

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 693 334**

51 Int. Cl.:

**H04B 10/80** (2013.01)

**H04B 10/516** (2013.01)

**H04B 10/2575** (2013.01)

**H01Q 3/26** (2006.01)

**G02B 6/36** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.12.2013 PCT/GB2013/053287**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.06.2014 WO14091242**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.12.2013 E 13806049 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.09.2018 EP 2932627**

54 Título: **Mejoras en antenas y en sus asociados**

30 Prioridad:

**14.12.2012 GB 201222608**

**14.12.2012 EP 12275206**

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

**11.12.2018**

73 Titular/es:

**BAE SYSTEMS PLC (100.0%)**

**6 Carlton Gardens**

**London SW1Y 5AD, GB**

72 Inventor/es:

**AITKEN, DAVID, JOHN;**

**GILES, SIMON, CHARLES;**

**LONGSTONE, ROBERT, JOHN, MARK;**

**NAWAZ, MOHAMMED;**

**SMITH, ANDREW JAMES y**

**SCOTT, MICHAEL, ANDREW**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**Observaciones :**

**Véase nota informativa (Remarks, Remarques o Bemerkungen) en el folleto original publicado por la Oficina Europea de Patentes**

**ES 2 693 334 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

Mejoras en antenas y en sus asociados

## CAMPO DE LA INVENCIÓN

5 La presente invención se refiere a juntas giratorias para girar sistemas de antena, y en particular, pero no exclusivamente, a juntas giratorias para sistemas de antena de radar.

## ANTECEDENTES

10 Una junta giratoria típica es un dispositivo electromecánico que proporciona la interfaz de transferencia de señal requerida entre las secciones estacionaria y giratoria de un sistema de antena giratoria. Permite que señales de radiofrecuencia (RF) sean transmitidas hacia atrás y hacia delante entre la antena y otros componentes de un aparato de antena.

Las juntas giratorias de RF se utilizan en muchas industrias. Estas industrias incluyen comunicaciones, satélites, control del tráfico aéreo y aeroespacial, sistemas aéreos, sistemas a bordo de barcos, radares terrestres.

15 Una junta giratoria es una línea de transmisión giratoria pasiva que tiene la capacidad de dejar pasar señales de RF con degradación mínima. Sin embargo, cuantos más canales de RF se requieran para ser transmitidas, generalmente más larga debe ser la junta giratoria. Una junta giratoria puede ser tan simple como un dispositivo de transmisión de un canal que es típicamente pequeño (varios cm de longitud), o tan complicada como, por ejemplo, un dispositivo de transmisión para transmitir varias decenas de canales que es mucho más largo (varios metros de largo).

20 Las juntas giratorias de RF pueden estar hechas de cobre, bronce, aluminio, acero inoxidable, aceros especiales, plata, y aleaciones especialmente revestidas o bimetálicas. Las especificaciones importantes para las juntas giratorias de RF incluyen tamaño, longitud y peso. Claramente, la naturaleza metálica de las juntas giratorias de RF las hace relativamente pesadas.

25 La transferencia de una señal de radiofrecuencia (RF) a través de la junta giratoria de una antena giratoria, tal como una agrupación de antenas de radar, puede requerir juntas giratorias de RF grandes y pesadas cerca de la antena y típicamente altas en un mástil de antena, por ejemplo, juntas giratorias de RF cerca de la antena y típicamente altas en un mástil de antena, por ejemplo, el mástil de un barco. Esto se convierte en un problema particular cuando se consideran agrupaciones de antenas que tienen muchos canales de RF, que requieren una junta giratoria de RF larga y pesada. BIBEY M-B Y COL.: "Optical distribution of local oscillators for a rotating antenna" ("Distribución óptica de osciladores locales para una antena giratoria"), MICROWAVE SYMPOSIUM DIGEST, 2000 IEEE MTT-S INTERNATIONAL BOSTON, MA, EE. UU 11-16 DE JUNIO DE 2000, PISCATAWAY, NJ, EE. UU, IEEE, US vol. 2, 11 de junio de 2000, (2000-06-11), páginas 1257-1260, XP010507567, DOI: 10.1109/MWSYM.2000.863588 ISBN: 978-0-7803-5687-0 describe la utilización de una junta giratoria óptica.

La invención aborda esto.

## RESUMEN DE LA INVENCIÓN

35 En su forma más general, la invención es para modular la potencia de una señal óptica que utiliza una señal eléctrica analógica procedente de un receptor de RF o una fuente de señal de una antena con el fin de transferir la señal óptica analógica, que transporta la información desde dentro de la señal eléctrica de RF, a través de una junta giratoria óptica del sistema de antena giratoria. Después de la transferencia, la señal óptica analógica modulada puede entonces ser convertida en una señal analógica eléctrica y posteriormente procesada digitalmente. Se ha encontrado posible transferir señales de RF analógicas utilizando una junta giratoria óptica que es más pequeña y ligera.

40 La transmisión de señal analógica también elimina la necesidad de procesadores de analógica a digital en la agrupación de antenas. Se ha encontrado posible transferir señales analógicas eléctricas de entrada de este modo de tal manera que la amplitud de la señal analógica transferida sea transferida de manera precisa y recuperada cuando es convertida de nuevo en una señal de salida analógica eléctrica.

45 Este es un resultado sorprendente, porque en el campo técnico de la invención, existe una percepción de que la transferencia óptica de datos en sistemas de comunicación de RF debería ser siempre digital porque las señales de datos digitales en general son a menudo menos susceptibles a la pérdida de datos o a errores durante la transmisión, y pueden ser llevadas a la corrección de errores. Se percibe que habría generalmente dificultades insuperables para controlar con suficiente precisión los niveles de amplitud/potencia de señal óptica necesarios para conseguir una precisión deseada en la transferencia de datos mediante señales analógicas ópticamente, especialmente cuando se transfieren múltiples canales de señal.

50 La invención emplea preferiblemente un prisma "Dove", o un prisma "Abbe-Konig", ambos también conocidos como un prisma de reversión, dentro de la junta giratoria óptica. Cuando tal prisma es hecho girar alrededor de su eje longitudinal, una imagen vista a través del prisma gira al doble de la velocidad de rotación del prisma, pero la posición de salida permanece sin cambios, y un rayo emitido es paralelo al rayo de entrada en todos los ángulos de rotación del prisma.

Se pueden transferir múltiples canales al prisma de reversión en una multitud correspondiente de fibras ópticas de entrada, o guías de onda, que giran con la antena y después de haber sido trasferidos a través del prisma de reversión, cada canal puede entonces ser emitido desde el prisma de reversión a otra multitud correspondiente de fibras ópticas, o guías de onda, que no están girando.

- 5 En un primero de sus aspectos, la invención puede proporcionar un aparato de transmisión de señal óptica para una antena giratoria que comprende, una pluralidad de moduladores ópticos dispuestos para recibir una pluralidad respectiva de señales de RF analógicas y para modular una pluralidad respectiva de señales ópticas con ellas para producir una pluralidad de señales ópticas analógicas moduladas, una pluralidad de convertidores opto-eléctricos para convertir dicha señal óptica analógica modulada respectiva en una señal eléctrica analógica, en donde la pluralidad de moduladores ópticos están acoplados giratoriamente en comunicación óptica con la pluralidad de convertidores opto-eléctricos a través de una junta giratoria óptica que incluye un prisma de reversión, y en donde el prisma de reversión que está acoplado giratoriamente a la pluralidad de moduladores ópticos y a la pluralidad de convertidores opto-eléctricos para que pueda girar con relación a ambas a una velocidad angular de rotación que es sustancialmente la mitad de la velocidad angular de rotación a la que la pluralidad de moduladores ópticos pueden girar simultáneamente con relación a la pluralidad de convertidores opto-eléctricos. El prisma de reversión puede ser un prisma de Dove o un prisma de Abbe-Konig. Así, los moduladores ópticos pueden estar dispuestos sobre una parte giratoria de un conjunto de antena y los convertidores opto-eléctricos pueden estar dispuestos sobre una parte estacionaria junto con los componentes de procesamiento de señal eléctrica y los componentes de control del conjunto. Unos medios de engranaje pueden acoplar un alojamiento que contiene los moduladores ópticos a un alojamiento que contiene el prisma de reversión y pueden estar dispuestos para transferir fuerza motriz giratoria al alojamiento que contiene el prisma de reversión desde el alojamiento que contiene los moduladores ópticos sustancialmente a la mitad (1/2) de la velocidad angular.

Los moduladores ópticos incluyen preferiblemente un láser, tal como un láser de onda continua, para generar una señal portadora óptica y una unidad de modulador óptico (por ejemplo, un modulador Mach-Zehnder (MZ)) dispuesta para modular la señal portadora de acuerdo con la señal de RF analógica.

- 25 La unidad de modulador óptico incluye preferiblemente un componente que se puede polarizar que es configurable para ser polarizado por la aplicación de una tensión de polarización de tal manera que el modulador funciona en cuadratura.

El aparato de transmisión de señal óptica puede incluir un medio de control de polarización dispuesto para variar la tensión de polarización aplicada al componente que se puede polarizar hasta que el valor de la tensión de polarización sea el valor más cercano a una tensión de polarización (por ejemplo 0 (cero) Voltios) a la que el modulador funciona en cuadratura. Esto permite al aparato mantener el funcionamiento de las unidades de modulador óptico con una característica de transferencia de modulación más consistente manteniendo mejor por ello una precisión deseada en niveles de señal óptica analógica modulada a lo largo de un amplio rango dinámico.

El aparato de transmisión de señal óptica puede comprender una primera unidad de colimador óptico dispuesta para recibir y para colimar dicha pluralidad de señales ópticas analógicas moduladas para introducirla al prisma de reversión, y una segunda unidad de colimador óptico dispuesta para recibir y para colimar la pluralidad de señales ópticas analógicas moduladas emitidas desde el prisma de reversión, en donde la primera y segunda unidades de colimador óptico comparten ejes de colimación sustancialmente paralelos. Preferiblemente, la primera unidad de colimador óptico está dispuesta para recibir señales ópticas analógicas desde la segunda unidad de colimador óptico – es decir, que funcionan reciprocamente, o como una configuración de transferencia óptica de dos vías.

El aparato de transmisión de señal óptica puede comprender al menos 20 moduladores ópticos y 20 convertidores opto-eléctricos, o al menos 30. Así, se pueden prever muchos canales de señal analógica óptica para transferir ópticamente a través de la junta giratoria óptica. La primera y segunda unidades de colimador óptico pueden comprender cada una un número correspondiente de fibras ópticas que terminan en ella y están en comunicación óptica con uno respectivo de los moduladores ópticos y de los convertidores opto-eléctricos, respectivamente, del aparato. El eje óptico de las fibras ópticas en sus extremos terminales en cada una de la primera y segunda unidades de colimador óptico es preferiblemente paralelo al eje óptico del prisma de reversión entre ellos. De este modo, cualquier extremo terminal de fibra óptica en una de la primera y segunda unidades de colimador es mantenido, por el prisma de reversión, en comunicación óptica con el mismo extremo terminal de fibra óptica en la otra de la primera y segunda unidades de colimador, independientemente del estado de rotación relativa de las dos unidades de colimador.

En un segundo aspecto, la invención puede proporcionar un método para transmisión de señal óptica para una antena giratoria que comprende, recibir una pluralidad de señales de RF analógicas en una pluralidad respectiva de moduladores ópticos y modular una pluralidad respectiva de señales ópticas con ellas para producir una pluralidad de señales ópticas analógicas moduladas, transmitir ópticamente la pluralidad de señales ópticas analógicas moduladas a una pluralidad de convertidores opto-eléctricos a través de una junta giratoria óptica que incluye un prisma de reversión, que convierte cada señal óptica analógica modulada en una señal eléctrica analógica respectiva utilizando la pluralidad de convertidores opto-eléctricos, en donde el método incluye girar, en uso, la pluralidad de moduladores ópticos con relación a la pluralidad de convertidores opto-eléctricos a una velocidad angular de rotación, y hacer girar simultáneamente el prisma de reversión con relación a la pluralidad de moduladores ópticos y la pluralidad de convertidores opto-eléctricos a sustancialmente la mitad de dicha velocidad angular de rotación.

Los moduladores ópticos incluyen preferiblemente un láser para generar una señal portadora óptica y una unidad de modulador óptico (por ejemplo, un modulador Mach-Zehnder (MZ)), y el método incluye preferiblemente modular la señal portadora utilizando la unidad de modulador óptico de acuerdo con la señal de RF analógica. La señal de RF analógica puede aplicarse a la unidad de modulador óptico como una señal de modulación.

- 5 La unidad de modulador óptico incluye preferiblemente un componente que se puede polarizar, y el método incluye preferiblemente polarizar el componente capaz de ser polarizado por la aplicación de una tensión de polarización de tal manera que el modulador funciona en cuadratura.

10 El método puede incluir variar la tensión de polarización aplicada al componente que se puede polarizar hasta que el valor de la tensión de polarización sea el valor más cercano a una tensión de polarización (por ejemplo, 0 (cero) Voltios) a la que el modulador funciona en cuadratura.

15 El método puede comprender colimar la pluralidad de señales ópticas analógicas moduladas de acuerdo con un primer eje de colimación, introduciendo la pluralidad colimada de señales ópticas analógicas moduladas al prisma de reversión, y recibiendo y colimando la pluralidad de señales ópticas analógicas moduladas emitidas desde el prisma de reversión de acuerdo con un segundo eje de colimación sustancialmente paralelo al primer eje de colimación. El método puede incluir colimación de este modo para la transferencia óptica en cualquier dirección a través del prisma de reversión.

El método puede incluir recibir, modular ópticamente, transmitir ópticamente y desmodular posteriormente al menos 20, o al menos 30, señales de RF analógicas de manera simultánea.

20 En otro aspecto, la invención proporciona un programa informático o una pluralidad de programas informáticos dispuestos de tal manera que cuando son ejecutados por un sistema informático él/ellos hacen que el sistema informático funcione para controlar un aparato de transmisión de señal óptica de acuerdo con el método de cualquiera de los aspectos anteriores.

Todavía en otro aspecto, la invención proporciona un medio de almacenamiento legible por ordenador que almacena un programa informático o al menos uno de la pluralidad de programas informáticos de acuerdo con el aspecto anterior.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA

25 En los dibujos, a artículos similares se les asignan símbolos de referencia similares por motivos de coherencia.

30 La fig. 1 muestra un sistema 1 de radar que comprende una agrupación 2 de antenas que tiene cuatro elementos 3 radiantes de antena separados (o sub-agrupaciones de múltiples elementos radiantes) cada uno servido por una respectiva de las cuatro unidades 4 de transmisor/receptor de RF separadas. Se ha de observar que, aunque solo se han mostrado aquí cuatro canales de señal, esto es meramente con fines ilustrativos, y puede haber presentes muchos más de tales canales en otra realización. Cada unidad de transmisor/receptor contiene un aparato receptor para recibir señales de RF, tales como señales de retorno de radar (eco), desde un elemento radiante de antena respectivo y para generar señales eléctricas de RF amplificadas típicamente a través de un superheterodino o similar, tal como sería evidente fácilmente para el experto. También, cada unidad de transmisor/receptor contiene un aparato transmisor para generar señales de salida de radar de RF para radiación mediante un elemento radiante de antena respectivo. Cada uno de los aparatos transmisores y receptores está conectado a un elemento radiante común a través de un duplexador (no mostrado) que protege al aparato receptor de las señales generadas por el aparato transmisor, y dirige las señales de radar recibidas al aparato receptor. Estos componentes de aparatos pueden ser tales como serían evidentes para el experto.

40 Cada una de las cuatro unidades de transmisor/receptor tiene una línea 5 de transmisión de RF de salida analógica de receptor conectada a un puerto de señal de modulación de entrada de RF de uno respectivo de cuatro moduladores ópticos 6 Mach-Zehnder (MZ) que también tienen cada uno un puerto de entrada de señal portadora óptica conectado para recibir una señal portadora óptica procedente de una unidad 7 de láser dispuesta para generar cuatro señales portadoras ópticas separadas para cada uno respectivo de los cuatro moduladores ópticos (MZ). La unidad de láser puede comprender una o más fuentes de luz láser (por ejemplo, láser de estado sólido o de otro tipo) controladas para generar una salida óptica de intensidad sustancialmente constante para utilizar como una señal portadora. Una de tales fuentes de luz láser puede estar dispuesta para generar una señal portadora óptica para dos o más moduladores MZ en común, y puede estar acoplada ópticamente a los mismos a través de un divisor de potencia óptica de tal manera que dos moduladores MZ son servidos compartiendo/dividiendo la luz portadora procedente de una fuente de láser.

50 Cada modulador óptico MZ está dispuesto para modular la señal portadora óptica recibida por él con una señal de tensión de RF analógica recibida por el modulador MZ en su puerto de señal de modulación de entrada de RF, y para emitir la señal óptica analógica modulada en una fibra óptica 8 respectiva a uno respectivo de los cuatro puertos de entrada de colimador de una primera unidad 9 de colimador de una junta giratoria 10 óptica, a través de una fibra óptica respectiva. Una polarización es aplicada a cada modulador MZ para controlar el modulador MZ de modo que funcione en o cerca de cuadratura, como se ha explicado de forma más detallada a continuación, con referencia a las figs. 3A, 3B y 4.

La junta giratoria óptica comprende una unidad 11 de prisma que contiene un prisma de Dove (se puede utilizar otro tipo

de prisma de reversión tal como un prisma de Abbe-Konig) que acopla ópticamente las señales ópticas moduladas de cada uno de los cuatro puertos de entrada de colimador a uno respectivo de los cuatro puertos de salida de colimador de una segunda unidad 12 de colimador de la junta giratoria óptica. Cada unidad de colimador está dispuesta para colimar una señal óptica modulada recibida de este modo. El eje de colimación de la primera unidad de colimador es paralelo al de la segunda unidad de colimador. Sin embargo, la primera unidad de colimador está fijada a la cabeza de la antena giratoria del sistema de radar que está dispuesto para girar alrededor de un eje de rotación paralelo al eje de colimación, a una velocidad angular de rotación dada ( $\omega$ ) y es, por lo tanto, giratoria, mientras que la segunda unidad de colimador está fijada a la parte estacionaria del sistema de radar y no gira. La unidad de prisma, ubicada entre la primera unidad de colimador giratoria y la segunda unidad de colimador estacionaria, está dispuesta para girar con la primera unidad de colimador alrededor del mismo eje de rotación, pero a la mitad de la velocidad angular de rotación ( $\omega/2$ ). Así, la primera unidad de colimador está dispuesta para girar con relación tanto a la unidad de prisma como a la segunda unidad de colimador.

De este modo, las señales (analógicas) moduladas ópticas son transmitidas desde una agrupación de elementos de antena giratoria a un sistema de procesamiento de señal estacionario a través de una junta giratoria óptica. No se requiere la conversión de analógica a digital (A/D) de señales antes de la transmisión a través de la junta giratoria óptica y se puede realizar después de dicha transmisión. De este modo, se ha proporcionado una junta giratoria óptica compacta que obvia la necesidad de convertidores (A/D) en la cabeza giratoria del sistema de antena.

La segunda unidad de colimador posee cuatro puertos de salida de colimador separados que dirigen cada uno una señal óptica (analógica) de RF modulada, colimada a través de una respectiva de las cuatro fibras ópticas 13, a uno respectivo de los cuatro convertidores 14 opto-eléctricos separados cada uno dispuesto para convertir una señal óptica modulada, analógica recibida en una señal eléctrica de RF modulada, analógica correspondiente. Cada convertidor opto-eléctrico puede comprender un fotodiodo que es polarizado de forma inversa. La luz modulada que incide sobre el fotodiodo es convertida en una corriente proporcional a la intensidad de la luz incidente. La salida del fotodiodo está conectada eléctricamente en serie a una resistencia (no mostrada) que genera una tensión en proporción a la corriente de fotodiodo. En realizaciones alternativas, la resistencia puede ser sustituida por un amplificador de trans-impedancia que puede proporcionar mayor sensibilidad para convertir señales ópticas en valores de tensión.

Las señales de RF moduladas analógicas, eléctricas generadas por los convertidores opto-eléctricos son introducidas cada una en un procesador 15 de señal de RF analógica del tipo utilizado típicamente en un aparato de radar para procesamiento, tal como amplificación, filtrado o similar, y posteriormente emitidas a un convertidor 20 de señal analógica a digital (A/D) para su emisión posterior a una unidad 21 de procesador de señal digital para análisis, procesamiento y utilización general, según se desee por un usuario.

También se proporciona una unidad 16 de control de transmisor que está dispuesta para generar señales de control digital para controlar el funcionamiento del aparato transmisor dentro de las unidades de transmisor/receptor. La unidad de transmisor está dispuesta para emitir señales 17 de control de transmisor eléctricas digitales a una unidad 18 de convertidor de señal dispuesta para convertir las señales eléctricas digitales en señales ópticas digitales de una manera tal como estaría fácilmente disponible para el experto. Por ejemplo, el convertidor de señal electro-óptica puede ser un diodo láser dispuesto para ser accionado por una señal de accionamiento que contiene el transmisor eléctrico digital/señales de control de calibración de tal manera que una señal óptica digital es generada transportando las señales eléctricas digitales en cuestión. Esta señal óptica digital es introducida a la segunda unidad 12 de colimador óptico (estacionaria) y es transmitida posteriormente a través del prisma de Dove 11 a la primera unidad 9 de colimador óptico después de lo cual es emitida por la primera unidad de colimador a un convertidor 18 opto-eléctrico (que es de cualquier variedad adecuada, tal como sería fácilmente disponible o evidente para el experto) dispuesto para convertir las señales ópticas digitales en señales eléctricas digitales y emitir el resultado 19 a cada una de las cuatro unidades 4 de transmisor/receptor (por ejemplo, potencia de transmisor, temporización) de las unidades de transmisor a través de las señales de control de transmisor, o para controlar el funcionamiento de las unidades de receptor.

La transferencia óptica de las señales de control a través de la junta giratoria óptica puede ser como se ha descrito anteriormente en relación con la transmisión óptica de las señales 8 de receptor moduladas, pero en la dirección inversa a través de una quinta trayectoria de transmisión óptica (no mostrada). La primera y segunda unidades de colimador pueden comprender cada una trayectoria de transmisión óptica adicionales como las ilustradas, para canales ópticos adicionales.

La fig. 2 muestra una vista esquemática en sección transversal de la junta giratoria óptica descrita anteriormente con referencia a la fig. 1.

La junta giratoria 10 óptica comprende una unidad de prisma que incluye un prisma de Dove 22 montado dentro de una unidad 23 de montaje de prisma fijada dentro del orificio 25 de una parte 24 de alojamiento de prisma. El orificio de la parte de alojamiento de prisma es un orificio pasante que se extiende desde un extremo de la parte de alojamiento al otro axialmente a lo largo del eje central 26 del alojamiento de prisma. El prisma de Dove es un prisma de reversión trapezoidal que define un eje óptico, longitudinal 26 a su través y que tiene caras 27 de extremo opuestas que están dispuestas en oposición, pero ángulos iguales (por ejemplo, de 45 grados) en relación con el eje óptico. Como resultado, las señales ópticas 28 emitidas paralelas al eje óptico son recibidas en una superficie (entrada/salida) de extremo angulado del prisma de Dove y son refractadas hacia la superficie 29 de base trapezoidal más larga del prisma donde

son reflejadas internamente en su totalidad a la segunda superficie (entrada/salida) de extremo angulado opuesto del prisma con lo cual son refractadas cuando salen del prisma a lo largo de una dirección paralela al eje óptico. La superficie de base más larga del prisma de Dove en plano y paralela al eje óptico del prisma. Cada una de las dos superficies de extremo anguladas del prisma de Dove está expuesta completamente por, y es accesible ópticamente a través de un extremo respectivo del agujero pasante del alojamiento de prisma.

Un extremo del alojamiento de prisma está acoplado mecánicamente a una primera unidad 9 de colimador que contiene una agrupación de cuatro extremos 30 terminales de fibra óptica mantenidos en agrupación paralela unos al lado de los otros dentro de los cuatro orificios 31 de alojamiento de fibra óptica respectivos paralelos cada uno alojando un extremo de una respectiva de las cuatro fibras ópticas conectadas a los cuatro moduladores ópticos MZ. El eje de cada orificio de alojamiento de fibra óptica es paralelo al eje óptico del prisma de Dove, y cada orificio de alojamiento de fibra termina con una abertura que coloca un extremo terminal 32 de la fibra óptica en ella a la vista de una superficie (entrada/salida) de extremo angulada del prisma de Dove, a través de una lente 33 de colimación convergente alojada dentro del orificio de alojamiento de fibra respectivo entre el extremo terminal de la fibra alojada y el extremo terminal del orificio de alojamiento de fibra. Cada lente de colimación está dispuesta para colimar una señal óptica emitida desde la fibra óptica dentro del orificio de alojamiento de fibra a un haz óptico colimado paralelo al eje óptico del prisma de Dove, y también para recibir una señal óptica colimada desde el prisma de Dove y dirigirla hacia la fibra óptica dentro del orificio de alojamiento de fibra, cuando se transmiten señales en la dirección opuesta. En cada una de la primera y segunda unidades de colimador, orificios de alojamiento de fibra óptica adicionales alojan fibras ópticas adicionales y lentes de colimación, pero no se han mostrado en la vista en sección transversal de la fig. 2. Por ejemplo, un quinto orificio de alojamiento de fibra óptica aloja una quinta fibra óptica y una quinta lente de colimación, en cada una de la primera y segunda unidades de colimador, que están en comunicación óptica a través del prisma de Dove y sirven como un canal de transferencia óptica para señales (17) de control de transmisor enviadas a las unidades (4) de transmisor. Además, se pueden proporcionar tales pares o fibras que se comunican ópticamente mediante las unidades de colimación en cualquier patrón dentro de ambas unidades de colimador – compartido por todas.

El otro extremo del alojamiento de prisma está acoplado mecánicamente a una segunda unidad 12 de colimador que contiene una agrupación de cuatro extremos 34 terminales de fibra óptica sustancialmente idénticos a los de la primera unidad de colimador. Las cuatro fibras ópticas están acopladas a la segunda unidad de colimador con sus extremos terminales mantenidos en agrupación paralela unos al lado de los otros dentro de los cuatro orificios 36 de alojamiento de fibra óptica respectivos paralelos. El eje de cada orificio de alojamiento de fibra es paralelo al eje óptico del prisma de Dove, y cada orificio de alojamiento de fibra termina con una abertura que coloca un extremo terminal del extremo de fibra óptica en ella a la vista de la otra de las superficies (entrada/salida) de extremo angulado del prisma de Dove, a través de una lente 37 de colimación convergente alojada dentro del orificio de alojamiento de fibra respectivo entre el extremo terminal de la fibra alojada y el extremo terminal del orificio de alojamiento de fibra. Cada lente de colimación está dispuesta para recibir una señal óptica colimada transmitida desde la primera unidad de colimador a través del prisma de Dove y dirigirla hacia la fibra óptica dentro de un orificio de alojamiento de fibra de la segunda unidad de colimador. Por el contrario, cada lente de colimación puede colimar una señal óptica emitida desde la fibra óptica dentro del orificio de alojamiento de fibra de la segunda unidad de colimador, a un haz óptico colimado paralelo al eje óptico del prisma de Dove para su transmisión a una fibra óptica dentro de la primera unidad de colimación, cuando se transmiten señales ópticas en la dirección opuesta.

La primera unidad de colimador está acoplada giratoriamente a la unidad de prisma para poder girar alrededor del eje óptico 26 del prisma de Dove a una velocidad angular de rotación ( $\omega$ ) seleccionada que corresponde a la velocidad de rotación de la agrupación de antenas a la que la primera unidad de colimador está acoplada de forma fija. La unidad de prisma está acoplada a la primera unidad de colimador para girar a la mitad de la velocidad angular de rotación ( $\omega/2$ ) de la primera unidad de colimador. Este acoplamiento es a través de un elemento de reducción u otro mecanismo de engranaje de cambio de velocidad (no mostrado) para transmitir la rotación de la primera unidad de colimador a la unidad de prisma a una mitad de velocidad angular de la velocidad angular de la primera unidad de colimador. De este modo, la potencia mecánica con la que se hace girar la agrupación de antenas giratorias del aparato de radar es transferida a la unidad de prisma a la velocidad reducida, apropiada a través de la primera unidad de colimado para accionar la rotación del prisma de Dove a la velocidad apropiada. La unidad de prisma está acoplada giratoriamente a la segunda unidad de colimador no giratoria para poder girar alrededor del eje óptico del prisma de Dove 26 a la velocidad angular de rotación ( $\omega/2$ ) seleccionada.

Cada fibra óptica 30 dentro de la primera unidad de colimador está acoplada ópticamente, y emparejada, a la misma fibra óptica 38 en la segunda unidad de colimador, a través del prisma de Dove. Cuando el prisma de Dove es hecho girar alrededor de su eje óptico, la posición de una fibra óptica dentro de la primera unidad de colimador gira con relación a la posición de la fibra óptica (emparejada) correspondiente de la segunda unidad de colimador, al doble de la velocidad de rotación relativa del prisma. Sin embargo, el acoplamiento óptico entre las dos fibras ópticas emparejadas, proporcionado por el prisma de Dove, permanece sin cambios en todos los ángulos de rotación del prisma. Esto se ha ilustrado con dos rayos ópticos en la fig.2 en una posición angular.

De este modo, las señales ópticas pueden ser transmitidas a través de la junta giratoria óptica.

Las señales ópticas transmitidas son señales ópticas analógicas moduladas con una señal de RF generada por las unidades de receptor de antena ilustradas en la fig. 3A. Como se tratado anteriormente, un modulador Mach-Zehnder

(MZ) proporciona el mecanismo por el que una señal portadora óptica de entrada puede ser modulada con la señal de radar de RF. En esta realización, el modulador óptico es un interferómetro, creado formando una guía de onda óptica en un sustrato adecuado tal como Niobato de Litio (LiNbO<sub>3</sub>) o Arseniuro de Galio (GaAs) o Fosfuro de Indio (InP).

5 Una guía de onda 40 óptica del modulador MZ es dividida en dos ramificaciones, 40A y 40B, antes de ser combinada de nuevo en un acoplador óptico 41. Una señal portadora óptica en la forma de un haz de luz procedente de una fuente 7 de láser entra en un lado del modulador como está indicado por una flecha en el lado izquierdo de la fig. 3A, y saca el modulador en el lado opuesto, es decir, en el lado derecho de la fig. 3A, habiendo pasado a través de las dos ramificaciones 40A, 40B, de la guía de onda.

10 Una de las ramificaciones 40A de guía de onda incluye una asimetría 42 que funciona para introducir una diferencia de fase entre la luz que se desplaza hacia ramificaciones respectivas de la guía de onda. Se elige la diferencia de fase para que sea de 90 grados en la longitud de onda de funcionamiento, que está típicamente en la región de 1300 o 1550 nanómetros. Esto induce una polarización de cuadratura donde la potencia de salida óptica es nominalmente el 50% de su valor máximo.

15 El Niobato de Litio (en común con otros materiales similares tal como GaAs o InP) es un material similar al vidrio con una estructura de cristal que exhibe un efecto electro-óptico por el que el índice de refracción de la estructura de cristal cambia cuando se aplica una tensión al mismo. En particular, la dirección del campo eléctrico inducida por la tensión aplicada provoca un aumento o disminución en el índice de refracción. Un índice de refracción aumentado actúa para ralentizar el desplazamiento de la luz a través del cristal, y un índice de refracción disminuido actúa para aumentar la velocidad de desplazamiento de la luz a través del cristal.

20 Como se ha mostrado en la fig. 3A, se ha proporcionado un electrodo de modulación 43 entre las ramificaciones de la guía de onda. Cuando el electrodo de modulación es activado por una señal aplicada (por ejemplo, una señal de radiofrecuencia), se establecen campos eléctricos positivos y negativos entre el electrodo de modulación y, respectivamente, un primer 44 y segundo 45 planos de tierra. El electrodo de modulación es diseñado como una línea de transmisión de modo que la señal de modulación se desplaza con la señal portadora óptica a través del modulador MZ, permitiendo conseguir de este modo altas frecuencias de modulación.

25 Los campos eléctricos positivos y negativos provocan que el índice de refracción de las dos ramificaciones de la guía de onda cambie. Un campo positivo provoca un aumento en el índice de refracción para una ramificación, y un campo negativo provoca una disminución en el índice de refracción para la otra ramificación, y las diferentes velocidades de propagación resultantes de la señal portadora óptica a través de las cuales cada ramificación provoca un cambio de fase en las señales emitidas al combinador óptico 46. Este cambio de fase provoca que el nivel de potencia de emisión de luz procedente del combinador óptico cambie. En efecto, cuando los campos eléctricos experimentados por cada ramificación varían con la señal de RF aplicada al electrodo de modulación, así la diferencia de fase entre la luz que pasa a través de las dos ramificaciones cambia y el nivel de potencia de emisión de la señal óptica emitida desde el combinador varía en consecuencia. El efecto neto de esto es que la señal portadora óptica de entrada es modulada con la señal de RF aplicada al electrodo de modulación.

30 La fig. 3B es una ilustración esquemática (no a escala) que muestra la función de transferencia del modulador MZ. Esta característica de transferencia del modulador MZ es aproximadamente sinusoidal. La modulación más lineal tiende a ser conseguida en y alrededor del punto de cuadratura (también conocido simplemente como "cuadratura"). El punto de cuadratura es el punto donde hay una relación de fase de 90 grados entre la luz que se desplaza a través de las ramificaciones respectivas de la guía de onda del modulador MZ. La función de transferencia es una función de repetición, y como tal hay muchos puntos de cuadratura a diferentes tensiones de polarización, pero todos con la misma potencia de salida. Indicado en la fig. 3B por el signo de referencia "Cuad" hay un primer punto de cuadratura. En este primer punto de cuadratura "Cuad" la potencia de salida está aumentando con la tensión de polarización, y por lo tanto este punto de cuadratura "Cuad" es referido como un punto de polarización de cuadratura de pendiente positiva. Otros puntos de cuadratura (por ejemplo, mostrados como "x" e "y" en la fig. 3B) tienen lugar en ambos lados de "Cuad" donde la potencia de salida está disminuyendo con la tensión de polarización. Estos puntos de cuadratura son referidos cada uno como puntos de polarización de cuadratura de pendiente negativa.

35 En la práctica, rara vez se consigue el desplazamiento de fase de 90 grados preferido. Para compensar esto, el modulador MZ de acuerdo con realizaciones preferidas de la invención incluye un componente 47 que se puede polarizar, como se ha mostrado en la fig. 3A. Una tensión de polarización de CC es aplicada al componente que se puede polarizar para devolver el modulador MZ a o cerca de uno de los puntos de cuadratura anteriormente mencionados. En la disposición representada en la fig. 3A, el componente que se puede polarizar comprende un electrodo de polarización discreto (esto es meramente ilustrativo ya que los expertos en la técnica conocen una serie de disposiciones alternativas). Por ejemplo, una tensión de polarización puede ser aplicada directamente al electrodo de modulación por medio de una denominada polarización en forma de T. En tal disposición, la polarización de CC puede estar acoplada al electrodo a través de un inductor, y la señal aplicada (señal de RF) se acoplaría al electrodo a través del condensador.

El punto de polarización, es decir la tensión que se necesita aplicar al componente que se puede polarizar para devolver el modulador MZ a o cerca del punto de cuadratura, se ha encontrado que tiene una tendencia a desplazarse a lo largo

del tiempo. Por ejemplo, las denominadas cargas atrapadas (por ejemplo, que existen en las regiones entre electrodos, por ejemplo, en una capa amortiguadora de dióxido de silicio en la superficie del dispositivo) y variaciones de temperatura pueden causar cada una que el punto de polarización se desplace a una velocidad de cualquiera desde unos pocos milivoltios por hora a varios voltios por hora. Como tal es preferible proporcionar un control de polarización dinámica para permitir mantener la linealidad del modulador durante un período de tiempo prolongado.

En el campo analógico, se ha encontrado que es importante permitir una transmisión óptica analógica precisa de señales de RF.

Una unidad 48 de control de polarización está dispuesta con los elementos de antena giratoria para aplicar un método para controlar una tensión de polarización suministrada a cada modulador óptico, de forma separada. Cada modulador MZ comprende un componente 47 que se puede polarizar que se puede configurar para ser cargado elásticamente mediante la aplicación de la tensión 49 de polarización de tal manera que el modulador funcione en cuadratura. El controlador de polarización está dispuesto para proporcionar un objetivo para la potencia óptica de salida del modulador MZ que es una potencia de salida que corresponde al modulador que funciona en cuadratura. La unidad de control de polarización aplica al componente que se puede polarizar una tensión de polarización que tiene un valor inicial de 0V, y a partir de ahí, varía la tensión de polarización hasta que el valor de la tensión de polarización es el valor que está más cerca del valor inicial y que polariza el componente que se puede polarizar de modo que la potencia óptica de salida del modulador esté dentro de un intervalo predefinido de la potencia de salida objetivo.

La unidad de control de polarización vigila la potencia óptica de salida del modulador MZ y, si se determina que la potencia de salida del modulador está fuera del intervalo predefinido de la potencia de salida objetivo, varía adicionalmente el valor de la tensión de polarización para que la potencia óptica de salida vuelva a estar dentro del intervalo predefinido de la potencia de salida objetivo.

Esta operación de variar adicionalmente el valor de la tensión de polarización puede incluir comparar la potencia óptica de salida del modulador con la potencia óptica de salida objetivo para determinar si la potencia óptica de salida del modulador MZ es o bien mayor o bien menor que el intervalo predefinido de la potencia de salida objetivo. La unidad de control de polarización puede determinar una dirección de una pendiente de la potencia óptica de salida del modulador con relación a (como una función de) la tensión de polarización aplicada, y dependiendo de la dirección de pendiente determinada y si la potencia de salida del modulador es o bien mayor o bien menor que el intervalo predefinido de la potencia de salida objetivo, o bien aumenta o bien disminuye la tensión de polarización mediante una cantidad predeterminada (por ejemplo, en operaciones de entre 75 mV y 150 mV, por ejemplo 125 mV).

El tamaño de la cantidad predeterminada por el que la tensión de polarización es o bien aumentado o bien disminuido puede ser seleccionado o depender de cuánto tiempo ha estado funcionando el modulador en cuadratura.

La operación de variar la tensión de polarización puede comprender comparar la potencia de salida del modulador con la potencia de salida objetivo para detectar cuando la potencia de salida del modulador está dentro del intervalo predefinido de la potencia de salida objetivo (por ejemplo, dentro del 5%, o preferiblemente del 2%, o más preferiblemente del 1%) o si la potencia de salida del modulador es sustancialmente igual a la potencia de salida objetivo.

La operación de variar la tensión de polarización puede incluir comenzar en el valor inicial, y luego extender la tensión de polarización en un patrón de zigzag (temporal) con una amplitud que aumenta gradualmente. Es decir, por ejemplo, aplicando tensiones de polarización sucesivas de signo opuesto y opcionalmente de magnitud creciente. Este puede ser un patrón asimétrico por el que los valores de polarización positiva de tensión de polarización dentro del patrón tienen magnitudes que no son repetidas en la magnitud de valores negativos. La variación de la tensión de polarización es realizada preferiblemente de tal manera que la tensión de polarización es confinada para estar dentro del intervalo de tensión de polarización predefinido.

La fig. 4 es una ilustración esquemática (no a escala) de un ejemplo de un controlador de polarización como se ha implementado en cada línea de transmisión 8 de señal de RF de las cuatro unidades de receptor de la antena de la fig. 1.

El controlador 48 de polarización está acoplado al modulador MZ 6 que es accionado por un láser 7 de onda continua operable para proporcionar una señal portadora óptica con la que se ha de modular una señal de RF procedente de la unidad de transmisor/receptor. En este ejemplo, el modulador incluye un electrodo 47 de polarización separado como se ha mostrado en la fig. 3A, sin embargo, son posibles otras disposiciones.

El controlador de polarización comprende un fotodiodo (no mostrado) que está acoplado a la salida del modulador por medio de un acoplador 50 de punto de acceso de tráfico óptico. El acoplador de punto de acceso de tráfico óptico es operable para vigilar la emisión de señal óptica del modulador MZ y dejar pasar aproximadamente del 1 al 5% de esa emisión al fotodiodo. El fotodiodo es polarizado a la inversa. La luz que incide sobre el fotodiodo es convertida en corriente, proporcional a la luz incidente, que es hecha pasar a través de una resistencia (no mostrada). La resistencia convierte la corriente pasada a la resistencia en una tensión. La tensión caída a través de la resistencia es comparada con una tensión objetivo, que es una tensión que es indicativa de una potencia óptica objetivo para el modulador para cuadratura. Esto es realizado para determinar si la tensión de referencia (es decir, la tensión suministrada por la resistencia) es demasiado alta, demasiado baja, o aceptable con relación a la tensión objetivo. La terminología "aceptable" puede, por ejemplo, se utilizada para referirse a tensiones de referencia dentro del 1% de la tensión objetivo.



- 5 La terminología “demasiado alta” puede, por ejemplo, ser utilizada para referirse a tensiones de referencia que son mayores o iguales a la tensión objetivo más el 1%. La terminología “demasiado baja” puede, por ejemplo, ser utilizada para referirse a tensiones de referencia que son menores o iguales a la tensión objetivo menos el 1%. La unidad de control de polarización varía, como se ha descrito anteriormente, (o mantiene) la tensión de polarización aplicada al modulador MZ en consecuencia.
- El sistema de antena puede comprender muchos más líneas/canales de transmisión de señal de RF que los cuatro mostrados en las figs. 1 y 2, y puede comprender al menos de 20 a 30 moduladores ópticos y de 20 a 30 convertidores opto-eléctricos, con la junta giratoria óptica que comprende primera y segunda unidades de colimador que tienen unos 20 a 30 orificios de colimación correspondientes acoplados ópticamente a través del prisma de Dove.
- 10 Las realizaciones descritas anteriormente son presentadas con fines ilustrativos y se ha de comprender que sus variaciones, modificaciones y equivalentes como sería evidente para los expertos están comprendidas dentro del marco de la invención.

## REIVINDICACIONES

1. Un aparato de transmisión de señal óptica para una antena giratoria que comprende:

una pluralidad de moduladores ópticos (6) dispuestos para recibir una pluralidad respectiva de señales de RF analógicas y para modular una pluralidad respectiva de señales ópticas con ellas para producir una pluralidad de señales ópticas analógicas moduladas;

una pluralidad de convertidores (14) opto-eléctricos para convertir dicha señal óptica analógica modulada respectiva en una señal eléctrica analógica;

en donde la pluralidad de moduladores ópticos (6) están acoplados giratoriamente en comunicación óptica con la pluralidad de convertidores (14) opto-eléctricos a través de una junta giratoria (10) óptica;

caracterizado por que:

la junta giratoria (10) óptica incluye un prisma de reversión (22) que está acoplado giratoriamente a la pluralidad de moduladores ópticos (6) y a la pluralidad de convertidores (14) opto-eléctricos para que pueda girar con relación a ambas a una velocidad angular de rotación que es sustancialmente la mitad de la velocidad angular de rotación a la que la pluralidad de moduladores ópticos pueden girar simultáneamente con relación a la pluralidad de convertidores opto-eléctricos.

2. Un aparato de transmisión de señal óptica según cualquier reivindicación precedente en el que un llamado modulador óptico (6) incluye un láser (7) para generar una señal portadora óptica y un modulador Mach-Zehnder (MZ) dispuesto para modular la señal portadora de acuerdo con la señal de RF analógica.

3. Un aparato de transmisión de señal óptica según la reivindicación 2 en el que el modulador MZ incluye un componente (47) que se puede polarizar siendo configurable para ser polarizado por la aplicación de una tensión (49) de polarización de tal manera que el modulador funciona en cuadratura.

4. Un aparato de transmisión de señal óptica según la reivindicación 3 que incluye un medio (48) de control de polarización dispuesto para variar la tensión (49) de polarización aplicada al componente (47) que se puede polarizar hasta que el valor de la tensión de polarización sea el valor más cercano a la tensión de polarización a la que el modulador funciona en cuadratura.

5. Un aparato de transmisión de señal óptica según cualquier reivindicación precedente que comprende una primera unidad (9) de colimador óptico dispuesta para recibir y para colimar dicha pluralidad de señales ópticas analógicas moduladas para su entrada al prisma de reversión, y una segunda unidad (12) de colimador óptico dispuesta para recibir y para colimar dicha pluralidad de señales ópticas analógicas moduladas emitidas desde el prisma de reversión, en donde la primera y segunda unidades de colimador comparten ejes de colimación sustancialmente paralelos.

6. Un aparato de transmisión de señal óptica según cualquier reivindicación precedente que comprende al menos 20 de dichos moduladores ópticos y 20 de dichos convertidores opto-eléctricos.

7. Un método de transmisión de señal óptica para una antena giratoria que comprende:

recibir una pluralidad de señales de RF analógicas en una pluralidad respectiva de moduladores ópticos (6) y modular una pluralidad respectiva de señales ópticas con ellas para producir una pluralidad de señales ópticas analógicas moduladas;

transmitir ópticamente la pluralidad de señales ópticas analógicas moduladas a una pluralidad de convertidores (14) opto-eléctricos a través de una junta giratoria óptica;

desmodular cada una de dichas señales ópticas analógicas moduladas en una señal eléctrica analógica respectiva utilizando dicha pluralidad de convertidores opto-eléctricos;

caracterizado por que:

la junta giratoria óptica incluye un prisma de reversión (22) y el método comprende incluir hacer girar la pluralidad de moduladores ópticos (6) con relación a la pluralidad de convertidores (14) opto-eléctricos a una velocidad angular de rotación, y en hacer girar simultáneamente el prisma de reversión con relación a la pluralidad de moduladores ópticos y la pluralidad de convertidores opto-eléctricos sustancialmente a la mitad de dicha velocidad angular de rotación.

8. Un método según la reivindicación 7 en el que dicho modulador óptico incluye un láser (7) para generar una señal portadora óptica y un modulador Mach-Zehnder (MZ), y el método incluye modular la señal portadora de acuerdo con la señal de RF analógica.

9. Un método según la reivindicación 8 en el que el modulador MZ incluye un componente (47) que se puede polarizar, y

el método incluye la polarización del componente (47) que se puede polarizar por la aplicación de una tensión (49) de polarización de tal manera que el modulador funcione en cuadratura.

5 10. Un método según la reivindicación 9 que incluye variar la tensión (49) de polarización aplicada al componente (47) que se puede polarizar hasta que el valor de la tensión de polarización sea el valor más cercano a la tensión de polarización a la que el modulador funciona en cuadratura.

10 11. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10 que comprende colimar dicha pluralidad de señales ópticas analógicas moduladas de acuerdo con un primer eje de colimación, introducir la pluralidad colimada de señales ópticas analógicas moduladas al prisma de reversión (22), y recibir y colimar dicha pluralidad de señales ópticas analógicas moduladas emitidas desde el prisma de reversión de acuerdo con un segundo eje de colimación sustancialmente paralelo al primer eje de colimación.

12. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11 que incluye recibir, modular ópticamente, transmitir ópticamente y desmodular posteriormente al menos 20 de dichas señales de RF analógicas de manera simultánea.

15 13. Un programa informático o una pluralidad de programas informáticos dispuestos de tal manera que cuando son ejecutados por un sistema informático él/ellos hacen que el sistema informático funcione para controlar un aparato de transmisión de señal óptica de acuerdo con el método de cualquiera de las reivindicaciones 7 a 12, o un medio de almacenamiento legible por ordenador que almacena dicho programa informático o al menos uno de dicha pluralidad de programas informáticos.

Fig. 1

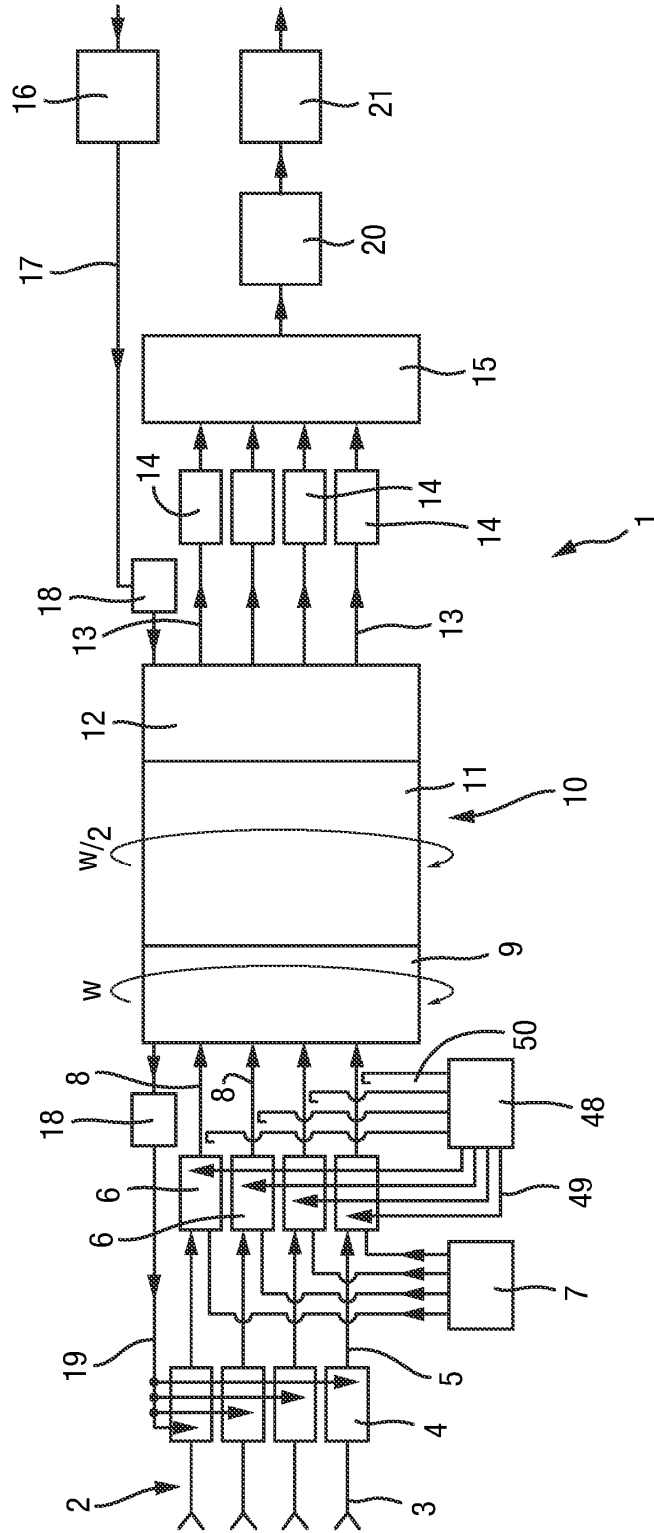


Fig. 2

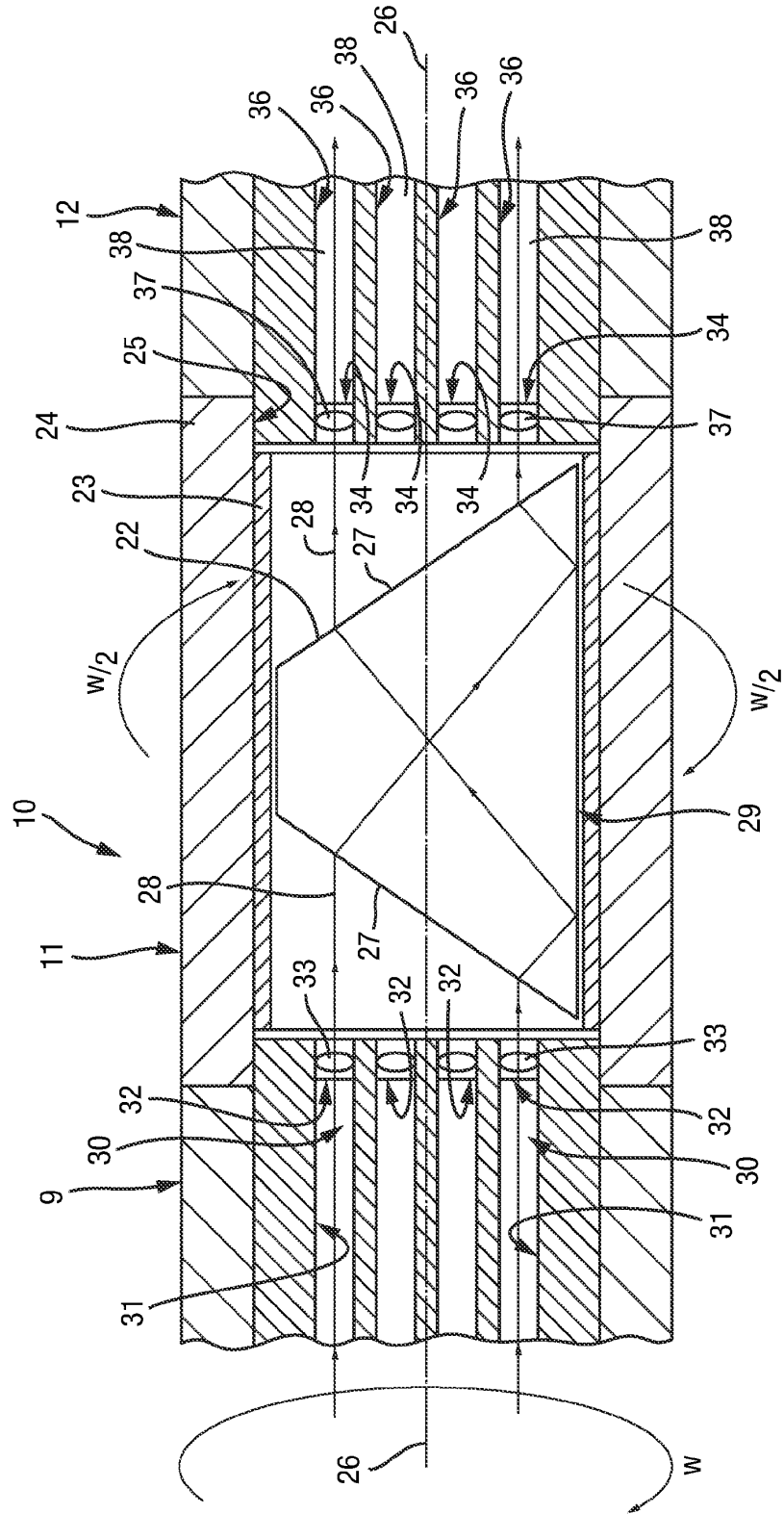


Fig. 3A

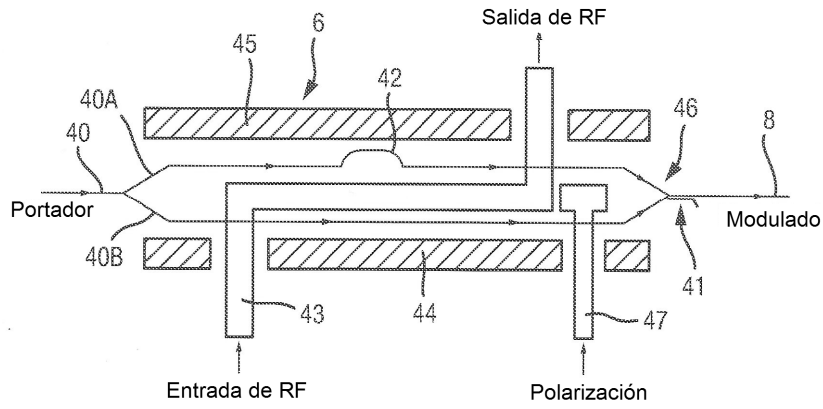


Fig. 3B

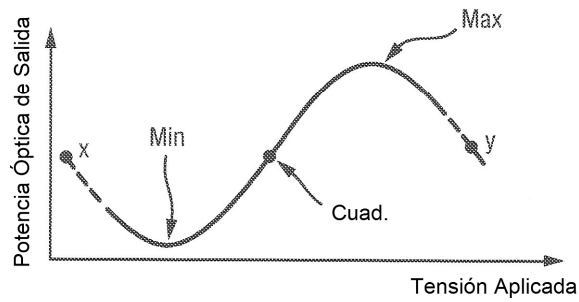


Fig. 4

