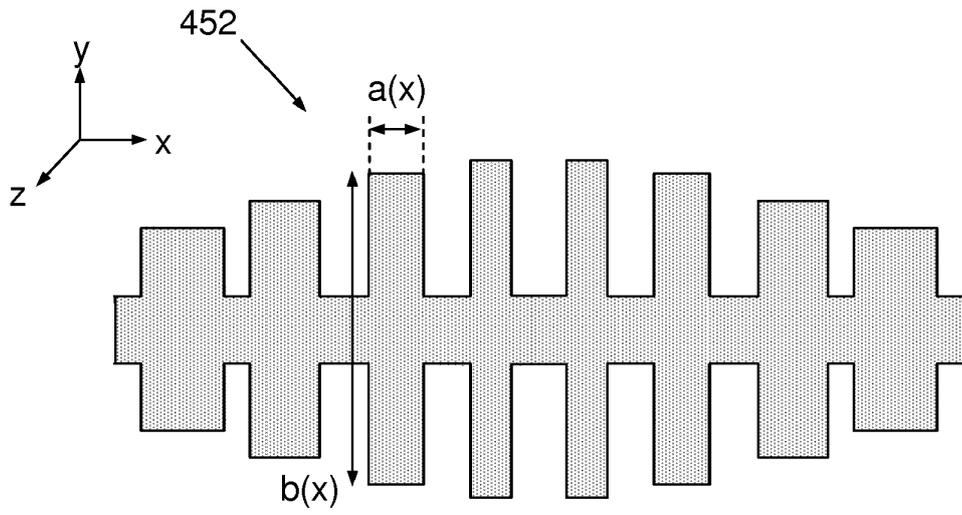


FIG.24