

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 874 634**

51 Int. Cl.:

**H01Q 1/52** (2006.01)

**H01Q 3/26** (2006.01)

**H01Q 21/00** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.02.2017 PCT/US2017/019743**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.09.2017 WO17151520**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.02.2017 E 17711403 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.04.2021 EP 3424105**

54 Título: **Alimentación de guía de ondas radial de RF de banda amplia con transcripción de vidrio integrada**

30 Prioridad:

**01.03.2016 US 201662302042 P**

**24.02.2017 US 201715442320**

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

**05.11.2021**

73 Titular/es:

**KYMETA CORPORATION (100.0%)  
12277 134th Court NE Suite 100  
Redmond, Washington 98052, US**

72 Inventor/es:

**SIKES, BENJAMIN;  
SAZEGAR, MOHSEN;  
MOREY, ROBERT y  
RILEY, MATTHEW**

74 Agente/Representante:

**LLAGOSTERA SOTO, María Del Carmen**

**ES 2 874 634 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**

Alimentación de guía de ondas radial de RF de banda amplia con transcripción de vidrio integrada

**CAMPO DE LA INVENCION**

5 Las formas de realización de la presente invención se refieren al campo de las antenas; más en particular, las formas de realización de la presente invención se refieren a antenas que tienen un obturador de radiofrecuencia (RF) para evitar que la energía de RF de una onda de alimentación de RF utilizada para excitar elementos de antena salga de una antena.

**ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

10 Las antenas planas tradicionales que integran una abertura radiante y una estructura de alimentación garantizan una conexión física conductora entre los dos subconjuntos para proporcionar una ruta de retorno de corriente para el control de corriente continua (CC) y las señales de acondicionamiento de energía, así como las señales de RF para evitar que radiaciones extrañas de la interfaz eléctrica corrompan los patrones de radiación de la antena. Las estructuras de alimentación típicas en este tipo de antenas tienden a alimentar energía de RF a la  
 15 abertura de radiación a través de una disposición de alimentación corporativa o una disposición combinada en serie / paralelo que proporciona distribución de energía así como una disminución de la abertura en el caso de antenas pasivas en fase. Estas redes de distribución de energía tienden a tener muchos divisores de energía de RF y discontinuidades que requieren el uso de criterios de diseño estrictos para garantizar que el rendimiento en cascada de toda la alimentación cumpla con los requisitos del sistema. En el caso de la alimentación de guía de ondas radial alimentada por el borde, la distribución de potencia es gestionada a través de la naturaleza de la  
 20 dilución de la energía alrededor del radio de la antena, pero sigue requiriendo la utilización de principios de diseño cuidadosos con el fin de lograr un diseño de banda ancha sólido.

Una instanciación de la antena de alimentación radial utilizaba un enfoque de banda relativamente estrecha para lanzar y terminar las ondas que se propagan, así como en la compensación de discontinuidad en las transiciones de capa. En el lanzamiento, se diseñó un ramal de línea de transmisión abierta de un cuarto de longitud de onda para pasar de un modo electromagnético transversal axial (TEM) a un modo TEM radial. El lanzamiento del  
 25 ramal abierto de un cuarto de longitud de onda depende de la longitud resonante del conductor central para pasar de un modo guiado a un modo cuasi-radiativo como si irradiara al espacio libre. La resonancia de la estructura de lanzamiento es inherentemente limitada en banda y difícil de extender más allá del 20% del ancho de banda sin agregar otros mecanismos de sintonización para compensar la resonancia. La sonda independiente también limita la capacidad de manejo de potencia promedio del lanzamiento a aproximadamente 10 vatios o  
 30 menos para una clavija pin central estándar SubMiniatura versión A (SMA). Cualquier calor acumulado en el lanzamiento se disipará solo a través de la radiación o convección, que estará limitada debido al área de superficie de la sonda y al flujo de aire dentro de la cavidad de la guía de ondas. Además del lanzamiento, la transición de la guía inferior a la guía de onda lenta superior utiliza un paso capacitivo para compensar la inductancia causada por la curvatura del plano e de 180 grados. Si bien estos enfoques son estándar para los componentes de la guía de ondas, para lograr anchos de banda superiores al 30%, es necesario utilizar métodos menos dependientes de la frecuencia para las transiciones de modo y la compensación de discontinuidad.

En otras estructuras de guías de ondas radiales de banda ancha, el enfoque de banda ancha ha sido utilizar transiciones continuas de ahusamiento que tienen transiciones suaves de un modo a otro. En las Figuras 1A y B  
 40 se muestra un ejemplo de alimentación de este enfoque de alimentación. Este enfoque une la clavija central del conector a una transición acanalada en cortocircuito con la pared de guía superior. Si bien este enfoque puede lograr anchos de banda amplios, la fabricación puede volverse difícil debido a las complejas curvas que crean estas transiciones lisas. Por lo general, estas transiciones deben fabricarse utilizando un torno para seguir la curvatura compleja. Si se necesita una compensación adicional con finalidades de encaje, la curvatura continua ofrece solo la capacidad de acelerar o ralentizar la transición en lugar de ofrecer características adicionales para  
 45 la sintonización capacitiva o inductiva. Además, las transiciones de capa generalmente se logran utilizando chaflanes, lo que le da al diseñador solo un botón que se debe ajustar para lograr el encaje de banda ancha.

El desarrollo de aberturas radiantes basadas en LCD / vidrio basadas en sustratos dieléctricos sin capas de metalización externas evita proporcionar un método de unión eléctrica similar a los métodos convencionales  
 50 descritos anteriormente.

En muchas antenas de matriz en fase convencionales, la abertura radiante se construye a partir de una carcasa de aluminio mecanizada que actúa como elementos radiantes y como colector para integrar canales de control térmico y climático con rigidez y alineación estructural. La ventaja de utilizar aluminio para esta función es que el aluminio es altamente conductor en RF y DC y está fácilmente disponible y bien caracterizado para el  
 55 mecanizado y el ensamblaje. Alternativamente, algunos conjuntos en fase convencionales utilizan tecnología de placa de circuito impreso (PCB) para reducir la cantidad de "mano de obra táctil" involucrada en el ensamblaje de

la antena al tiempo que brindan flexibilidad de diseño al ingeniero para la integración de circuitos integrados (IC) y enrutamiento de RF. Ambas tecnologías de fabricación proporcionan métodos excelentes con los que el ensamblaje de la antena se puede conectar fácilmente a tierra al chasis de la antena y a la red de alimentación de RF.

- 5 Los documentos US 2004/0233117 A1, US 2015/0236412 A1 y DE 40 26 432 A1 son documentos conocidos de la técnica anterior, que describen antenas alimentadas de forma cilíndrica con aberturas radiantes.

### **RESUMEN DE LA INVENCION**

La invención está definida por la reivindicación independiente. Las características opcionales se establecen en las reivindicaciones dependientes.

### **BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS**

La presente invención se entenderá más completamente a partir de la descripción detallada que se proporciona a continuación y de los dibujos adjuntos de diversas formas de realización de la invención, que, sin embargo, no deben tomarse para limitar la invención a las formas de realización específicas, sino que son solo para explicación y comprensión.

- 15 Las **Figuras 1A y 1B** ilustran una antena de ranura de línea radial de una sola capa y una antena de ranura de línea radial de doble capa con una alimentación de antena radial con un lanzamiento estriado y una curva achaflanada de 180 °.

- 20 Las **Figuras 2 y 3** ilustran una vista lateral de una forma de realización de una antena con un lanzamiento y una terminación de RF escalonados, un codo escalonado de 180 ° con transición dieléctrica integrada y obturadores de RF.

La **Figura 4** ilustra una forma de realización de un mecanismo de sujeción.

La **Figura 5** ilustra el rendimiento de RF de la alimentación de antena de la antena de la Figura 2.

La **Figura 6** ilustra una forma de realización de una estructura de banda electromagnética prohibida (EBG) que se utiliza como un obturador de RF.

- 25 La **Figura 7** ilustra una vista lateral de una forma de realización de un obturador basado en PCB que tiene una estructura EBG.

La **Figura 8** ilustra una forma de realización de una antena con una alimentación cilíndrica y un obturador EBG.

- 30 La **Figura 9** ilustra una vista superior de una forma de realización de una alimentación coaxial que se utiliza para proporcionar una alimentación de ondas cilíndrica.

La **Figura 10** ilustra una abertura que tiene uno o más conjuntos de elementos de antena colocados en anillos concéntricos alrededor de una alimentación de entrada de la antena alimentada cilíndricamente.

- 35 La **Figura 11** ilustra una vista en perspectiva de una fila de elementos de antena que incluye un plano de tierra y una capa de resonador reconfigurable.

La **Figura 12** ilustra una forma de realización de un resonador / ranura ajustable.

La **Figura 13** ilustra una vista en sección transversal de una forma de realización de una abertura de antena física.

- 40 Las **Figuras 14A-D** ilustran una forma de realización de las diferentes capas para crear el conjunto ranurado.

La **Figura 15** ilustra una vista lateral de una forma de realización de una estructura de antena alimentada de forma cilíndrica.

La **Figura 16** ilustra otra forma de realización del sistema de antena con una onda saliente.

- 45 La **Figura 17** ilustra una forma de realización de la colocación de los circuitos de activación de la matriz con respecto a los elementos de la antena.

La **Figura 18** ilustra una forma de realización de un paquete TFT.

La **Figura 19** es un diagrama de bloques de una forma de realización de un sistema de comunicación que realiza una recepción dual simultáneamente en un sistema de televisión.

La **Figura 20** es un diagrama de bloques de otra forma de realización de un sistema de comunicación que tiene rutas de transmisión y recepción simultáneas.

## 5 **DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA PRESENTE INVENCION**

En la siguiente descripción, se exponen numerosos detalles para proporcionar una explicación más completa de la presente invención. Sin embargo, resultará evidente para un experto en la técnica que la presente invención se puede poner en práctica sin estos detalles específicos. En otros casos, las estructuras y dispositivos bien conocidos se muestran en forma de diagrama de bloques, en lugar de en detalle, para evitar oscurecer la presente invención.

En el presente documento se incluye un lanzamiento de radiofrecuencia (RF) y un conjunto de obturador de RF que proporciona la capacidad de distribuir potencia de RF en una guía de ondas radial alimentada por el borde en un amplio intervalo de frecuencias. En una forma de realización, el conjunto de obturación de RF permite acoplar una abertura de radiación basada en vidrio a la guía de ondas radial sin una conexión eléctrica física de corriente continua (CC) en las extensiones exteriores de la guía de ondas. En una forma de realización, el uso del obturador de RF permite alimentar una onda de RF a una abertura de radiación circular con una guía de ondas radial alimentada por el borde en un amplio intervalo de frecuencias de RF ya que la energía de RF está esencialmente atrapada dentro de la antena en los bordes exteriores de la abertura radiante y la guía de ondas. En formas de realización alternativas, la abertura radiante puede ser sustratos distintos al vidrio, incluidos, pero sin limitarse a, zafiro, silicio fundido, cuarzo, etc. La abertura puede comprender una pantalla de cristal líquido (LCD).

En una forma de realización, el conjunto de obturación de RF comprende una o más ranuras. En una forma de realización, las ranuras comprenden ranuras fresadas (mecanizadas). Las ranuras pueden actuar como transformadores de cuarto de onda. En otra forma de realización, el conjunto de obturación de RF comprende un obturador de banda electromagnética prohibida (EBG). El obturador de EBG puede ser un obturador de EBG basado en una placa de circuito impreso (PCB).

También se describen en el presente documento características de lanzamiento y terminación de banda ancha que pueden incorporarse en una antena.

### **Ejemplos de Formas de Realización**

En una forma de realización, la guía de ondas comprende metal y la abertura comprende un sustrato de vidrio o pantalla de cristal líquido (LCD), y el coeficiente de expansión térmica de la guía de ondas y la abertura son diferentes. Debido a que tienen diferentes coeficientes de expansión térmica, durante el funcionamiento de la antena, se puede generar calor que hace que se expandan a diferentes velocidades, lo que provoca que su ubicación entre sí cambie de posición, evitando así que la guía de ondas y la abertura radiante estén conectadas entre sí.

En una forma de realización, la inductancia de RF comprende una o más ranuras en la parte exterior de la guía de ondas en el espacio, en que cada una de las ranuras se utiliza para bloquear la energía de RF de una banda de frecuencia. En una forma de realización, las ranuras son parte de un par de anillos en la parte exterior de la guía de ondas. Los anillos están fuera de las áreas activas de la abertura que se utilizan para irradiar energía de RF.

En una forma de realización, el obturador de RF comprende una estructura de banda electromagnética prohibida (EBG). En una forma de realización, la estructura de EBG comprende un sustrato con una o más vías. En una forma de realización, el sustrato comprende una placa de circuito impreso (PCB) con uno o más parches conductores de electricidad y la una o más vías están revestidas con material conductor de electricidad. En una forma de realización, la PCB se une a la guía de ondas con adhesivo conductor. Debe tenerse en cuenta que en una forma de realización no se necesitan vías ya que el ancho de banda es estrecho.

En una forma de realización, la abertura tiene un conjunto ranurado de elementos de antena, en que el conjunto ranurado comprende: una pluralidad de ranuras; y una pluralidad de parches, en que cada uno de los parches está ubicado y separado de una ranura en la pluralidad de ranuras, formando un par de parche / ranura, en que cada par de parche / ranura se apaga o enciende en función de la aplicación de un voltaje al parche en el par. En una forma de realización, los elementos de antena se controlan y funcionan juntos para formar un haz para una banda de frecuencia para su utilización en la dirección del haz holográfico.

Las Figuras 2 y 3 ilustran una vista lateral de una forma de realización de una antena con un conjunto de obturación de RF. Con referencia a las Figuras 2 y 3, la antena 200 incluye una guía de ondas radial 201, una abertura que consta de un sustrato o capas de vidrio (paneles) 202 con elementos de antena (que no se muestran), un plano de tierra 203, una transición dieléctrica (u otra capa) 204, un lanzamiento de RF

(alimentación) 205 y una terminación 206. Debe tenerse en cuenta que mientras que en una forma de realización las capas de vidrio 202 comprenden dos capas de vidrio, en otras formas de realización, la abertura de radiación comprende solo una capa de vidrio u otro sustrato con solo una capa. Alternativamente, la abertura de radiación puede comprender más de dos capas que operan juntas para irradiar energía de RF (por ejemplo, un haz).

5 En una forma de realización, la abertura que consta de capas de vidrio (sustrato) 202 con elementos de antena es operable para irradiar señales de radiofrecuencia (RF) en respuesta a una onda de alimentación de RF alimentada desde el lanzamiento de RF 205 que viaja desde la ubicación central del lanzamiento de RF 205 a lo largo de la guía de ondas radial 201 alrededor del plano de tierra 203 (que actúa como una placa de guía) y transición de capa de 180 ° 210 a las capas de vidrio 202 a la abertura de radiación en la parte superior de la  
10 antena 200. Utilizando la energía de RF, los elementos de antena de las capas de vidrio 202 irradian energía de RF. En una forma de realización, la energía de RF irradiada por las capas de vidrio en respuesta a la energía de RF de la onda de alimentación tiene la forma de un haz.

15 En una forma de realización, las capas de vidrio (u otro sustrato) 202 se fabrican utilizando técnicas de fabricación de televisores comerciales y no tienen metal eléctricamente conductor en la capa más externa. Esta falta de medios conductores en la capa externa de la abertura radiante evita una conexión eléctrica física entre los subconjuntos sin un procesamiento invasivo adicional de los subconjuntos. Con el fin de proporcionar una conexión entre las capas de vidrio 202 que forman la abertura radiante y la guía de ondas 201 que alimenta la onda de alimentación a las capas de vidrio 202, se realiza una conexión de RF equivalente para evitar la radiación de la costura de conexión. Este es el propósito del conjunto de obturador de RF 202. Es decir, el  
20 inductor de RF 220 del conjunto de obturación de RF puede funcionar para bloquear la salida de energía de RF a través de un espacio entre las partes exteriores de la guía de ondas 201 y las capas de vidrio 202 que forman la abertura de radiación. Además, la diferencia en el coeficiente de expansión térmica de las capas de vidrio 202 y el material de la estructura de alimentación de la guía de ondas 201 requiere la necesidad de una superficie intermedia de baja fricción para asegurar la expansión plana libre del medio de antena.

25 Debido a que las capas de vidrio 202 que forman la abertura de radiación y la carcasa de la guía de ondas están hechas de diferentes materiales con diferentes coeficientes de expansión térmica, se realiza algún ajuste en las dimensiones de la carcasa de la guía de ondas 201 para permitir el movimiento físico a medida que varían las temperaturas. Con el fin de permitir el libre movimiento de las capas de vidrio 202 y la carcasa de la guía de ondas 201 sin dañar físicamente ninguna de las estructuras, las capas de vidrio 202 no están unidas  
30 permanentemente a la guía de ondas 201. En una forma de realización, las capas de vidrio 202 se mantienen mecánicamente en estrecho contacto íntimo con la guía de ondas 201 mediante elementos del tipo de sujeción. Es decir, para mantener las capas de vidrio 202 generalmente en posición con respecto a la guía de ondas 201 a la vista de sus diferencias en el coeficiente de expansión térmica, se incluye un mecanismo de sujeción. La Figura 4 ilustra un ejemplo de un mecanismo de sujeción de este tipo. Con referencia a la Figura 4, la máquina de sujeción 401 está acoplada a un radomo, que se encuentra sobre las capas de vidrio 202 y la guía de ondas  
35 201.

40 En una forma de realización, debajo de los elementos de sujeción se encuentran materiales para aislar la abrazadera de las capas de vidrio 202 (es decir, espuma, película delgada adicional o ambas). Se agrega un material intermedio con menor resistencia a la fricción entre la abertura y la alimentación para actuar como un plano de deslizamiento. El plano de deslizamiento permite que el vidrio se mueva lateralmente. En una forma de realización, tal como se ha descrito anteriormente, esto puede ser útil para la expansión térmica o el desajuste térmico entre capas. La Figura 2 ilustra un ejemplo de la ubicación del plano de deslizamiento 211.

45 En una forma de realización, el material es de naturaleza de película delgada y de un material plástico como, por ejemplo, acrílico, acetato o policarbonato y se adhiere a la parte inferior del vidrio o la parte superior de la carcasa de la guía de ondas 201. Además de amortiguar las capas de vidrio 202 y proporcionar un plano de deslizamiento a la guía de ondas 201, el material de lámina delgada cuando se une al vidrio proporciona algún soporte estructural adicional y resistencia al rayado al vidrio. La unión se puede realizar por medio de un adhesivo.

50 En una forma de realización, la alimentación radial está diseñada de manera que cada componente individual pueda operar en un gran ancho de banda, es decir, > 50%. Los componentes constituyentes que componen la alimentación son: lanzamiento de RF 205, transición de capa de 180 ° 210, terminación 206, plano intermedio de tierra 203 (placa guía), la carga dieléctrica de la transición dieléctrica 204 y el conjunto de obturación de RF 220.

55 En una forma de realización, el lanzamiento de RF 205 tiene una transición escalonada del modo de entrada (co) axial (la dirección de propagación es a través del conductor) al modo radial (la dirección de propagación de la onda de RF se produce desde los bordes del conductor hacia su centro). Esta transición pone en cortocircuito la clavija de entrada en una fase de condensación que compensa la inductancia de la sonda, y a continuación la impedancia sale a la altura completa de la guía de ondas radial 201. El número de pasos necesarios para la transición está relacionado con el ancho de banda de operación deseado y la diferencia entre la impedancia inicial del lanzamiento y la impedancia final de la guía. Por ejemplo, en una forma de realización, para un cambio del 10% en el ancho de banda, se utiliza una transición de un paso; para un cambio del 20% en el ancho de  
60

banda, se utiliza una transición de dos pasos; y para un cambio del 50% en el ancho de banda, se utiliza una transición de tres (o más) pasos.

5 Poner en cortocircuito la clavija en el plano de tierra 203 (la placa superior de la guía de ondas 201) permite niveles más altos de potencia operativa al conducir el calor generado desde la clavija central del lanzamiento de RF 205 hacia la carcasa de la guía de ondas 201 que en una forma de realización es de metal (por ejemplo, aluminio, cobre, latón, oro, etc.). Cualquier riesgo de ruptura dieléctrica se reduce controlando los espacios entre el lanzamiento de RF escalonado 205 y la parte inferior de la carcasa de la guía de ondas 201 y rompiendo los bordes afilados en los pasos de impedancia.

10 La transición de terminación superior del lanzamiento de RF 205 está diseñada de la misma manera con compensación de impedancia agregada para la presencia del material dieléctrico de onda lenta. Al diseñar las transiciones de impedancia utilizando pasos discretos, el lanzamiento de RF 205 se fabrica fácilmente utilizando un control numérico por computadora (CNC) de tres ejes.

15 En una forma de realización, la transición de capa de  $180^\circ$  210 se logra de una manera similar al diseño de lanzamiento y terminación. En una forma de realización, se utiliza un chaflán o un solo paso para compensar la inductancia de las curvas de 90 grados. En otra forma de realización, se utilizan múltiples pasos y se pueden sintonizar individualmente para lograr una coincidencia de banda ancha. En una forma de realización, la transición dieléctrica de onda lenta 204 de la guía de ondas superior se coloca en la curva superior de 90 grados, añadiendo asimetría a la transición completa de 180 grados. Esta presencia dieléctrica se puede compensar agregando asimetría a los pasos de transición superior e inferior.

20 La conexión de puesta a tierra de RF equivalente se logra agregando el ensamblaje del obturador de RF 220 a la interfaz de guía de ondas de alimentación / vidrio de modo que la energía de RF dentro de la banda de frecuencia deseada se refleje desde la interfaz del ensamblaje del obturador de RF 220 sin irradiar al espacio libre y, a su vez, agregar de manera constructiva con la señal de alimentación de propagación. En una forma de realización, estos obturadores se basan en pestañas de obturadores de guía de ondas tradicionales que ayudan a garantizar una conexión de RF sólida para aplicaciones de alta potencia. Dichos obturadores también pueden basarse en estructuras de banda electromagnética prohibida (EBG) tal como se describe con mayor detalle a continuación. Se pueden agregar varios obturadores de RF en serie para proporcionar una disposición de obturación de banda ancha para utilizar en las bandas de transmisión y recepción simultáneamente.

30 En una forma de realización, el conjunto de obturación de RF 220 incluye obturadores de estilo guía de ondas que tienen una o más ranuras, o canales, que están integrados en la guía de ondas 201. Las Figuras 2 y 3 ilustran dos ranuras. Debe observarse que, dado que en una forma de realización la guía de ondas 201 es radial, las ranuras son en realidad anillos que se encuentran dentro de la parte superior de la guía de ondas 201. En una forma de realización, las ranuras están diseñadas para ser colocadas en un múltiplo entero impar de un cuarto de longitud de onda (por ejemplo,  $1/4$ ,  $3/4$ ,  $5/4$ , etc.) desde el interior de la unión de alimentación de RF (es decir, el borde más exterior de la parte interior de la guía de ondas 201 a través del cual se propaga la onda de alimentación, mostrado como borde interior 250 en la Figura 2). En una forma de realización, los canales de obturación también tienen un cuarto de longitud de onda de profundidad, de modo que la potencia reflejada está en fase en la parte superior del canal de obturación. En una forma de realización, la longitud de fase total del conjunto de obturación estará a su vez desfasada con la señal de alimentación de propagación, lo que le da al conjunto de obturación (por ejemplo, entre la parte superior e inferior de la (s) ranura (s)) el rendimiento de RF equivalente de un cortocircuito eléctrico. Esta equivalencia de cortocircuito eléctrico mantiene la continuidad de las paredes de la estructura de alimentación sin necesidad de una conexión eléctrica física.

45 Debe tenerse en cuenta que se pueden utilizar dos ranuras de obturación (canales) para cada banda de frecuencia de la onda de alimentación. Por ejemplo, se pueden utilizar dos ranuras de obturación para una banda de frecuencia de recepción mientras que otras dos ranuras se utilizan para una banda de frecuencia de recepción o una banda de frecuencia de transmisión diferente. Por ejemplo, las bandas de frecuencia de transmisión y recepción pueden ser bandas de frecuencia de transmisión y recepción Ka, respectivamente. En otro ejemplo, las dos bandas de frecuencia de recepción pueden ser las bandas de frecuencia Ka y Ku, o cualquier banda en la que se produzca la comunicación. La separación de las ranuras es la misma que la anterior. Es decir, las ranuras estarían diseñadas para colocarse en un múltiplo entero impar de un cuarto de longitud de onda (por ejemplo,  $1/4$ ,  $3/4$ ,  $5/4$ , etc.) desde el interior de la unión de alimentación de RF (por ejemplo, borde interior 250) para crear un cortocircuito de baja impedancia. En una forma de realización, las ranuras de  $1/4 \lambda$  de profundidad con un ancho dimensionado para alta impedancia (donde  $\lambda$  es la de la frecuencia a bloquear). Si bien cada una de las ranuras resuena a una frecuencia (para bloquear la energía en esa frecuencia), el obturador probablemente bloqueará una banda de frecuencias. Por ejemplo, mientras que las ranuras resuenan en una frecuencia de la banda ku, el obturador cubre toda la banda ku.

La Figura 5 ilustra el rendimiento de RF de la alimentación en la Figura 2. Con referencia a la Figura 5, la pérdida de retorno de entrada es mejor que 10 dB para más del 50% del ancho de banda.

En una forma de realización alternativa, la antena puede incluir obturadores basados en materiales con banda electromagnética prohibida (EBG). En una forma de realización, los obturadores basados en materiales con banda electromagnética prohibida (EBG) están diseñados como celdas unitarias que evitan la propagación sobre bandas de frecuencia específicas. Las celdas unitarias diseñadas para bandas de frecuencia separadas se pueden combinar para proporcionar un funcionamiento multibanda o de banda ancha. Las Figuras 6 y 7 ilustran un ejemplo de un obturador de celda de unidad de EBG. Con referencia a la Figura 6, la celda de unidad 600 comprende una placa de circuito impreso (PCB) 601 con múltiples vías, como por ejemplo las vías 602A-602D. Dependiendo del grosor de la placa PCB y del tamaño de las vías, es posible que deba ajustarse la separación de las vías. Alternativamente, se puede utilizar teflón, fibra de vidrio u otros materiales en lugar de una PCB.

En una forma de realización, las vías 602A-602D no están rellenas y están galvanizadas con un revestimiento conductor, como, por ejemplo, cobre, aluminio, etc. Otro material, tal como, por ejemplo, n, puede depositarse sobre el revestimiento conductor para protección. En otra forma de realización alternativa, las vías 602A-602D se rellenan con un material, tal como, por ejemplo, epoxi.

Cada una de las vías 602A-602D tiene un parche eléctricamente conductor en una placa o unido sobre ella, como por ejemplo los parches 603A-603D, respectivamente. El parche y su vía actúan como un resonador de LC que parece un cortocircuito. Debe tenerse en cuenta que el parche no es necesario y no se utiliza en otras formas de realización.

Tal como se muestra, las cuatro vías, las vías 602A-602D, se utilizan como un obturador de RF para dos bandas de frecuencia. En una forma de realización, las vías 602A y 602C funcionan como un obturador de RF para una banda de frecuencia de transmisión, mientras que las vías 602B y 602D funcionan como un obturador de RF para una banda de frecuencia de recepción. Debe tenerse en cuenta que ambos conjuntos de dos vías pueden utilizarse para recibir bandas de frecuencia o ambos para transmitir bandas de frecuencia.

La estructura de EBG de frecuencia más alta se coloca más cerca de la junta de la guía de ondas para garantizar que el desajuste de impedancia en la junta no se agregue de forma destructiva al modo de guía de ondas fundamental en toda la banda de frecuencia. La Figura 7 ilustra una vista lateral de la estructura EBG de la Figura 6 unida a una guía de ondas. Con referencia a la Figura 7, en una forma de realización, la PCB 601 está acoplada a la guía de ondas utilizando adhesivo. Debe tenerse en cuenta que la primera vía, como por ejemplo la vía 602A, está alineada con el lateral de la guía de ondas. En una forma de realización, la vía 602A es parte del obturador para una banda de frecuencia de transmisión. Por lo tanto, hay un ligero saliente de PCB 601 sobre la pared lateral interior de la guía de ondas.

En una forma de realización, uno o más cojines pueden estar entre la celda de unidad de EBG y las capas de vidrio o sustrato que opera como la abertura radiante.

La Figura 8 ilustra una alimentación cilíndrica con un obturador de EBG, como por ejemplo los obturadores que se muestran en la Figura 7.

En una forma de realización, se utiliza una placa sin vías y un montaje simplificado (ya que no se necesita pegamento conductor).

Debe tenerse en cuenta que si bien la descripción anterior analiza las aberturas radiantes basadas en vidrio o LCD basadas en sustratos dieléctricos sin capas de metalización externas, otras aberturas radiantes basadas en sustratos dieléctricos con capas de metalización externas también se benefician de este enfoque de montaje.

#### 40 **Ejemplos de Formas de Realización de Antenas**

Las técnicas descritas anteriormente se pueden utilizar con antenas de panel plano. Se describen formas de realización de dichas antenas de panel plano. Las antenas de panel plano incluyen uno o más conjuntos de elementos de antena en una abertura de antena. En una forma de realización, los elementos de antena comprenden células de cristal líquido. En una forma de realización, la antena de panel plano es una antena alimentada de forma cilíndrica que incluye un circuito de activación de matriz para direccionar y activar de forma exclusiva cada uno de los elementos de antena que no están colocados en filas y columnas. Debe tenerse en cuenta que la alimentación no necesita ser circular. En una forma de realización, los elementos se colocan en anillos.

En una forma de realización, la abertura de la antena que tiene una o más matrices de elementos de antena está compuesta por múltiples segmentos acoplados entre sí. Cuando se acoplan, la combinación de los segmentos forma anillos concéntricos cerrados de elementos de antena. En una forma de realización, los anillos concéntricos son concéntricos con respecto a la alimentación de la antena.

#### **Descripción General de un Ejemplo de Sistemas de Antenas**

En una forma de realización, la antena de panel plano es parte de un sistema de antena de metamaterial. Se describen formas de realización de un sistema de antena de metamaterial para estaciones terrestres de satélites

de comunicaciones. En una forma de realización, el sistema de antena es un componente o subsistema de una estación terrestre satelital (ES) que opera en una plataforma móvil (por ejemplo, aeronáutica, marítima, terrestre, etc.) que opera utilizando frecuencias de banda Ka o frecuencias de banda Ku para comunicaciones civiles comerciales por satélite. Debe tenerse en cuenta que las formas de realización del sistema de antena también se pueden utilizar en estaciones terrestres que no están en plataformas móviles (por ejemplo, estaciones terrestres fijas o transportables).

En una forma de realización, el sistema de antena utiliza tecnología de metamaterial de dispersión de superficie para formar y dirigir haces de transmisión y recepción a través de antenas separadas. En una forma de realización, los sistemas de antenas son sistemas analógicos, en contraste con los sistemas de antenas que emplean procesamiento de señales digitales para formar y dirigir eléctricamente haces (como por ejemplo conjuntos de antenas en fase).

En una forma de realización, el sistema de antena consta de tres subsistemas funcionales: (1) una estructura de guía de ondas que consta de una arquitectura de alimentación de ondas cilíndrica; (2) un conjunto de celdas unitarias de metamaterial de dispersión de ondas que forman parte de elementos de antena; y (3) una estructura de control para ordenar la formación de un campo de radiación ajustable (haz) a partir de los elementos de dispersión de metamateriales utilizando principios holográficos.

**Ejemplos de Estructuras de Guía de Ondas**

La Figura 9 ilustra una vista superior de una forma de realización de una alimentación coaxial que se utiliza para proporcionar una alimentación de onda cilíndrica. Con referencia a la Figura 9, la alimentación coaxial incluye un conductor central y un conductor externo. En una forma de realización, la arquitectura de alimentación de ondas cilíndrica alimenta la antena desde un punto central con una excitación que se extiende hacia afuera de manera cilíndrica desde el punto de alimentación. Es decir, una antena alimentada de forma cilíndrica crea una onda de alimentación concéntrica que se desplaza hacia afuera. Aun así, la forma de la antena de alimentación cilíndrica alrededor de la alimentación cilíndrica puede ser circular, cuadrada o de cualquier forma. En otra forma de realización, una antena alimentada de forma cilíndrica crea una onda de alimentación que se desplaza hacia el interior. En tal caso, la onda de alimentación proviene de forma más natural de una estructura circular.

La Figura 10 ilustra una abertura que tiene uno o más conjuntos de elementos de antena colocados en anillos concéntricos alrededor de una alimentación de entrada de la antena alimentada cilíndricamente.

**Elementos de la Antena**

En una forma de realización, los elementos de antena comprenden un grupo de antenas de parche. Este grupo de antenas de parche comprende una serie de elementos de metamaterial de dispersión. En una forma de realización, cada elemento de dispersión en el sistema de antena es parte de una celda unitaria que consta de un conductor inferior, un sustrato dieléctrico y un conductor superior que incorpora un resonador eléctrico inductivo-capacitivo complementario ("LC eléctrico complementario" o "CELC") que está grabado o depositado sobre el conductor superior.

En una forma de realización, se encuentra dispuesto un cristal líquido (LC) en el espacio alrededor del elemento de dispersión. Este LC es impulsado por las formas de realización de accionamiento directo descritas anteriormente. En una forma de realización, el cristal líquido se encapsula en cada celda de unidad y separa el conductor inferior asociado con una ranura de un conductor superior asociado con su parche. El cristal líquido tiene una permitividad que es una función de la orientación de las moléculas que comprenden el cristal líquido, y la orientación de las moléculas (y por tanto la permitividad) se puede controlar ajustando el voltaje de polarización a través del cristal líquido. Utilizando esta propiedad, en una forma de realización, el cristal líquido integra un interruptor de encendido / apagado para la transmisión de energía desde la onda guiada al CELC. Cuando se enciende, el CELC emite una onda electromagnética como una antena dipolo eléctricamente pequeña. Debe observarse que las enseñanzas de este documento no se limitan a tener un cristal líquido que funcione de forma binaria con respecto a la transmisión de energía.

En una forma de realización, la geometría de alimentación de este sistema de antena permite que los elementos de antena se coloquen en ángulos de cuarenta y cinco grados (45 °) con respecto al vector de la onda en la alimentación de ondas. Debe tenerse en cuenta que se pueden utilizar otras posiciones (por ejemplo, en ángulos de 40 °). Esta posición de los elementos permite el control de la onda de espacio libre recibida o transmitida / radiada desde los elementos. En una forma de realización, los elementos de antena están dispuestos con una separación entre elementos que es menor que una longitud de onda en el espacio libre de la frecuencia de funcionamiento de la antena. Por ejemplo, si hay cuatro elementos de dispersión por longitud de onda, los elementos en la antena de transmisión de 30 GHz serán de aproximadamente 2,5 mm (es decir, 1/4 de la longitud de onda de espacio libre de 10 mm de 30 GHz).

En una forma de realización, los dos conjuntos de elementos son perpendiculares entre sí y tienen simultáneamente una excitación de igual amplitud si se controlan al mismo estado de sintonización. Al rotarlos +/-

45 grados con respecto a la excitación de la onda de alimentación se logran las dos características deseadas a la vez. Girar un conjunto 0 grados y el otro 90 grados lograría el objetivo perpendicular, pero no el objetivo de excitación de amplitud igual. Debe tenerse en cuenta que se pueden utilizar 0 y 90 grados para lograr el aislamiento cuando se alimenta el conjunto de elementos de antena en una sola estructura desde dos lados.

5 La cantidad de energía radiada desde cada celda de unidad se controla aplicando un voltaje al parche (potencial a través del canal LC) utilizando un controlador. Las trazas de cada parche se utilizan para proporcionar el voltaje a la antena de parche. El voltaje se utiliza para ajustar o desajustar la capacitancia y, por lo tanto, la frecuencia resonante de los elementos individuales para efectuar la formación del haz. El voltaje requerido depende de la mezcla de cristal líquido que se utilice. La característica de ajuste de voltaje de las mezclas de cristal líquido se describe principalmente por medio de un voltaje umbral en el que el cristal líquido comienza a verse afectado por el voltaje y el voltaje de saturación, por encima del cual un aumento del voltaje no causa un ajuste importante en el cristal líquido. Estos dos parámetros característicos pueden cambiar para diferentes mezclas de cristal líquido.

10 En una forma de realización, tal como se ha descrito anteriormente, se utiliza una unidad de matriz para aplicar voltaje a los parches con el fin de impulsar cada celda por separado de todas las demás celdas sin tener una conexión separada para cada celda (unidad directa). Debido a la alta densidad de elementos, la unidad de matriz es una forma eficiente de abordar cada celda individualmente.

15 En una forma de realización, la estructura de control para el sistema de antena tiene 2 componentes principales: el controlador del conjunto de antenas, que incluye la electrónica de accionamiento, para el sistema de antena, está debajo de la estructura de dispersión de ondas, mientras que el conjunto de conmutación de la unidad de matriz está intercalado a lo largo del conjunto de RF radiante de tal manera que no interfiera con la radiación. En una forma de realización, la electrónica de activación para el sistema de antena comprende controles LCD comerciales listos para usar utilizados en aparatos de televisión comerciales que ajustan el voltaje de polarización para cada elemento de dispersión ajustando la amplitud o ciclo de trabajo de una señal de polarización de CA a ese elemento.

20 En una forma de realización, el controlador del conjunto de antenas también contiene un microprocesador que ejecuta el software. La estructura de control también puede incorporar sensores (por ejemplo, un receptor GPS, una brújula de tres ejes, un acelerómetro de 3 ejes, un giroscopio de 3 ejes, un magnetómetro de 3 ejes, etc.) para proporcionar información de ubicación y orientación al procesador. La información de ubicación y orientación puede ser proporcionada al procesador por otros sistemas en la estación terrestre y / o puede no ser parte del sistema de antena.

25 Más específicamente, el controlador del conjunto de antenas controla qué elementos se apagan y qué elementos se encienden y en qué nivel de fase y amplitud en la frecuencia de operación. Los elementos se desajustan selectivamente para la operación de frecuencia mediante la aplicación de voltaje.

30 Para la transmisión, un controlador suministra una serie de señales de voltaje a los parches de RF con el fin de crear una modulación o patrón de control. El patrón de control hace que los elementos cambien a diferentes estados. En una forma de realización, se utiliza el control multiestado en el que varios elementos se encienden y apagan a niveles variables, aproximándose más a un patrón de control sinusoidal, en contraste con una onda cuadrada (es decir, un patrón de modulación de tono gris sinusoidal). En una forma de realización, algunos elementos irradian con más fuerza que otros, en lugar de que algunos elementos irradien y otros no. La radiación variable se logra aplicando niveles de voltaje específicos, lo que ajusta la permitividad del cristal líquido a cantidades variables, desajustando así los elementos de manera variable y haciendo que algunos elementos irradien más que otros.

35 La generación de un haz enfocado por la matriz de elementos de metamaterial puede explicarse por el fenómeno de la interferencia constructiva y destructiva. Las ondas electromagnéticas individuales suman (interferencia constructiva) si tienen la misma fase cuando se encuentran en el espacio libre y las ondas se cancelan entre sí (interferencia destructiva) si están en fase opuesta cuando se encuentran en el espacio libre. Si las ranuras en una antena ranurada se colocan de modo que cada ranura sucesiva se coloque a una distancia diferente del punto de excitación de la onda guiada, la onda dispersa de ese elemento tendrá una fase diferente a la onda dispersa de la ranura anterior. Si las ranuras están separadas un cuarto de una longitud de onda guiada, cada ranura dispersará una onda con un retraso de fase de un cuarto desde la ranura anterior.

40 Utilizando el conjunto, se puede aumentar el número de patrones de interferencia constructiva y destructiva que se pueden producir para que los haces puedan apuntar teóricamente en cualquier dirección más o menos noventa grados (90 °) desde la vista del orificio de la matriz de antenas, usando los principios de la holografía. Por lo tanto, al controlar qué celdas de unidad de metamaterial se encienden o apagan (es decir, cambiando el patrón de qué celdas se encienden y cuáles se apagan), se puede producir un patrón diferente de interferencia constructiva y destructiva, y la antena puede cambiar la dirección del haz principal. El tiempo necesario para encender y apagar las celdas de unidad determina la velocidad a la que el haz se puede cambiar de un lugar a otro.

En una forma de realización, el sistema de antena produce un haz orientable para la antena de enlace ascendente y un haz orientable para la antena de enlace descendente. En una forma de realización, el sistema de antena utiliza tecnología de metamaterial para recibir haces y decodificar señales del satélite y formar haces de transmisión que se dirigen hacia el satélite. En una forma de realización, los sistemas de antenas son sistemas analógicos, en contraste con los sistemas de antenas que emplean procesamiento de señales digitales para formar y dirigir eléctricamente haces (como por ejemplo antenas de red en fase). En una forma de realización, el sistema de antena se considera una antena de "superficie" que es plana y de perfil relativamente bajo, especialmente cuando se compara con los receptores de antena parabólica convencionales.

La Figura 11 ilustra una vista en perspectiva de una fila de elementos de antena que incluye un plano de tierra y una capa de resonador reconfigurable. La capa de resonador reconfigurable 1230 incluye una serie de ranuras ajustables 1210. El conjunto de ranuras ajustables 1210 se puede configurar para apuntar la antena en la dirección deseada. Cada una de las ranuras ajustables se puede sintonizar / ajustar variando un voltaje en el cristal líquido.

El módulo de control 1280 está acoplado a la capa de resonador reconfigurable 1230 para modular el conjunto de ranuras ajustables 1210 variando el voltaje a través del cristal líquido en la Figura 11. El módulo de control 1280 puede incluir un conjunto de puerta programable en campo ("FPGA"), un microprocesador, un controlador, un sistema en un chip (SoC) u otra lógica de procesamiento. En una forma de realización, el módulo de control 1280 incluye circuitos lógicos (por ejemplo, un multiplexor) para accionar el conjunto de ranuras ajustables 1210. En una forma de realización, el módulo de control 1280 recibe datos que incluyen especificaciones para que un patrón de difracción holográfica sea accionado hacia el conjunto de ranuras ajustables 1210. Los patrones de difracción holográfica pueden generarse en respuesta a una relación espacial entre la antena y un satélite de modo que el patrón de difracción holográfica dirija los haces de enlace descendente (y el haz de enlace ascendente si el sistema de antena realiza la transmisión) en la dirección apropiada para la comunicación. Aunque no está dibujado en cada figura, un módulo de control similar al módulo de control 1280 puede activar cada conjunto de ranuras ajustables descritas en las figuras de la descripción.

La holografía por radiofrecuencia ("RF") también es posible utilizando técnicas análogas en las que se puede generar un haz de RF deseado cuando un haz de referencia de RF encuentra un patrón de difracción holográfica de RF. En el caso de las comunicaciones por satélite, el haz de referencia tiene la forma de una onda de alimentación, como por ejemplo la onda de alimentación 1205 (aproximadamente 20 GHz en algunas formas de realización). Para transformar una onda de alimentación en un haz irradiado (ya sea para transmitir o recibir), se calcula un patrón de interferencia entre el haz de RF deseado (el haz del objeto) y la onda de alimentación (el haz de referencia). El patrón de interferencia se impulsa sobre el conjunto de ranuras ajustables 1210 como un patrón de difracción de modo que la onda de alimentación es "dirigida" hacia el haz de RF deseado (que tiene la forma y dirección deseadas). En otras palabras, la onda de alimentación que encuentra el patrón de difracción holográfica "reconstruye" el haz del objeto, que se forma de acuerdo con los requisitos de diseño del sistema de comunicación. El patrón de difracción holográfica contiene la excitación de cada elemento y se calcula mediante  $W_{\text{hologram}} = W_{\text{in}}^* W_{\text{out}}$ , en que  $W_{\text{in}}$  es la ecuación de onda en la guía de ondas y  $W_{\text{out}}$  es la ecuación de onda en la onda saliente.

La Figura 12 ilustra una forma de realización de un resonador / ranura ajustable 1210. La ranura ajustable 1210 incluye un iris / ranura 1212, un parche radiante 1211 y un cristal líquido 1213 dispuesto entre el iris 1212 y el parche 1211. En una forma de realización, el parche radiante 1211 se ubica junto con el iris 1212.

La Figura 13 ilustra una vista en sección transversal de una forma de realización de una abertura de antena física. La abertura de la antena incluye el plano de tierra 1245 y una capa de metal 1236 dentro de la capa de iris 1233, que se incluye en la capa de resonador reconfigurable 1230. En una forma de realización, la abertura de la antena de la Figura 13 incluye una pluralidad de resonadores / ranuras ajustables 1210 de la Figura 12. El iris / ranura 1212 está definido por aberturas en la capa metálica 1236. Una onda de alimentación, como por ejemplo la onda de alimentación 1205 de la Figura 11, puede tener una frecuencia de microondas compatible con los canales de comunicación por satélite. La onda de alimentación se propaga entre el plano de tierra 1245 y la capa de resonador 1230.

La capa de resonador reconfigurable 1230 también incluye la capa de junta 1232 y la capa de parche 1231. La capa de junta 1232 está dispuesta debajo de la capa de parche 1231 y la capa de iris 1233. Debe tenerse en cuenta que en una forma de realización, un separador podría reemplazar la capa de junta 1232. En una forma de realización, la capa de iris 1233 es una placa de circuito impreso ("PCB") que incluye una capa de cobre como capa de metal 1236. En una forma de realización, la capa de iris 1233 es vidrio. La capa de iris 1233 puede ser de otros tipos de sustratos.

Pueden grabarse aberturas en la capa de cobre para formar ranuras 1212. En una forma de realización, la capa de iris 1233 está acoplada de manera conductora mediante una capa de unión conductora a otra estructura (por ejemplo, una guía de ondas) en la Figura 13. Debe observarse que en una forma de realización la capa de iris no está acoplada de manera conductora por una capa de unión conductora y, en cambio, está interconectada con una capa de unión no conductora.

La capa de parche 1231 también puede ser una PCB que incluye metal como parches radiantes 1211. En una forma de realización, la capa de junta 1232 incluye separadores 1239 que proporcionan una separación mecánica para definir la dimensión entre la capa de metal 1236 y el parche 1211. En una forma de realización, los separadores son de 75 micrómetros, pero se pueden utilizar otros tamaños (por ejemplo, 3-200 mm). Tal como se ha mencionado anteriormente, en una forma de realización, la abertura de la antena de la Figura 13 incluye múltiples resonadores / ranuras ajustables, como por ejemplo resonador / ranura ajustable 1210 que incluye el parche 1211, el cristal líquido 1213 y el iris 1212 de la Figura 12. La cámara para el cristal líquido 1213 está definida por los separadores 1239, la capa de iris 1233 y la capa de metal 1236. Cuando la cámara está llena de cristal líquido, la capa de parche 1231 se puede laminar sobre los separadores 1239 para sellar el cristal líquido dentro de la capa de resonador 1230.

Se puede modular un voltaje entre la capa de parche 1231 y la capa de iris 1233 para ajustar el cristal líquido en el espacio entre el parche y las ranuras (por ejemplo, resonador / ranura ajustable 1210). El ajuste del voltaje a través del cristal líquido 1213 varía la capacitancia de una ranura (por ejemplo, resonador / ranura ajustable 1210). Por consiguiente, la reactancia de una ranura (por ejemplo, resonador / ranura ajustable 1210) se puede variar cambiando la capacitancia. La frecuencia resonante de la ranura 1210 también cambia de acuerdo con la

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

ecuación donde  $f$  es la frecuencia resonante de la ranura 1210 y  $L$  y  $C$  son la inductancia y capacitancia de la ranura 1210, respectivamente. La frecuencia resonante de la ranura 1210 afecta a la energía irradiada por la onda de alimentación 1205 que se propaga a través de la guía de ondas. Como ejemplo, si la onda de alimentación 1205 es de 20 GHz, la frecuencia resonante de una ranura 1210 puede ajustarse (variando la capacitancia) a 17 GHz de modo que la ranura 1210 no acople sustancialmente ninguna energía de la onda de alimentación 1205. O bien, la frecuencia resonante de una ranura 1210 puede ajustarse a 20 GHz de modo que la ranura 1210 acople la energía de la onda de alimentación 1205 e irradie esa energía al espacio libre. Aunque los ejemplos proporcionados son binarios (irradian completamente o no irradian en absoluto), el control total de la escala de grises de la reactancia  $Y$ , por lo tanto, la frecuencia resonante de la ranura 1210 es posible con una variación de voltaje en un intervalo de valores múltiples. Por tanto, la energía irradiada desde cada ranura 1210 puede controlarse con precisión de modo que se puedan formar patrones de difracción holográfica detallados mediante la matriz de ranuras ajustables.

En una forma de realización, las ranuras ajustables en una fila están separadas entre sí por  $\lambda / 5$ . Pueden utilizarse otras separaciones. En una forma de realización, cada ranura ajustable en una fila está separada de la ranura ajustable más cercana en una fila adyacente por  $\lambda / 2$  y, por lo tanto, las ranuras ajustables orientadas comúnmente en diferentes filas están separadas por  $\lambda / 4$ , aunque son posibles otras separaciones (por ejemplo,  $\lambda / 5$ ,  $\lambda / 6,3$ ). En otra forma de realización, cada ranura ajustable en una fila está separada de la ranura ajustable más cercana en una fila adyacente por  $\lambda / 3$ .

Las formas de realización utilizan tecnología de metamaterial reconfigurable, tal como se describe en la Solicitud de Patente de los Estados Unidos nº 14 / 550.178, titulada "Dynamic Polarization and Coupling Control from a Steerable Cylindrically Fed Holographic Antenna" (Control dinámico de polarización y acoplamiento desde una antena holográfica dirigida alimentada cilíndricamente), presentada el 21 de noviembre de 2014 y la Solicitud de patente de los Estados Unidos nº 14 / 610.502 titulada "Ridged Waveguide Feed Structures for reconfigurable Antenna" (Estructuras de alimentación de guías de ondas estriadas para antenas reconfigurables), presentada el 30 de enero de 2015.

Las Figuras 14A-D ilustran una forma de realización de las diferentes capas para crear el conjunto ranurado. El conjunto de antenas incluye elementos de antena que se colocan en anillos, como los anillos de ejemplo que se muestran en la Figura 10. Debe tenerse en cuenta que en este ejemplo, el conjunto de antenas tiene dos tipos diferentes de elementos de antena que se utilizan para dos tipos diferentes de bandas de frecuencia.

La Figura 14A ilustra una parte de la primera capa de placa de iris con ubicaciones correspondientes a las ranuras. Con referencia a la Figura 14A, los círculos son áreas / ranuras abiertas en la metalización en el lado inferior del sustrato del iris y son para controlar el acoplamiento de elementos a la alimentación (la onda de alimentación). Debe tenerse en cuenta que esta capa es una capa opcional y no se utiliza en todos los diseños. La Figura 14B ilustra una parte de la segunda capa de placa de iris que contiene ranuras. La Figura 14C ilustra parches sobre una parte de la segunda capa de la placa de iris. La Figura 14D ilustra una vista superior de una parte del conjunto ranurado.

La Figura 15 ilustra una vista lateral de una forma de realización de una estructura de antena alimentada de forma cilíndrica. La antena produce una onda que viaja hacia el interior utilizando una estructura de alimentación de doble capa (es decir, dos capas de una estructura de alimentación). En una forma de realización, la antena incluye una forma exterior circular, aunque esto no es necesario. Es decir, se pueden utilizar estructuras que se desplacen hacia el interior no circulares. En una forma de realización, la estructura de antena de la Figura 15 incluye la alimentación coaxial de la Figura 9.

Con referencia a la Figura 15, se utiliza una clavija coaxial 1601 para excitar el campo en el nivel inferior de la antena. En una forma de realización, la clavija coaxial 1601 es una clavija coaxial de  $50 \Omega$  que está fácilmente disponible. La clavija coaxial 1601 está acoplada (por ejemplo, atornillada) a la parte inferior de la estructura de la antena, que es el plano de tierra conductor 1602.

5 Separado del plano de tierra conductor 1602 se encuentra el conductor intersticial 1603, que es un conductor interno. En una forma de realización, el plano de tierra conductor 1602 y el conductor intersticial 1603 son paralelos entre sí. En una forma de realización, la distancia entre el plano de tierra 1602 y el conductor intersticial 1603 es de 0,1 a 0,15 pulgadas. En otra forma de realización, esta distancia puede ser de  $\lambda / 2$ , donde  $\lambda$  es la longitud de onda de la onda viajera a la frecuencia de funcionamiento.

10 El plano de tierra 1602 está separado del conductor intersticial 1603 mediante un separador 1604. En una forma de realización, el separador 1604 es un separador de espuma o similar al aire. En una forma de realización, el separador 1604 comprende un separador de plástico.

15 Encima del conductor intersticial 1603 se encuentra una capa dieléctrica 1605. En una forma de realización, la capa dieléctrica 1605 es de plástico. La finalidad de la capa dieléctrica 1605 es ralentizar la onda viajera en relación con la velocidad del espacio libre. En una forma de realización, la capa dieléctrica 1605 ralentiza la onda viajera en un 30% con respecto al espacio libre. En una forma de realización, el intervalo de índices de refracción que son adecuados para la formación de haces es de 1,2 a 1,8, donde el espacio libre tiene por definición un índice de refracción igual a 1. Para conseguir este efecto se pueden utilizar otros materiales separadores dieléctricos, como, por ejemplo, plástico. Debe tenerse en cuenta que se pueden utilizar materiales distintos al plástico siempre que logren el efecto de desaceleración de ondas deseado. Alternativamente, se puede utilizar un material con estructuras distribuidas como dieléctrico 1605, como por ejemplo estructuras metálicas periódicas de sub-longitud de onda que se pueden mecanizar o definir litográficamente, por ejemplo.

20 Un conjunto de RF 1606 se encuentra encima del dieléctrico 1605. En una forma de realización, la distancia entre el conductor intersticial 1603 y el conjunto de RF 1606 es de 0,1 a 0,15 pulgadas. En otra forma de realización, esta distancia puede ser  $\lambda_{\text{eff}} / 2$ , donde  $\lambda_{\text{eff}}$  es la longitud de onda efectiva en el medio a la frecuencia de diseño.

30 La antena incluye los lados 1607 y 1608. Los lados 1607 y 1608 están en ángulo para hacer que una alimentación de onda viajera desde la clavija coaxial 1601 se propague desde el área debajo del conductor intersticial 1603 (la capa separadora) al área sobre el conductor intersticial 1603 (la capa dieléctrica) mediante reflexión. En una forma de realización, el ángulo de los lados 1607 y 1608 forma ángulos de  $45^\circ$ . En una forma de realización alternativa, los lados 1607 y 1608 podrían ser sustituidos con un radio continuo para lograr la reflexión. Si bien la Figura 15 muestra lados en ángulo que tienen un ángulo de 45 grados, se pueden utilizar otros ángulos que logran la transmisión de señal desde la alimentación de nivel inferior a la alimentación de nivel superior. Es decir, dado que la longitud de onda efectiva en la alimentación inferior será generalmente diferente a la de la alimentación superior, podría utilizarse alguna desviación de los ángulos ideales de  $45^\circ$  para ayudar a la transmisión desde el nivel de alimentación inferior al superior. Por ejemplo, en otra forma de realización, los ángulos de  $45^\circ$  se reemplazan con un solo escalón. Los escalones en un extremo de la antena rodean la capa dieléctrica intersticial, el conductor y la capa separadora. Los mismos dos escalones se encuentran en los otros extremos de estas capas.

40 En funcionamiento, cuando se alimenta una onda de alimentación desde la clavija coaxial 1601, la onda se desplaza hacia afuera orientada concéntricamente desde la clavija coaxial 1601 en el área entre el plano de tierra 1602 y el conductor intersticial 1603. Las ondas salientes concéntricas son reflejadas por los lados 1607 y 1608 y viajan hacia adentro en el área entre el conductor intersticial 1603 y la matriz de RF 1606. La reflexión desde el borde del perímetro circular hace que la onda permanezca en fase (es decir, es una reflexión en fase).  
45 La onda viajera es ralentizada por la capa dieléctrica 1605. En este punto, la onda viajera comienza a interactuar y excitarse con elementos en el conjunto de RF 1606 para obtener la dispersión deseada.

50 Para terminar la onda viajera, se incluye una terminación 1609 en la antena en el centro geométrico de la antena. En una forma de realización, la terminación 1609 comprende una terminación de clavija (por ejemplo, una clavija de  $50 \Omega$ ). En otra forma de realización, la terminación 1609 comprende un absorbedor de RF que termina la energía no utilizada para evitar reflejos de esa energía no utilizada a través de la estructura de alimentación de la antena. Estos podrían ser utilizados en la parte superior del conjunto de RF 1606.

55 La Figura 16 ilustra otra forma de realización del sistema de antena con una onda saliente. Con referencia a la Figura 16, dos planos de tierra 1610 y 1611 son sustancialmente paralelos entre sí con una capa dieléctrica 1612 (por ejemplo, una capa de plástico, etc.) entre los planos de tierra. Los absorbedores de RF 1619 (por ejemplo, resistencias) acoplan los dos planos de tierra 1610 y 1611 conjuntamente. Una clavijacoaxial 1615 (por ejemplo, de  $50 \Omega$ ) alimenta la antena. Un conjunto de RF 1616 se encuentra encima de la capa dieléctrica 1612 y el plano de tierra 1611.

En funcionamiento, una onda de alimentación se alimenta a través de la clavija coaxial 1615 y viaja concéntricamente hacia afuera e interactúa con los elementos de la matriz de RF 1616.

5 La alimentación cilíndrica en las dos antenas de las Figuras 15 y 16 mejora el ángulo de servicio de la antena. En lugar de un ángulo de servicio de más o menos cuarenta y cinco grados de acimut ( $\pm 45^\circ$  Az) y más o menos veinticinco grados de elevación ( $\pm 25^\circ$  El), en una forma de realización, el sistema de antena tiene un ángulo de servicio de setenta y cinco grados ( $75^\circ$ ) desde la vista del orificio en todas las direcciones. Al igual que sucede con cualquier antena formadora de haz compuesta por muchos radiadores individuales, la ganancia total de la antena depende de la ganancia de los elementos constituyentes, que a su vez dependen del ángulo. Cuando se utilizan elementos radiantes comunes, la ganancia total de la antena normalmente disminuye a medida que el haz apunta más lejos de la vista del orificio. A 75 grados de separación de la vista del orificio, se espera una degradación significativa de la ganancia de aproximadamente 6 dB.

10 Las formas de realización de la antena que tienen una alimentación cilíndrica resuelven uno o más problemas. Estos incluyen simplificar drásticamente la estructura de alimentación en comparación con las antenas alimentadas con una red divisoria corporativa y, por lo tanto, reducir la antena total y el volumen de alimentación de antena requeridos; disminuir la sensibilidad a los errores de fabricación y control al mantener el rendimiento del haz con controles más estrictos (extendiéndose hasta el control binario simple); dando un patrón de lóbulos laterales más ventajoso en comparación con las alimentaciones rectilíneas ya que las ondas de alimentación orientadas cilíndricamente dan como resultado lóbulos laterales espacialmente diversos en el campo lejano; y permitir que la polarización sea dinámica, incluyendo la posibilidad de polarizaciones circulares a la izquierda, circulares a la derecha y lineales, sin necesidad de un polarizador.

#### **Conjunto de Elementos de Dispersión de Ondas**

La matriz de RF 1606 de la Figura 15 y la matriz de RF 1616 de la Figura 16 incluyen un subsistema de dispersión de ondas que incluye un grupo de antenas de parche (es decir, dispersores) que actúan como radiadores. Este grupo de antenas de parche comprende una serie de elementos de metamaterial de dispersión.

25 En una forma de realización, cada elemento de dispersión en el sistema de antena es parte de una celda de unidad que consta de un conductor inferior, un sustrato dieléctrico y un conductor superior que incorpora un resonador eléctrico inductivo-capacitivo complementario ("LC eléctrico complementario" o "CELC") que está grabado o depositado sobre el conductor superior.

30 En una forma de realización, se inyecta un cristal líquido (LC) en el espacio alrededor del elemento de dispersión. El cristal líquido está encapsulado en cada celda de unidad y separa el conductor inferior asociado con una ranura de un conductor superior asociado con su parche. El cristal líquido tiene una permitividad que es una función de la orientación de las moléculas que comprenden el cristal líquido, y la orientación de las moléculas (y por tanto la permitividad) se puede controlar ajustando el voltaje de polarización a través del cristal líquido. Utilizando esta propiedad, el cristal líquido actúa como un interruptor de encendido / apagado para la transmisión de energía desde la onda guiada al CELC. Cuando se enciende, el CELC emite una onda electromagnética como una antena dipolo eléctricamente pequeña.

35 Controlar el grosor del LC aumenta la velocidad de conmutación del haz. Una reducción del cincuenta por ciento (50%) en el espacio entre el conductor inferior y el superior (el grosor del cristal líquido) da como resultado un aumento de cuatro veces la velocidad. En otra forma de realización, el grosor del cristal líquido da como resultado una velocidad de conmutación del haz de aproximadamente catorce milisegundos (14 ms). En una forma de realización, el LC se dopa de una manera bien conocida en la técnica para mejorar la capacidad de respuesta de modo que se pueda cumplir un requisito de siete milisegundos (7 ms).

40 El elemento CELC responde a un campo magnético que se aplica paralelo al plano del elemento CELC y perpendicular al complemento de espacio CELC. Cuando se aplica un voltaje al cristal líquido en la celda unitaria de dispersión de metamaterial, el componente de campo magnético de la onda guiada induce una excitación magnética del CELC, que, a su vez, produce una onda electromagnética en la misma frecuencia que la onda guiada.

45 La fase de la onda electromagnética generada por un solo CELC puede seleccionarse mediante la posición del CELC en el vector de la onda guiada. Cada celda genera una onda en fase con la onda guiada paralela al CELC. Debido a que los CELC son más pequeños que la longitud de onda, la onda de salida tiene la misma fase que la fase de la onda guiada cuando pasa por debajo del CELC.

50 En una forma de realización, la geometría de alimentación cilíndrica de este sistema de antena permite que los elementos CELC se coloquen en ángulos de cuarenta y cinco grados ( $45^\circ$ ) con respecto al vector de la onda en la alimentación de onda. Esta posición de los elementos permite controlar la polarización de la onda de espacio libre generada o recibida por los elementos. En una forma de realización, los CELC están dispuestas con una separación entre elementos que es menor que una longitud de onda en el espacio libre de la frecuencia de funcionamiento de la antena. Por ejemplo, si hay cuatro elementos de dispersión por longitud de onda, los

elementos en la antena de transmisión de 30 GHz serán de aproximadamente 2,5 mm (es decir, 1/4 de la longitud de onda de espacio libre de 10 mm de 30 GHz).

5 En una forma de realización, los CELC se implementan con antenas de parche que incluyen un parche ubicado sobre una ranura con cristal líquido entre los dos. A este respecto, la antena de metamaterial actúa como una guía de ondas ranurada (dispersión). Con una guía de ondas ranurada, la fase de la onda de salida depende de la ubicación de la ranura en relación con la onda guiada.

### **Colocación de la Celda**

10 En una forma de realización, los elementos de antena se colocan en la abertura de la antena de alimentación cilíndrica de una manera tal que permite un circuito de activación de matriz sistemática. La ubicación de las celdas incluye la ubicación de los transistores para la unidad de matriz. La Figura 17 ilustra una forma de realización de la colocación de los circuitos de activación de la matriz con respecto a los elementos de la antena. Con referencia a la Figura 17, el controlador de fila 1701 está acoplado a los transistores 1711 y 1712, mediante señales de selección de fila Row1 y Row2, respectivamente, y el controlador de columna 1702 está acoplado a los transistores 1711 y 1712 mediante la señal de selección de columna Column1. El transistor 1711 también  
15 está acoplado al elemento de antena 1721 mediante la conexión al parche 1731, mientras que el transistor 1712 está acoplado al elemento de antena 1722 mediante la conexión al parche 1732.

20 En un enfoque inicial para realizar circuitos de excitación matricial en la antena de alimentación cilíndrica con celdas de unidad colocadas en una rejilla no regular, se realizan dos pasos. En el primer paso, las celdas están colocadas en anillos concéntricos y cada una de las celdas está conectada a un transistor que se coloca al lado de la celda y actúa como un interruptor para impulsar cada celda por separado. En el segundo paso, se construyen los circuitos de la unidad de matriz para conectar cada transistor con una dirección exclusiva, según lo requiera el enfoque de la unidad de matriz. Debido a que el circuito de la unidad de matriz se construye mediante trazos de fila y columna (similar a los LCD) pero las celdas se colocan en anillos, no existe una forma sistemática de asignar una dirección exclusiva a cada transistor. Este problema de mapeo da como resultado un  
25 circuito muy complejo para cubrir todos los transistores y lleva a un aumento significativo en el número de trazas físicas para lograr el enrutamiento. Debido a la alta densidad de células, dichas trazas perturban el rendimiento de RF de la antena debido al efecto de acoplamiento. Además, debido a la complejidad de las trazas y la alta densidad de empaquetamiento, el enrutamiento de las trazas no se puede lograr con herramientas de diseño disponibles comercialmente.

30 En una forma de realización, el circuito de la unidad de matriz está predefinido antes de que se coloquen las celdas y los transistores. Esto asegura un número mínimo de trazas que son necesarias para controlar todas las celdas, cada una con una dirección exclusiva. Esta estrategia reduce la complejidad de los circuitos de excitación y simplifica el enrutamiento, lo que posteriormente mejora el rendimiento de RF de la antena.

35 Más específicamente, en un enfoque, en el primer paso, las celdas se colocan en una cuadrícula rectangular regular compuesta de filas y columnas que describen la dirección exclusiva de cada celda. En el segundo paso, las celdas se agrupan y transforman en círculos concéntricos a la vez que mantienen su dirección y conexión con las filas y columnas tal como se ha definido en el primer paso. Un objetivo de esta transformación no es solo colocar las celdas en anillos, sino también mantener constante la distancia entre las celdas y la distancia entre los anillos en toda la abertura. Para lograr este objetivo, hay varias formas de agrupar las células.

40 En una forma de realización, se utiliza un paquete TFT para permitir la ubicación y el direccionamiento exclusivo en la unidad de matriz. La Figura 18 ilustra una forma de realización de un paquete TFT. Con referencia a la Figura 18, se muestra un TFT y un condensador de retención 1803 con puertos de entrada y salida. Hay dos puertos de entrada conectados a las trazas 1801 y dos puertos de salida conectados a las trazas 1802 para conectar los TFT entre sí utilizando las filas y las columnas. En una forma de realización, las trazas de fila y  
45 columna se cruzan en ángulos de 90 ° para reducir, y potencialmente minimizar, el acoplamiento entre las trazas de fila y columna. En una forma de realización, las trazas de fila y de columna están en capas diferentes.

### **Un Ejemplo de Forma de Realización del Sistema**

50 En una forma de realización, las aberturas de antena combinadas se utilizan en un sistema de televisión que funciona junto con un decodificador. Por ejemplo, en el caso de una antena de recepción dual, las señales de satélite recibidas por la antena se suministran a un decodificador (por ejemplo, un receptor de DirecTV) de un sistema de televisión. Más específicamente, la operación de antena combinada es capaz de recibir simultáneamente señales de RF en dos frecuencias y / o polarizaciones diferentes. Es decir, un subconjunto de elementos se controla para recibir señales de RF a una frecuencia y / o polarización, mientras que otro subconjunto se controla para recibir señales en otra frecuencia y / o polarización diferente. Estas diferencias en  
55 frecuencia o polarización representan diferentes canales recibidos por el sistema de televisión. De manera similar, los dos conjuntos de antenas se pueden controlar para dos posiciones de haz diferentes con el fin de recibir canales desde dos ubicaciones diferentes (por ejemplo, dos satélites diferentes) para recibir simultáneamente múltiples canales.

La Figura 19 es un diagrama de bloques de una forma de realización de un sistema de comunicación que realiza una recepción dual de forma simultánea en un sistema de televisión. Con referencia a la Figura 19, la antena 1401 incluye dos aberturas de antena intercaladas espacialmente que pueden funcionar independientemente para realizar una recepción dual simultáneamente a diferentes frecuencias y / o polarizaciones tal como se ha descrito anteriormente. Debe tenerse en cuenta que aunque solo se mencionan dos operaciones de antena intercaladas espacialmente, el sistema de TV puede tener más de dos aberturas de antena (por ejemplo, 3, 4, 5, etc., aberturas de antena).

En una forma de realización, la antena 1401, que incluye sus dos conjuntos ranurados entrelazados, está acoplada al diplexor 1430. El acoplamiento puede incluir una o más redes de alimentación que reciben las señales de los elementos de las dos matrices ranuradas para producir dos señales que se alimentan al diplexor 1430. En una forma de realización, el diplexor 1430 es un diplexor disponible comercialmente (por ejemplo, el diplexor sitcom de banda Ku modelo PB1081WA de A1 Microwave).

El diplexor 1430 está acoplado a un par de convertidores descendentes de bloque de bajo ruido (LNB) 1426 y 1427, que realizan una función de filtrado de ruido, una función de conversión descendente y una amplificación de una manera bien conocida en la técnica. En una forma de realización, los LNB 1426 y 1427 se encuentran en una unidad exterior (ODU). En otra forma de realización, los LNB 1426 y 1427 están integrados en el aparato de antena. Los LNB 1426 y 1427 están acoplados a un decodificador 1402, que está acoplado a la televisión 1403.

El decodificador 1402 incluye un par de convertidores de analógico a digital (ADC) 1421 y 1422, que están acoplados a los LNB 1426 y 1427, para convertir las dos señales emitidas desde el diplexor 1430 en formato digital.

Una vez convertidas a formato digital, las señales son demoduladas por el demodulador 1423 y decodificadas por el decodificador 1424 para obtener los datos codificados sobre las ondas recibidas. A continuación, los datos decodificados se envían al controlador 1425, que los envía a la televisión 1403.

El controlador 1450 controla la antena 1401, incluyendo los elementos de la matriz ranurada entrelazados de ambas aberturas de antena en la única abertura física combinada.

#### ***Un Ejemplo de un Sistema de Comunicación Dúplex Completo***

En otra forma de realización, las aberturas de antena combinadas se utilizan en un sistema de comunicación dúplex completo. La Figura 20 es un diagrama de bloques de otra forma de realización de un sistema de comunicación que tiene rutas de transmisión y recepción simultáneas. Aunque solo se muestran una ruta de transmisión y una ruta de recepción, el sistema de comunicación puede incluir más de una ruta de transmisión y / o más de una ruta de recepción.

Con referencia a la Figura 20, la antena 1401 incluye dos conjuntos de antenas intercaladas espacialmente que pueden funcionar independientemente para transmitir y recibir simultáneamente a diferentes frecuencias tal como se ha descrito anteriormente. En una forma de realización, la antena 1401 está acoplada al diplexor 1445. El acoplamiento puede realizarse mediante una o más redes de alimentación. En una forma de realización, en el caso de una antena de alimentación radial, el diplexor 1445 combina las dos señales y la conexión entre la antena 1401 y el diplexor 1445 es una única red de alimentación de banda ancha que puede transportar ambas frecuencias.

El diplexor 1445 está acoplado a un convertidor descendente de bloque de bajo ruido (LNB) 1427, que realiza una función de filtrado de ruido y una función de conversión descendente y amplificación de una manera bien conocida en la técnica. En una forma de realización, el LNB 1427 está en una unidad exterior (ODU). En otra forma de realización, el LNB 1427 está integrado en el aparato de antena. El LNB 1427 está acoplado a un módem 1460, que está acoplado al sistema informático 1440 (por ejemplo, un sistema informático, módem, etc.).

El módem 1460 incluye un convertidor de analógico a digital (ADC) 1422, que está acoplado al LNB 1427, para convertir la señal recibida emitida por el diplexor 1445 en formato digital. Una vez convertida a formato digital, la señal es demodulada por el demodulador 1423 y decodificada por el decodificador 1424 para obtener los datos codificados en la onda recibida. A continuación, los datos decodificados se envían al controlador 1425, que los envía al sistema informático 1440.

El módem 1460 también incluye un codificador 1430 que codifica los datos que se transmitirán desde el sistema informático 1440. Los datos codificados son modulados por el modulador 1431 y a continuación son convertidos a analógicos por el convertidor digital a analógico (DAC) 1432. A continuación, la señal analógica es filtrada por medio de un BUC (amplificador de paso alto y conversión ascendente) 1433 y se envía a un puerto del diplexor 1445. En una forma de realización, BUC 1433 está en una unidad exterior (ODU).

El diplexor 1445 que funciona de una manera bien conocida en la técnica proporciona la señal de transmisión a la antena 1401 para su transmisión.

El controlador 1450 controla la antena 1401, incluyendo los dos conjuntos de elementos de antena en la única abertura física combinada.

Debe tenerse en cuenta que el sistema de comunicación dúplex completo que se muestra en la Figura 20 tiene una serie de aplicaciones, que incluyen, pero no se limitan a, la comunicación por Internet, la comunicación del vehículo (incluida la actualización de software), etc.

Algunas partes de las descripciones detalladas anteriores se presentan en términos de algoritmos y representaciones simbólicas de operaciones en bits de datos dentro de la memoria de una computadora. Estas descripciones y representaciones algorítmicas son los medios utilizados por los expertos en las técnicas de procesamiento de datos para transmitir de la manera más eficaz el contenido de su trabajo a otros expertos en la técnica. Aquí, y en general, se concibe un algoritmo como una secuencia autoconsistente de pasos que conducen a un resultado deseado. Los pasos son los que requieren manipulaciones físicas de cantidades físicas. Por lo general, aunque no necesariamente, estas cantidades toman la forma de señales eléctricas o magnéticas que pueden almacenarse, transferirse, combinarse, compararse y manipularse de otro modo. A veces ha resultado conveniente, principalmente por razones de uso común, referirse a estas señales como bits, valores, elementos, símbolos, caracteres, términos, números o similares.

Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que todos estos y otros términos similares deben asociarse con las cantidades físicas apropiadas y son simplemente etiquetas convenientes aplicadas a estas cantidades. A menos que se indique específicamente lo contrario, tal como se desprende de la siguiente descripción, se aprecia que a lo largo de la descripción, las descripciones que utilizan términos como "procesamiento" o "computación" o "calcular" o "determinar" o "mostrar" o similares, se refieren a la acción y procesos de un sistema informático, o un dispositivo informático electrónico similar, que manipula y transforma datos representados como cantidades físicas (electrónicas) dentro de los registros y memorias del sistema informático en otros datos representados de manera similar como cantidades físicas dentro de las memorias o registros del sistema informático u otros tales dispositivos de almacenamiento, transmisión o visualización de información.

La presente invención también se refiere a un aparato para realizar las operaciones indicadas en el presente documento. Este aparato puede estar construido especialmente para los propósitos requeridos, o puede comprender una computadora de propósito general activada selectivamente o reconfigurada por un programa de computadora almacenado en la computadora. Dicho programa de computadora puede almacenarse en un medio de almacenamiento legible por computadora, como, entre otros, cualquier tipo de disco, incluidos disquetes, discos ópticos, CD-ROM y discos magnéticos-ópticos, memorias de solo lectura (ROM), memorias de acceso aleatorio (RAM), EPROM, EEPROM, tarjetas magnéticas u ópticas, o cualquier tipo de medio apto para almacenar instrucciones electrónicas, y en que cada uno de ellos está acoplado a un bus del sistema informático.

Los algoritmos y las pantallas que se presentan en este documento no están intrínsecamente relacionados con ninguna computadora u otro aparato en particular. Se pueden utilizar varios sistemas de propósito general con programas de acuerdo con las enseñanzas de este documento, o puede resultar conveniente construir aparatos más especializados para realizar los pasos requeridos del método. La estructura requerida para una variedad de estos sistemas aparecerá en la descripción a continuación. Además, la presente invención no se describe con referencia a ningún lenguaje de programación en particular. Se apreciará que se puede utilizar una variedad de lenguajes de programación para implementar las enseñanzas de la invención tal como se describe en este documento.

Un medio legible por máquina incluye cualquier mecanismo para almacenar o transmitir información en una forma legible por una máquina (por ejemplo, una computadora). Por ejemplo, un medio legible por máquina incluye memoria de solo lectura ("ROM"); memoria de acceso aleatorio (RAM); medios de almacenamiento en disco magnético; medios de almacenamiento óptico; dispositivos de memoria flash; etc.

Aunque muchas alteraciones y modificaciones de la presente invención sin duda serán evidentes para una persona con conocimientos ordinarios en la técnica después de haber leído la descripción anterior, debe entenderse que cualquier forma de realización particular mostrada y descrita a modo de ilustración no está de ninguna manera destinada a ser considerada limitante. Por lo tanto, las referencias a detalles de diversas formas de realización no pretenden limitar el alcance de las reivindicaciones que, en sí mismas, enumeran solo aquellas características consideradas esenciales para la invención.

**REIVINDICACIONES**

1. Una antena que comprende:

5 una guía de ondas radial (201) que tiene una estructura a través de la cual se puede propagar una onda de alimentación de radiofrecuencia, RF, una abertura (1616, 202), y un plano de deslizamiento (211), en que la estructura tiene una parte exterior que rodea la guía de ondas radial (201) de manera que la onda de alimentación de RF se proporciona a la abertura (1616, 202);  
 10 en que la abertura (1616, 202) se puede operar para irradiar señales de RF en respuesta a la onda de alimentación de RF alimentada por la guía de ondas radial (201); en que la abertura (1616, 202) forma una separación con las partes exteriores de la guía de ondas radial (201) y la abertura (1616, 202);  
 15 en que el plano de deslizamiento (211) está colocado entre la parte superior de la carcasa de la guía de ondas radial (201) y la abertura (1616, 202) para permitir el movimiento lateral entre la abertura (1616, 202) y la guía de ondas radial (201) provocado por el calor y las diferencias en los coeficientes de expansión térmica de la guía de ondas radial (201) y la abertura (1616, 202);  
 20 en que la antena comprende además un obturador de RF (220) operable para bloquear la salida de energía de RF a través del espacio entre las partes exteriores de la guía de ondas radial (201) y la abertura (1616, 202).

25 2. La antena definida en la reivindicación 1, en que la guía de ondas (201) comprende metal y la abertura (1616) comprende un sustrato de vidrio (202) o pantalla de cristal líquido, LCD.

30 3. La antena definida en la reivindicación 1, en que el obturador de RF comprende una o más ranuras en la parte exterior de la guía de ondas (201) en la separación, en que cada una de las una o más ranuras está configurada para bloquear la energía de RF de una banda de frecuencia.

4. La antena definida en la reivindicación 3, en que la una o más ranuras son parte de un par de anillos en la parte exterior de la guía de ondas (201).

35 5. La antena definida en la reivindicación 1, en que el obturador de RF comprende una estructura de banda electromagnética prohibida, EBG, (600).

6. La antena definida en la reivindicación 5, en que la estructura de EBG (600) comprende un sustrato con una o más vías (602A, 602B, 602C).

40 7. La antena definida en la reivindicación 6, en que el sustrato comprende una placa de circuito impreso, PCB (601) con una o más almohadillas conductoras de electricidad y la una o más vías están revestidas con material conductor de electricidad; en que preferentemente la PCB se une con adhesivo conductor a la guía de ondas (201).

45 8. La antena definida en la reivindicación 1, en que la abertura tiene un conjunto ranurado de elementos de antena, en que el conjunto ranurado comprende:

50 una pluralidad de ranuras;  
 una pluralidad de parches, en que cada uno de los parches está colocado sobre y está separado de una ranura en la pluralidad de ranuras, formando un par de parche / ranura, en que cada par de parche / ranura está configurado para ser apagado o encendido en función de una magnitud de un voltaje aplicado al parche en el par.

55 9. La antena definida en la reivindicación 8, en que los elementos de antena están configurados para ser controlados y configurados para funcionar juntos con el fin de formar un haz para una banda de frecuencia para su utilización en el direccionamiento del haz holográfico.

60 10. La antena definida en la reivindicación 1, en que la abertura tiene una pluralidad de elementos de antena configurados para irradiar señales de radiofrecuencia, RF, en respuesta a una onda de alimentación de RF alimentada por la guía de ondas radial.

11. La antena definida en la reivindicación 8, en que el cristal líquido se encuentra entre cada ranura de la pluralidad de ranuras y su parche asociado en la pluralidad de parches; en que preferentemente la antena comprende además un controlador que está configurado para aplicar un patrón de control que

controla qué pares de parche / ranura están encendidos y apagados, provocando así la generación de un haz.

- 5
12. La antena definida en la reivindicación 10, en que los elementos de antena están configurados para ser controlados y operables conjuntamente con el fin de formar un haz para una banda de frecuencia para su utilización en el direccionamiento del haz holográfico.

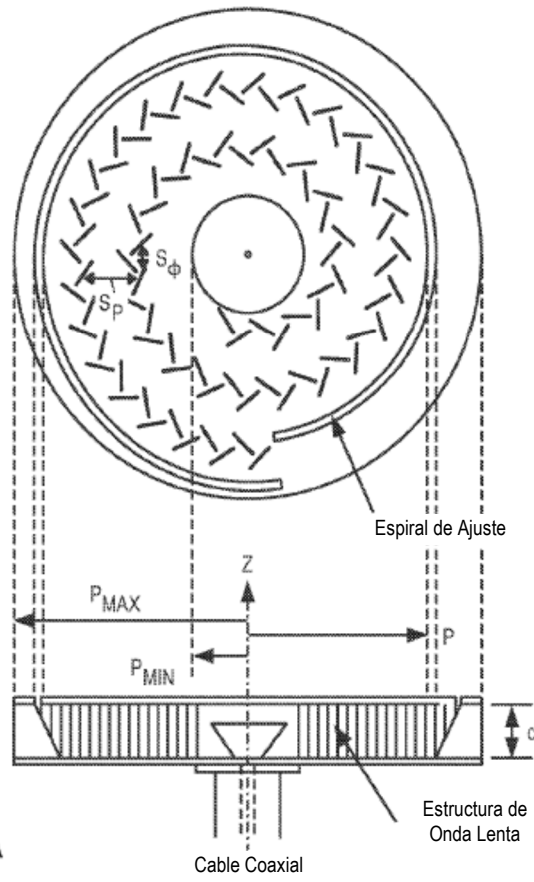


FIG. 1A

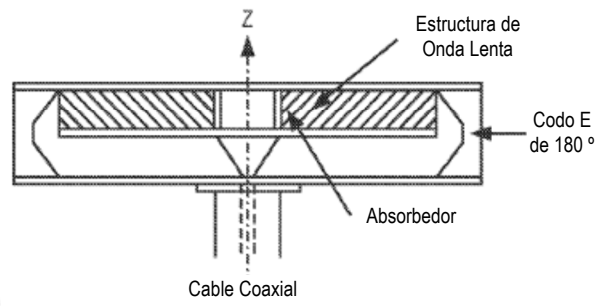


FIG. 1B

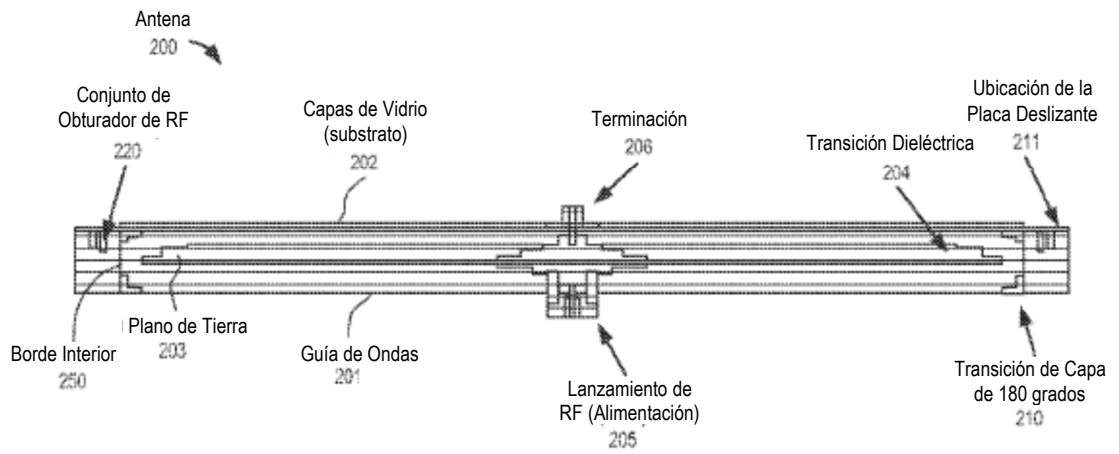


FIG. 2

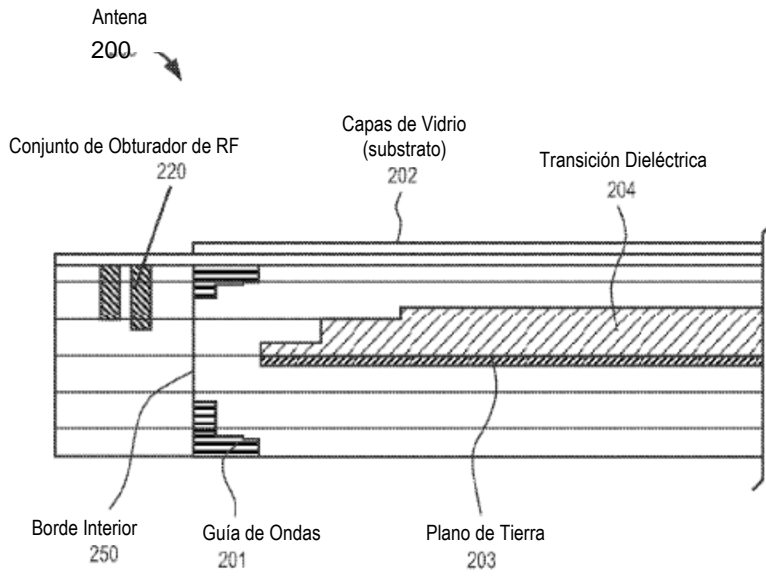
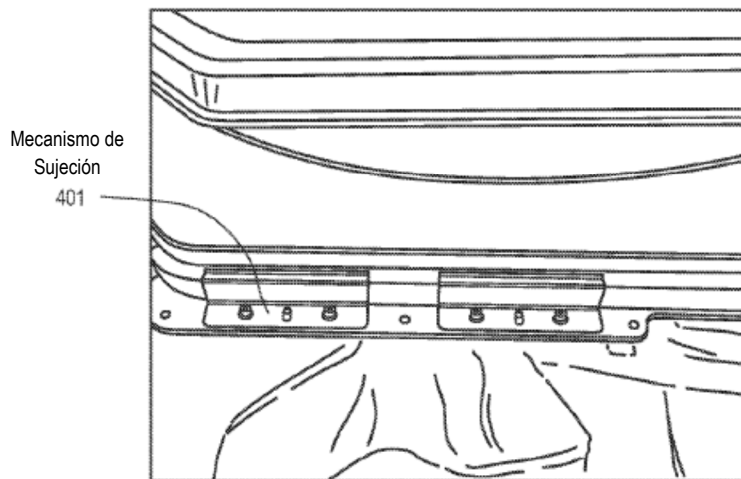
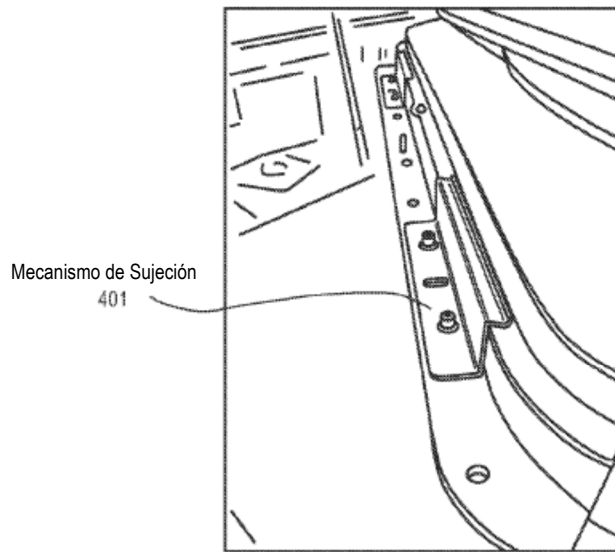


FIG. 3



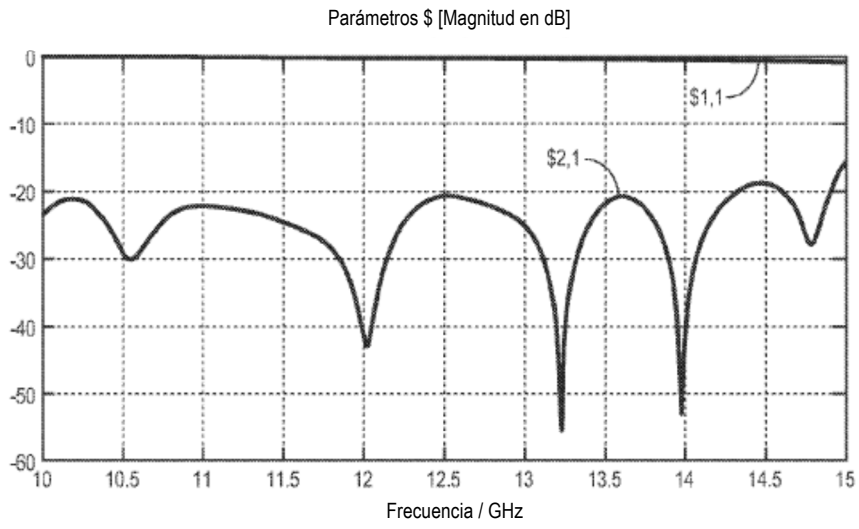


FIG. 5

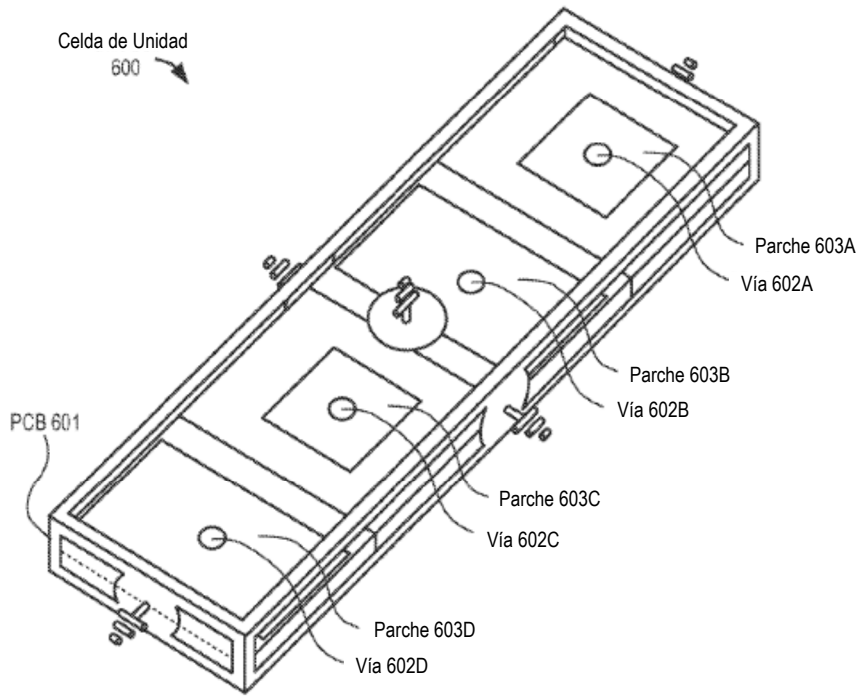


FIG. 6

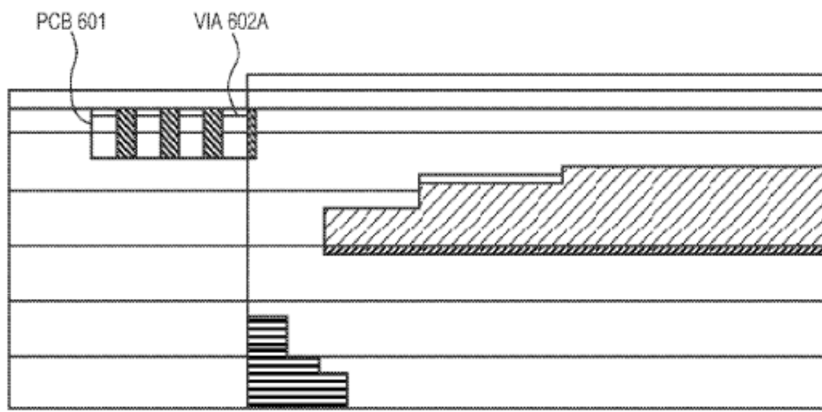


FIG. 7

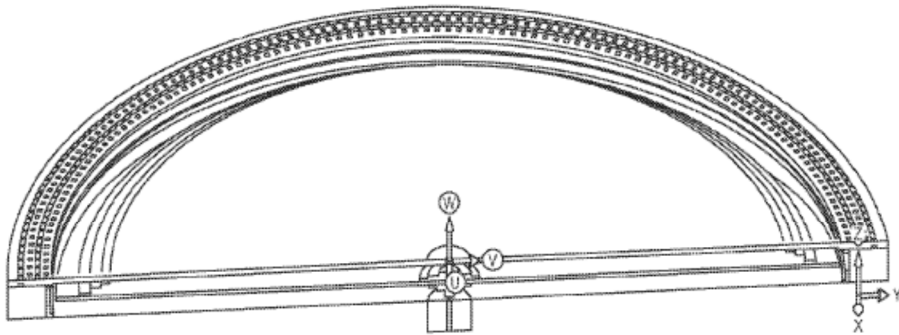


FIG. 8

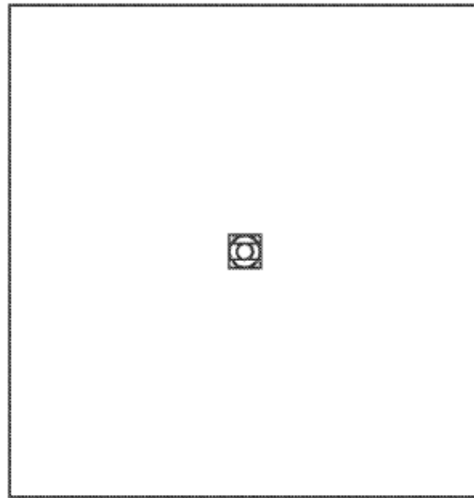


FIG. 9

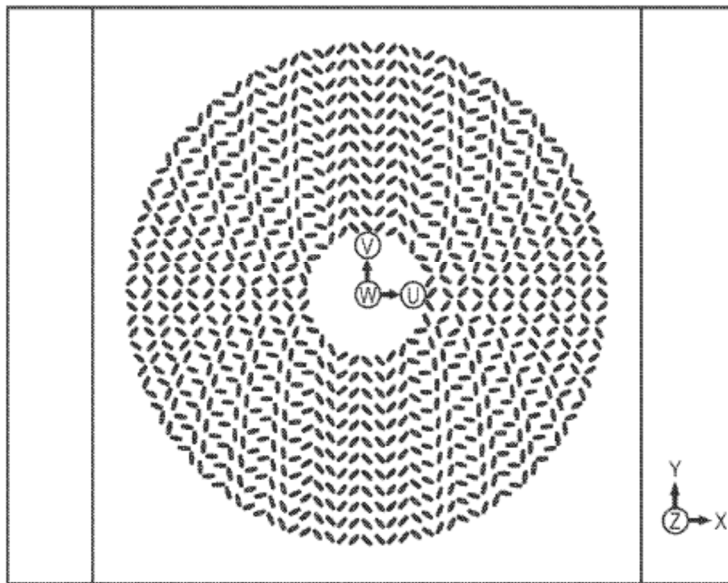


FIG. 10

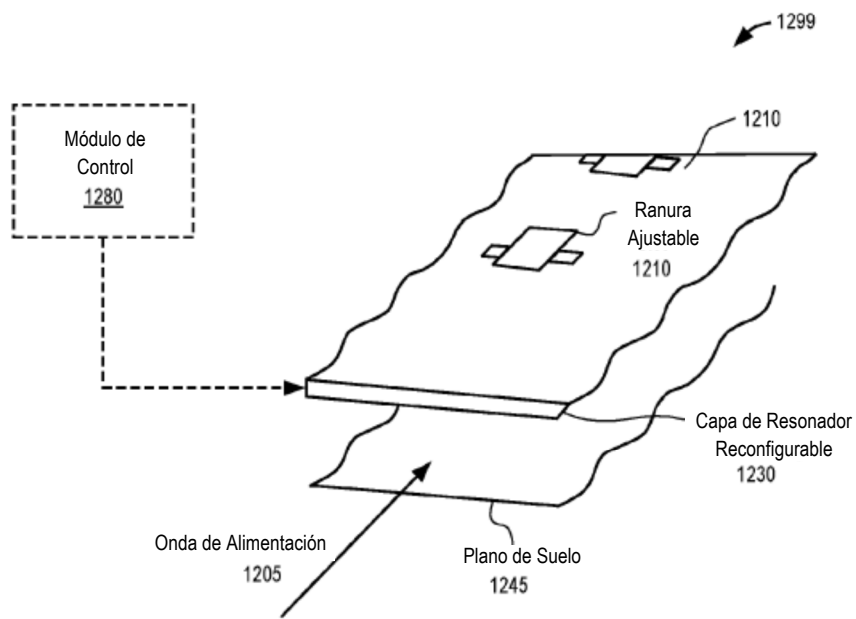


FIG. 11

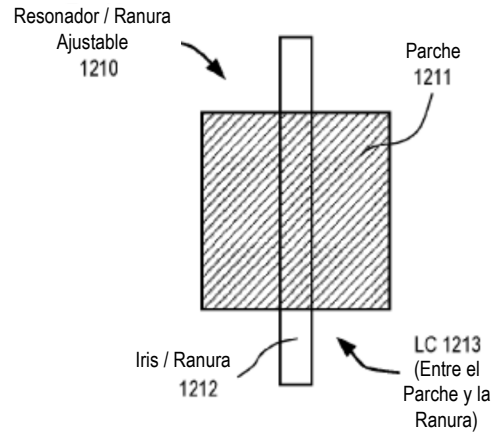


FIG. 12

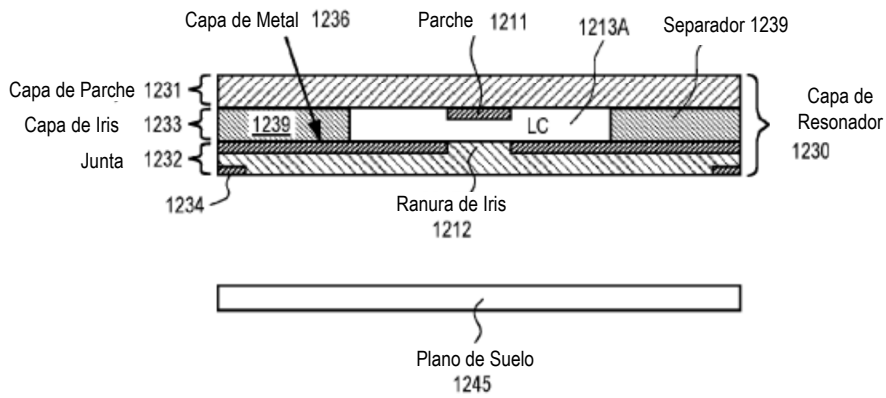


FIG. 13

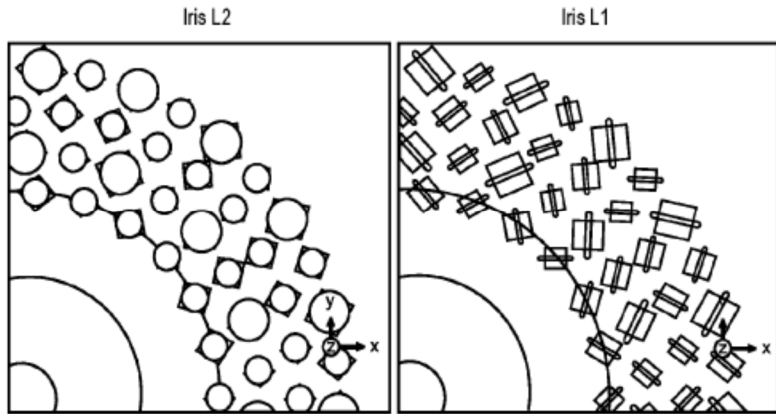


FIG. 14A

FIG. 14B

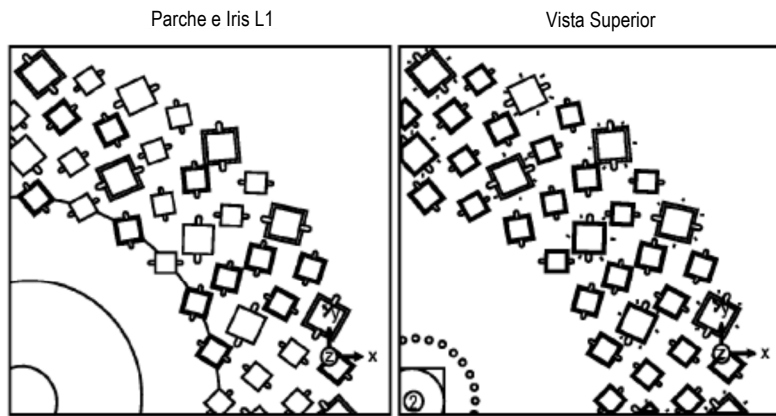


FIG. 14C

FIG. 14D

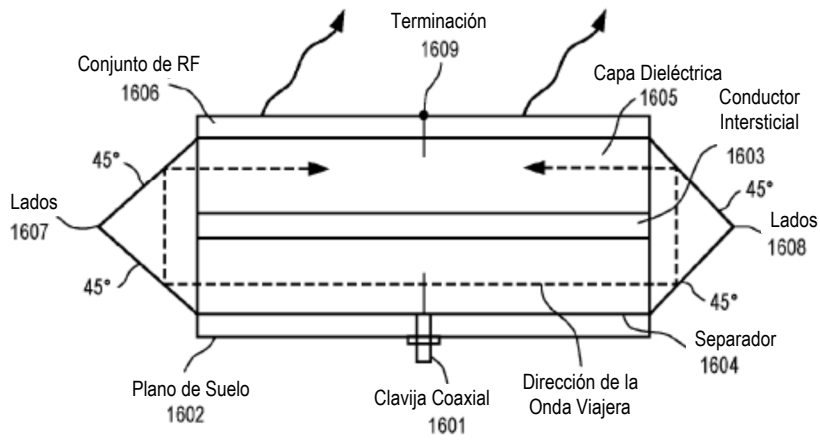


FIG. 15

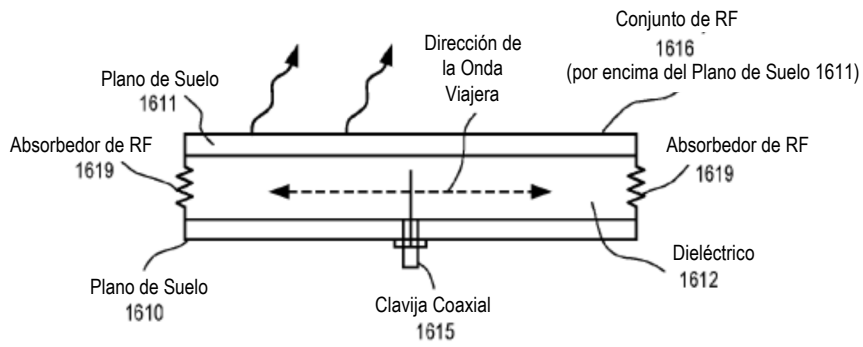


FIG. 16

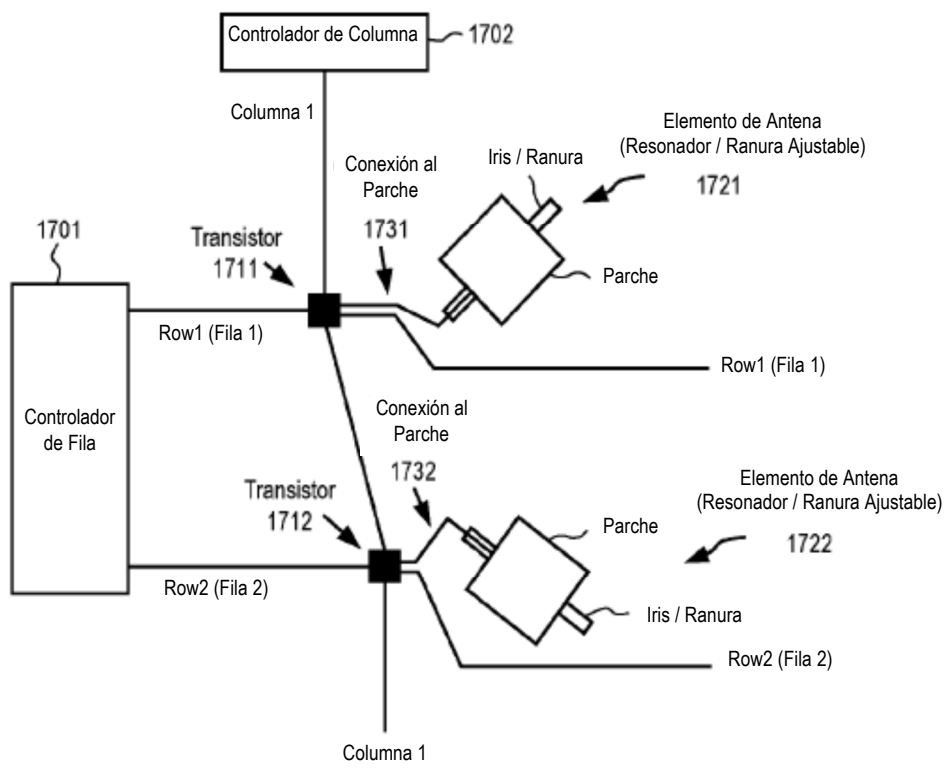


FIG. 17

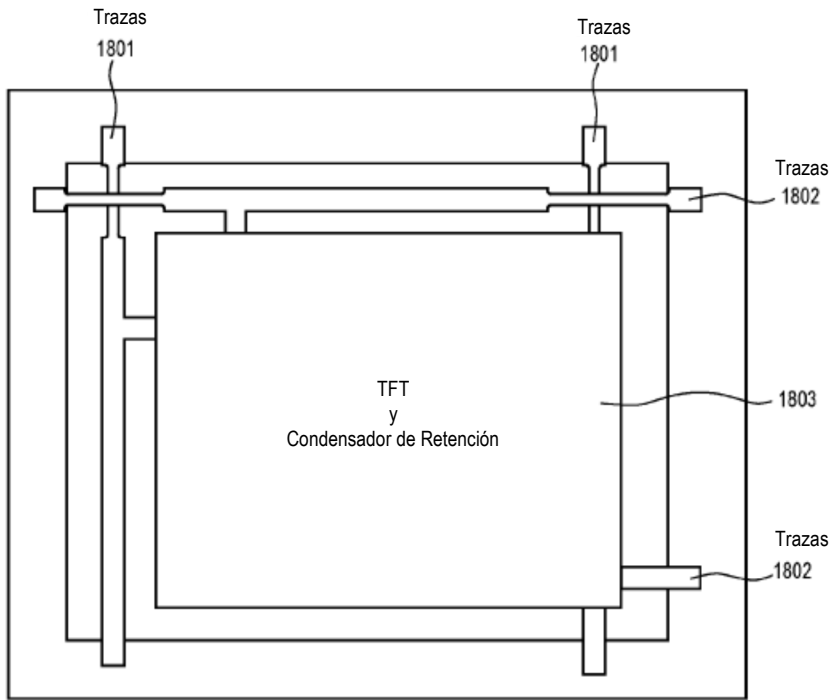


FIG. 18

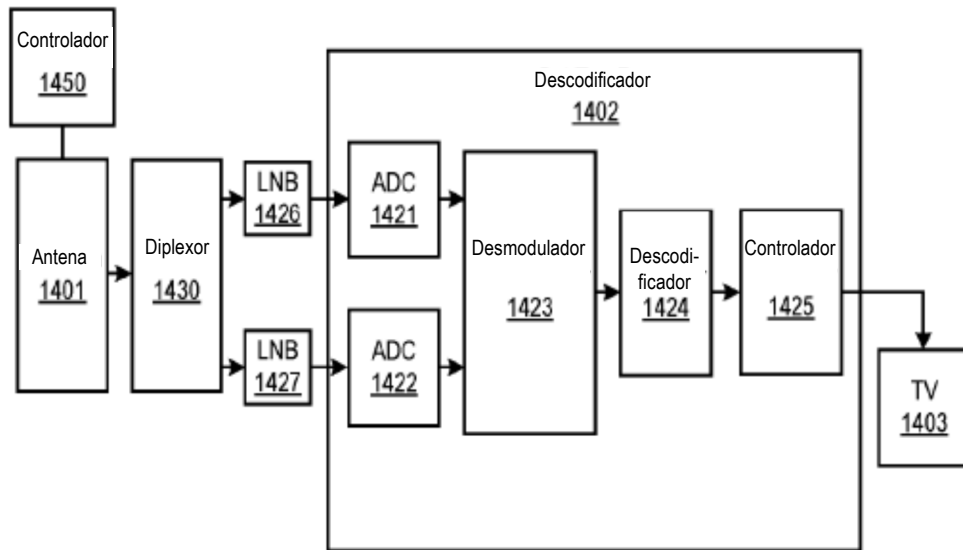


FIG. 19

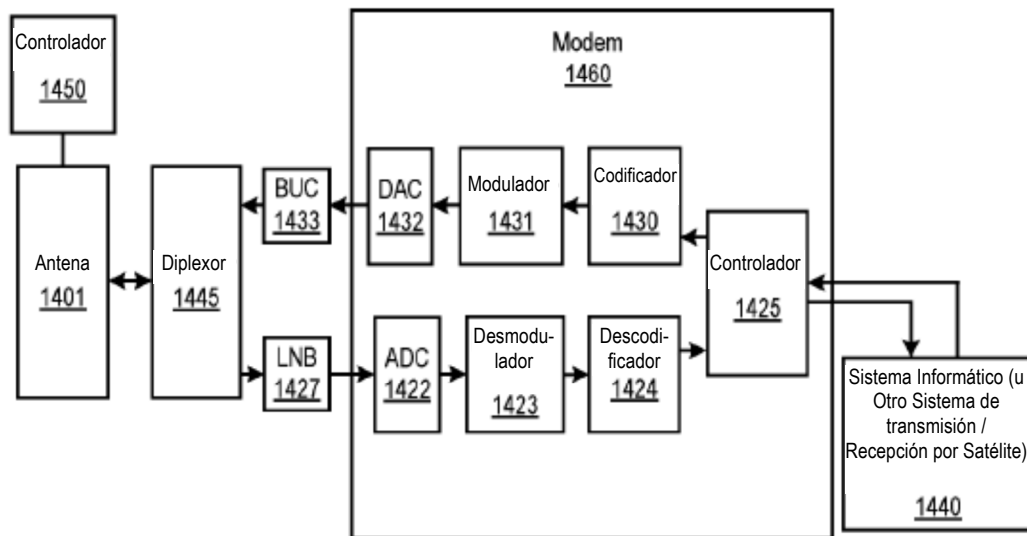


FIG. 20