

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 573 837**

51 Int. Cl.:

**G02F 1/01** (2006.01)

**G02F 1/225** (2006.01)

**H04B 10/50** (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.04.2013 E 13720510 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.04.2016 EP 2845049**

54 Título: **Control de tensiones de polarización para moduladores ópticos**

30 Prioridad:

**02.05.2012 GB 201207689**

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

**10.06.2016**

73 Titular/es:

**BAE SYSTEMS PLC (100.0%)  
6 Carlton Gardens  
London SW1Y 5AD, GB**

72 Inventor/es:

**SMITH, ANDREW JAMES y  
NAWAZ, MOHAMMED**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 573 837 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**

Control de tensiones de polarización para moduladores ópticos

Descripción

SECTOR TÉCNICO DE LA INVENCIÓN

5 La presente invención se refiere al control de las tensiones de polarización suministradas a moduladores ópticos.

ANTECEDENTES

Es conocida la utilización de controladores de polarización y moduladores (por ejemplo, Mach-Zehnder (MZ)) en los sistemas de comunicaciones. Los controladores y los moduladores pueden ser utilizados para modular una señal portadora óptica de entrada con una señal de comunicaciones de radiofrecuencia (RF).

10 La figura 1 es una ilustración esquemática (no a escala) de un modulador MZ 1.

El modulador MZ 1 proporciona un mecanismo mediante el cual una señal portadora óptica de entrada puede ser modulada con una señal de comunicaciones, por ejemplo con una señal de comunicaciones de RF. En este ejemplo, el modulador es en la práctica 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).

15 Una guía de onda 11 del modulador MZ 1 se divide en dos bifurcaciones 11a, 11b antes de recombinarse en un acoplador óptico 13. Una señal portadora óptica en forma de un haz de luz entra por un lado del modulador 1 (tal como se indica por la flecha en el lado izquierdo de la figura 1) y sale del modulador 1 por el lado opuesto (es decir, en el lado derecho de la figura 1) habiendo pasado a través de ambas bifurcaciones 11a, 11b de la guía de onda 11.

20 Una de las bifurcaciones 11a de la guía de onda incluye una asimetría 15 que sirve para introducir una diferencia de fase entre la luz que recorre las respectivas bifurcaciones 11a, 11b de la guía de onda 11. La diferencia de fase se elige para ser de aproximadamente 90 grados en la longitud de onda de funcionamiento, que está habitualmente en la zona de 1300 ó 1550 nanómetros. Esto induce una polarización en cuadratura cuando la salida óptica está nominalmente al 50% de su máximo.

25 El niobato de litio (en común con otros materiales similares, tales como GaAs o InP) es un material de tipo vidrio con una estructura cristalina que presenta un efecto electroóptico mediante el cual el índice de refracción de la estructura de cristal cambia cuando se aplica una tensión a la misma. En particular, la dirección del campo eléctrico inducido por la tensión aplicada provoca un aumento o una disminución en el índice de refracción. Un índice de refracción mayor actúa de manera que ralentiza el desplazamiento de la luz a través del cristal, y un índice de refracción menor actúa de manera que aumenta la velocidad de la luz que se desplaza a través del cristal. En los moduladores MZ, el material de niobato de litio está dispuesto normalmente de manera que tiene una orientación del cristal corte X, propagación Y con respecto a la señal óptica de entrada, y en este contexto un campo eléctrico aplicado en la dirección X (positiva o negativa) provoca un cambio en el índice de refracción del material que afecta a la velocidad de la luz que pasa a lo largo del eje Y.

35 Tal como se muestra en la figura 1, está dispuesto un electrodo de modulación 7 entre las bifurcaciones 11a, 11b de la guía de onda 11. Cuando el electrodo de modulación 7 es excitado mediante una señal aplicada (por ejemplo, una señal de comunicaciones de radiofrecuencia o digital), se establecen campos eléctricos positivos y negativos entre el electrodo de modulación 7 y, respectivamente, un primer 3 y un segundo 5 planos de masa. El electrodo de modulación 7 está diseñado como una línea de transmisión, de tal modo que la señal de modulación se desplaza con la señal portadora óptica a través del modulador MZ 1, permitiendo conseguir de ese modo altas frecuencias de modulación.

40 Los campos eléctricos positivo y negativo hacen que cambie el índice de refracción de las dos bifurcaciones 11a, 11b de la guía de onda 11 (el campo positivo provoca un aumento en el índice de refracción para la bifurcación 11a, y el campo negativo provoca una disminución en el índice de refracción para la bifurcación 11b), y las diferentes velocidades de propagación resultantes de la señal portadora óptica a través de cada bifurcación provocan un cambio en la fase de las señales emitidas al combinador óptico 13, cambio de fase que hace que cambie el nivel de salida de la luz procedente del combinador óptico 13. En efecto, dado que los campos eléctricos experimentados por cada bifurcación varían con la señal de comunicaciones aplicada al electrodo de modulación 7, cambia por lo tanto la diferencia de fase entre la luz que pasa a través de las dos bifurcaciones, y varía en consecuencia el nivel de salida de la señal óptica emitida desde el combinador 13. El efecto neto de esto es que en la señal portadora óptica de entrada está modulada con la señal de comunicaciones aplicada al electrodo de modulación 7.

55 La figura 2 es una ilustración esquemática (no a escala) que muestra una función de transferencia del modulador. Esta característica de transferencia del modulador MZ 1 es aproximadamente sinusoidal. La modulación más lineal tiende a conseguirse en, y en torno al punto de cuadratura (conocido asimismo simplemente como "cuadratura"). El punto de cuadratura es el punto en el que hay una relación de fases de 90 grados entre la luz que viaja a través de las respectivas bifurcaciones 11a, 11b de la guía de onda 11. La función de transferencia es una función de

repetición, y como tal existen muchos puntos de cuadratura a diferentes tensiones de polarización pero todos con la misma salida de potencia. En la figura 2 se indica mediante el signo de referencia A un primer punto de cuadratura. En este primer punto de cuadratura A la potencia de salida aumenta con la tensión de polarización, y por lo tanto este punto de cuadratura A se denomina un punto de polarización de cuadratura de pendiente positiva. En la figura 2 se indican mediante los signos de referencia B y C otros dos puntos de cuadratura B y C en los que la potencia de salida disminuye con la tensión de polarización. Cada uno de estos puntos de cuadratura B, C se denominan puntos de polarización de cuadratura de pendiente negativa.

En la práctica, el desplazamiento de fase preferido de 90 grados se consigue rara vez, o quizá nunca. Para compensar esto, es habitual incluir un componente polarizable 9, y aplicar una tensión de polarización de CC al componente polarizable 9, para devolver el modulador MZ 1 a uno de los puntos de cuadratura mencionados anteriormente, o cerca del mismo. En la disposición representada en la figura 1, el componente polarizable 9 comprende un electrodo de polarización discreto (esto es tan sólo ilustrativo puesto que los expertos en la materia conocen diversas disposiciones alternativas). Por ejemplo, se puede aplicar directamente una tensión de polarización al electrodo de modulación 7 por medio de una denominada "T" de polarización. En dicha disposición, la polarización de CC se acopla al electrodo por medio de un inductor, y la señal aplicada (por ejemplo una señal de comunicaciones de RF) se acopla al electrodo por medio de un condensador.

Un problema con esta disposición es que el punto de polarización, es decir la tensión que es necesario aplicar al componente polarizable 9 para devolver el modulador MZ 1 al punto de cuadratura o cerca del mismo, se desplaza con el tiempo. Por ejemplo, las denominadas cargas atrapadas (por ejemplo, las que hay en las zonas entre electrodos, por ejemplo en una capa intermedia de dióxido de silicio en la superficie del dispositivo) y las variaciones de temperatura pueden, cada una, hacer que el punto de polarización se desplace a cualquier velocidad desde unos pocos milivoltios por hora hasta varios voltios por hora. Por lo tanto, convencionalmente tiende a no ser posible proporcionar un sistema en el que no sea necesario modificar la tensión de polarización, una vez establecida. Por ello, es habitual proporcionar alguna clase de control dinámico de polarización para permitir que se mantenga la linealidad del modulador sobre un periodo de tiempo extendido.

En el dominio analógico, el control dinámico de la polarización se ha conseguido anteriormente aplicando un tono piloto (por ejemplo, un tono de 10 kHz para una señal de comunicaciones de interés multi-GHz) al electrodo de modulación, monitorizando la salida del modulador y ajustando la tensión de polarización en base a dicha salida. Por ejemplo, dado que el segundo armónico del tono piloto tiende normalmente a ser mínimo en el punto de cuadratura o en torno al mismo, un enfoque propuesto anteriormente monitoriza este segundo armónico y ajusta la tensión de polarización de CC aplicada para minimizar el segundo armónico. Se ha propuesto un enfoque similar para el dominio digital, pero en este caso la señal aplicada es habitualmente una señal oscilatoria de onda cuadrada, y la salida es monitorizada por un procesador de señal digital.

Si bien cada uno de estos enfoques permite proporcionar una clase del control dinámico de polarización, cada uno tiene desventajas asociadas. Por ejemplo, la aplicación de un tono piloto da lugar necesariamente a productos de modulación (por ejemplo, bandas laterales) que limitan el rendimiento del sistema, y para enlaces ópticos de alta fidelidad esta reducción del rendimiento es inaceptable. En los enlaces de muy alta velocidad (por ejemplo, enlaces digitales con velocidades de hasta 100 Gbit/s y enlaces analógicos con frecuencias de hasta 60 GHz), la aplicación de una oscilación puede afectar negativamente a la velocidad de datos alcanzable y a la longitud de enlace alcanzable. Otro inconveniente particularmente común en casos en los que se requieren múltiples canales, por ejemplo en un sistema de antenas de elementos en fase, es que dado que cada modulador es diferente es necesario replicar íntegramente el hardware de control de polarización para todos y cada uno de los moduladores. Esto aumenta el volumen, la complejidad y el coste del sistema.

El documento WO 2008/059198 da a conocer un controlador de polarización para un modulador óptico. El modulador incluye un electrodo de polarización que puede funcionar, cuando está polarizado adecuadamente mediante una tensión de polarización aplicada, para configurar el modulador con el fin de que funcione en cuadratura. El controlador de polarización comprende medios para generar señales de potencia indicativas de la potencia de salida óptica del modulador, y un procesador conectado operativamente a los medios de generación y al electrodo de polarización. El procesador está dispuesto para recibir las señales de potencia de los medios de generación y controlar la tensión de polarización aplicada al electrodo de polarización. El procesador está configurado para variar la tensión de polarización aplicada al electrodo de polarización y determinar (a partir de señales de potencia recibidas desde los medios de generación) una potencia de salida óptica máxima del modulador. El procesador está configurado además para determinar, dependiendo de la potencia óptica máxima, una potencia óptica objetivo para cuadratura haciendo referencia a un almacenamiento de valores predeterminados para la potencia de salida máxima y a respectivos valores correspondientes de potencia óptica objetivo para cuadratura.

Se describe un controlador de tensión de polarización similar para un aparato de modulación óptica en el documento EP-A-631169.

## RESUMEN DE LA INVENCION

En un primer aspecto, la presente invención da a conocer un procedimiento para controlar un modulador óptico, siendo el modulador configurable para ser polarizado mediante la aplicación de la tensión de polarización de tal modo que el modulador funcione en cuadratura, comprendiendo el procedimiento: recibir, mediante el modulador, una entrada óptica; emitir, mediante el modulador, una salida óptica que tiene una potencia de salida; proporcionar un objetivo para la potencia de salida, siendo el objetivo para la potencia de salida una potencia de salida correspondiente al modulador funcionando en cuadratura; aplicar, al modulador, una tensión de polarización que polariza el modulador de tal modo que la potencia de salida esté dentro de un intervalo predefinido de la potencia de salida objetivo; a continuación, detectar que una entrada óptica al modulador óptico ha sido desactivada; determinar un primer lapso de tiempo, siendo el primer lapso de tiempo un lapso de tiempo en el que, antes de que la entrada óptica al modulador óptico sea desactivada, la potencia de salida del modulador estaba dentro del intervalo predefinido de la potencia de salida objetivo; y mantener la tensión de polarización a su nivel actual durante un segundo lapso de tiempo, dependiendo el segundo lapso de tiempo del primer lapso de tiempo.

En otro aspecto, la presente invención da a conocer un procedimiento de control de una tensión de polarización suministrada a un modulador óptico, siendo el modulador configurable para ser polarizado mediante la aplicación de la tensión de polarización de tal modo que el modulador funcione en cuadratura, comprendiendo el procedimiento: proporcionar un objetivo para la potencia de salida del modulador, siendo el objetivo para la potencia de salida del modulador una potencia de salida correspondiente al modulador funcionando en cuadratura, aplicar, al modulador, una tensión de polarización que polariza el modulador de tal modo que la potencia de salida del modulador esté dentro de un intervalo predefinido de la potencia de salida objetivo, monitorizar la potencia de salida del modulador y, si se determina que la potencia de salida del modulador está fuera del intervalo predefinido de la potencia de salida objetivo, variar el valor de la tensión de polarización para devolver la potencia de salida del modulador al interior del intervalo predefinido de la potencia de salida objetivo, y monitorizar la entrada óptica al modulador y, si se determina que la entrada óptica al modulador óptico ha sido desactivada, mantener la tensión de polarización a su nivel actual durante un lapso de tiempo predeterminado, dependiendo el lapso de tiempo predeterminado del lapso de tiempo en el que el modulador ha estado funcionando en cuadratura.

La tensión de polarización puede estar confinada a estar dentro del intervalo predefinido de tensión de polarización.

El procedimiento puede comprender además, si la tensión de polarización está en un valor que es un extremo del intervalo predefinido de la tensión de polarización, restablecer la tensión de polarización para que sea igual a un valor inicial.

Antes de establecer la tensión de polarización para que sea igual a su valor inicial, el valor actual de la tensión de polarización se puede mantener durante un lapso de tiempo predeterminado.

Después de que la tensión de polarización se ha mantenido a su valor actual durante dicho lapso de tiempo predeterminado, la tensión de polarización se puede restablecer a su valor inicial.

El valor inicial puede ser de 0 V.

El lapso de tiempo predeterminado durante el cual se mantiene la tensión de polarización a su nivel actual puede ser cero si el lapso de tiempo en el que el modulador ha estado funcionando en cuadratura está por debajo de un valor umbral.

El procedimiento puede comprender además, si, para devolver la potencia de salida del modulador al interior del intervalo predefinido de la potencia de salida objetivo, la tensión de polarización se tiene que establecer a un valor que está fuera del intervalo predefinido de la tensión de polarización, enviar, para su utilización mediante un sistema anfitrión, un mensaje de estado.

El procedimiento puede comprender además, si la tensión de polarización está en un valor que está en un extremo del intervalo predefinido de la tensión de polarización, enviar, para su utilización mediante un sistema anfitrión, un mensaje de estado.

La etapa de variar el valor de la tensión de polarización para devolver la potencia de salida del modulador al interior del intervalo predefinido de la potencia de salida objetivo puede comprender: comparar la potencia de salida del modulador con la potencia de salida objetivo para determinar si la potencia de salida del modulador es mayor o menor que el intervalo predefinido de la potencia de salida objetivo, determinar la dirección de la pendiente de la potencia de salida del modulador con respecto a la tensión de polarización aplicada y, en función de la dirección de la pendiente determinada y de si la potencia de salida del modulador es mayor o menor que el intervalo predefinido de la potencia de salida objetivo, aumentar o reducir la tensión de polarización en una cantidad predeterminada.

El tamaño de la magnitud predeterminada que la tensión de polarización se puede aumentar o reducir depende de durante cuánto tiempo ha estado el modulador funcionando en cuadratura.

Comparar la potencia de salida del modulador con la potencia de salida objetivo se puede llevar a cabo utilizando un comparador de ventana, o utilizando un convertidor analógico a digital y medios de procesamiento digital.

Se puede considerar que la potencia de salida del modulador está dentro de un intervalo predefinido de la potencia de salida objetivo si la potencia de salida del modulador es sustancialmente igual a la potencia de salida objetivo.

La potencia de salida objetivo se puede proporcionar por medio de un potenciómetro o de un convertidor digital a analógico.

5 En un aspecto adicional, la presente invención da a conocer un procedimiento de control de una unidad de modulación para un sistema de comunicaciones ópticas, comprendiendo la unidad de modulación un láser para generar una señal portadora óptica, un modulador óptico para modular la señal portadora óptica, siendo configurable el modulador óptico para ser polarizado mediante la aplicación de una tensión de polarización de tal modo que el modulador óptico funcione en cuadratura, comprendiendo el procedimiento controlar la tensión de polarización  
10 suministrada al modulador óptico utilizando el procedimiento de cualquiera de los aspectos anteriores.

En otro aspecto, la presente invención da a conocer un aparato para controlar una tensión de polarización suministrada a un modulador óptico, siendo el modulador configurable para ser polarizado mediante la aplicación de la tensión de polarización de tal modo que el modulador funcione en cuadratura, comprendiendo el aparato uno o varios procesadores configurados para: aplicar, al modulador, una tensión de polarización que polariza el modulador  
15 de tal modo que la potencia de salida del modulador esté dentro de un intervalo predefinido de la potencia de salida objetivo, siendo la potencia de salida objetivo una potencia de salida correspondiente al modulador funcionando en cuadratura, monitorizar la potencia de salida del modulador y, si se determina que la potencia de salida del modulador está fuera del intervalo predefinido de la potencia de salida objetivo, variar el valor de la tensión de polarización para devolver la potencia de salida del modulador al interior del intervalo predefinido de la potencia de salida objetivo, y determinar si se ha desactivado una entrada óptica al modulador óptico, donde dichos uno o varios procesadores están configurados además para, si se determina que se ha desactivado una entrada óptica al modulador óptico, mantener la tensión de polarización a su nivel actual durante un lapso de tiempo predeterminado, dependiendo el lapso de tiempo predeterminado del lapso de tiempo en el que el modulador ha estado funcionando en cuadratura.

25 En otro aspecto, la presente invención da a conocer un aparato para controlar un modulador óptico, siendo el modulador configurable para ser polarizado mediante la aplicación de la tensión de polarización de tal modo que el modulador funcione en cuadratura, estando configurado el modulador para recibir una entrada óptica y emitir una salida óptica, teniendo la salida óptica una potencia de salida, comprendiendo el aparato: medios de aplicación de tensión configurados para aplicar, al modulador, una tensión de polarización que polariza el modulador de tal modo  
30 que la potencia de salida esté dentro de un intervalo predefinido de una potencia de salida objetivo, siendo el objetivo para la potencia de salida una potencia de salida correspondiente al modulador funcionando en cuadratura; medios de detección configurados para detectar que se ha desactivado una entrada óptica al modulador óptico; y uno o varios procesadores configurados para determinar un primer lapso de tiempo, siendo el primer lapso de tiempo un lapso de tiempo en el que, antes de que se haya desactivado la entrada óptica al modulador óptico, la potencia de salida del modulador ha estado dentro del intervalo predefinido de la potencia de salida objetivo; en el que el medio de aplicación de tensión está configurado además para, cuando la entrada óptica al modulador óptico está desactivada, mantener la tensión de polarización a su nivel actual durante un segundo lapso de tiempo, dependiendo el segundo lapso de tiempo del primer lapso de tiempo.

40 En otro aspecto, la presente invención da a conocer un programa informático o una serie de programas informáticos dispuestos de tal modo que, cuando son ejecutados por un sistema informático, hacen que el sistema informático funcione de acuerdo con el procedimiento de cualquiera de los aspectos anteriores.

En otro aspecto, la presente invención da a conocer un medio de almacenamiento legible a máquina, que almacena un programa informático o por lo menos uno de la serie de programas informáticos según el aspecto anterior.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

45 La figura 1 es una ilustración esquemática (no a escala) de un modulador MZ;  
la figura 2 es una ilustración esquemática (no a escala) de una función de transferencia del modulador;  
la figura 3 es una ilustración esquemática (no a escala) de una primera red de ejemplo, en la que está implementada una realización de un controlador de polarización;  
50 la figura 4 es una ilustración esquemática (no a escala) de una segunda red de ejemplo, en la que está implementado el controlador de polarización;  
la figura 5 es un diagrama de flujo de proceso que muestra ciertas etapas de una realización de un algoritmo de control;  
la figura 6 es una ilustración esquemática (no a escala) de un gráfico que muestra una búsqueda del punto de polarización;

la figura 7 es un diagrama de flujo de proceso, de un proceso de seguimiento o de persecución a modo de ejemplo;

la figura 8 es una ilustración esquemática (no a escala) de otro gráfico que muestra una búsqueda del punto de polarización; y

- 5 la figura 9 es un diagrama de flujo de proceso que muestra ciertas etapas de un proceso que puede ser realizado por el controlador de polarización si un láser es desactivado.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA

10 Se describirán a continuación realizaciones preferidas de la presente invención, haciendo referencia en particular a un controlador de polarización para un modulador. Dichos controladores y moduladores se utilizan habitualmente en sistemas de comunicaciones para modular una señal portadora óptica de entrada con una señal de comunicaciones de radiofrecuencia (RF). Aunque las explicaciones de la presente invención son muy útiles en sistemas de comunicaciones ópticas, es decir sistemas de comunicaciones en los que los nodos del sistema están conectados de manera óptica, los expertos en la materia apreciarán inmediatamente que las explicaciones de la invención se pueden aplicar de otro modo. Por consiguiente, la siguiente descripción ilustrativa no se deberá leer limitándose exclusivamente a sistemas de comunicaciones.

15 La figura 3 es una ilustración esquemática (no a escala) de una primera red de ejemplo 100 en la que está implementada una realización de un controlador de polarización 4.

20 En la primera red 100, el controlador de polarización 4 está acoplado a un modulador, por ejemplo a un modulador MZ del tipo representado en la figura 1. El modulador de la figura 3 es manejado por un láser de onda continua que puede funcionar para proporcionar una señal portadora óptica con la que se va a modular una señal de comunicaciones (tal como una señal de comunicaciones de RF). En el ejemplo, el modulador incluye un electrodo de polarización independiente, si bien son posibles otras disposiciones.

25 El controlador de polarización 4 comprende un fotodiodo 6 que está acoplado a la salida del modulador por medio de un acoplador de llave óptica 5. El acoplador de llave óptica 5 se puede hacer funcionar para monitorizar la salida de señal óptica del modulador y pasar aproximadamente del 1 al 5% de dicha salida al fotodiodo 6. El fotodiodo 6 y el acoplador 5 se pueden combinar en una única unidad (por ejemplo, la unidad puede comprender un espejo parcialmente reflectante y puede estar dispuesta de tal modo que la luz entre a la unidad por medio de una primera fibra y la mayor parte (por ejemplo, 95%) se refleje en otra fibra; siendo transmitida una proporción de dicha luz (por ejemplo, el 5%) por medio del espejo para incidir sobre el fotodiodo 6). Como alternativa, el fotodiodo 6 puede estar integrado en el modulador, es decir, en otras realizaciones, el controlador de polarización 4 no comprende un fotodiodo 6 el cual está, en cambio, integrado con el modulador. Un fotodiodo integrado puede estar dispuesto para capturar un campo evanescente de la guía de onda de salida, o alternativamente puede estar dispuesto para situarse frente al extremo del modulador con el fin de capturar la luz emitida desde un puerto de descarga del modulador. La utilización de un fotodiodo integrado tiende ventajosamente a minimizar las pérdidas de emisión. 30 Además, si el fotodiodo integrado está dispuesto para capturar la luz emitida desde un puerto de descarga del modulador, el fotodiodo tiende a estar expuesto a una entrada óptica muy alta. Por lo tanto, tiende a reducirse o eliminarse la necesidad de subsiguientes circuitos sensibles de detección.

40 El fotodiodo 6 está en polarización inversa. La luz incidente sobre el fotodiodo 6 se transforma en corriente, proporcional a dicha luz incidente. El fotodiodo 6 es un dispositivo de área relativamente grande, de ancho de banda reducido, que impide la detección del componente de radiofrecuencia (RF) de la señal modulada. Por lo tanto, el fotodiodo 6 tiende ventajosamente a devolver solamente el componente de corriente directa (CC) de la señal.

45 La salida del fotodiodo 6 está acoplada a una resistencia 8. La resistencia 8 transforma corriente (transferida a la resistencia 8 desde el fotodiodo 6) en tensión. La resistencia 8 tiende a proporcionar ventajosamente un medio muy simple y económico de transformar corriente en tensión. En otras realizaciones, dicha conversión se puede llevar a cabo por medios diferentes, por ejemplo un amplificador de transimpedancia. Esto tendería a proporcionar una sensibilidad mayor que una resistencia, permitiendo de ese modo extraer cantidades menores de potencia óptica de la salida del modulador.

50 La salida de la resistencia 8 está acoplada con un comparador de ventana 10. En otras palabras, una entrada del comparador de ventana 10 es la tensión suministrada por la resistencia 8. Otra entrada del comparador de ventana 10 es una tensión suministrada por un potenciómetro 12. El potenciómetro suministra una tensión 12, para su utilización como tensión objetivo, al comparador de ventana 10. La tensión objetivo suministrada por el potenciómetro es una señal que es indicativa de una potencia óptica objetivo para el modulador para cuadratura. En otras realizaciones, la tensión objetivo se puede establecer por un medio diferente. Por ejemplo, la tensión objetivo se puede establecer utilizando un convertidor digital a analógico (DAC, digital-analogue converter). Esto tendería a permitir ventajosamente el ajuste remoto del punto de polarización del modulador. Asimismo, por ejemplo, la tensión objetivo podría adoptar un valor fijo, por ejemplo si la resistencia 8 fuera una resistencia variable.

El comparador de ventana 10 compara la tensión suministrada por la resistencia 8 con la tensión objetivo suministrada por el potenciómetro 12. Esto se realiza para determinar si la tensión de referencia (es decir, la tensión suministrada por la resistencia 8) es "demasiado alta", "demasiado baja" o "aceptable" con respecto a la tensión objetivo. El término "aceptable" puede ser utilizado, por ejemplo, para referirse a tensiones de referencia dentro de un 1% de la tensión objetivo. El término "demasiado alta" puede ser utilizado, por ejemplo, para referirse a tensiones de referencia que son mayores o iguales que la tensión objetivo más un 1%. El término "demasiado baja" puede ser utilizado, por ejemplo, para referirse a tensiones de referencia que son menores o iguales que la tensión objetivo menos un 1%. La utilización de un comparador de ventana 10 en la ejecución de la comparación mencionada en lo anterior tiende ventajosamente a aliviar problemas provocados por oscilaciones en la tensión de polarización (que, por ejemplo, se pueden producir cuando la tensión de referencia se ajusta repetidamente demasiado alta, a continuación demasiado baja, etc.), que se pueden producir, por ejemplo, si se utiliza un comparador de punto único. Sin embargo, en otras realizaciones, puede ser utilizado un comparador de punto único u otro tipo de comparador, para comparar las tensiones de referencia y objetivo.

La salida del comparador de ventana 10 está acoplada a un procesador 14. Una salida del comparador de ventana 10 puede ser una indicación sobre si la tensión de referencia es demasiado alta, demasiado baja o aceptable con respecto a la tensión objetivo. En otras realizaciones, el resultado de la comparación de las tensiones de referencia y objetivo se puede indicar al procesador 14 de otro modo. Por ejemplo, si la tensión de referencia es demasiado alta o bien demasiado baja en relación con la tensión objetivo, el comparador de ventana 10 puede enviar una señal correspondiente al procesador 14 que informa al procesador 14 de que la tensión de referencia es demasiado alta o bien demasiado baja, mientras que si la tensión de referencia está dentro de un intervalo aceptable de la tensión objetivo, no se enviaría dicha indicación. Por lo tanto, el procesador 14 puede determinar, utilizando la salida del comparador de ventana 10, si la tensión de referencia es demasiado alta, demasiado baja o adecuada con respecto a la tensión objetivo.

En esta realización, el procesador 14 es una matriz de puertas programable in situ (FPGA, Field Programmable Gate Array). En otras realizaciones, el procesador 14 es un tipo diferente de procesador, por ejemplo un dispositivo lógico programable complejo (CPLD, Complex Programmable Logic Device), un microcontrolador, un procesador de señal digital (DSP, Digital Signal Processor), etc.

El procesador 14 está configurado para ejecutar un algoritmo de control utilizando la salida del comparador de ventana 10. Una realización del algoritmo de control utilizado por el procesador 14 se describe en mayor detalle a continuación haciendo referencia a la figura 5. El algoritmo de control se ejecuta, utilizando la salida del comparador de ventana 10, para establecer y/o ajustar una tensión de polarización suministrada al modulador hasta que el modulador alcanza un punto de cuadratura (u otro punto de polarización). La tensión de polarización es suministrada al modulador por el procesador 14 por medio de un convertidor digital a analógico (DAC) 16 y un amplificador 18. El DAC 16 puede ser, por ejemplo, un dispositivo de extremo único (solamente salida positiva). El amplificador 18 puede introducir una tensión de equilibrio para permitir la generación de tensiones de polarización tanto negativas como positivas.

El procesador 14 puede estar conectado adicionalmente a un sistema anfitrión (no mostrado en las figuras). Esta conexión puede ser tal que se pueda enviar información entre el procesador 14 y el sistema anfitrión. Por ejemplo, el procesador 14 puede notificar al sistema anfitrión el estado del láser y/o indicar el valor de la tensión de polarización suministrada por éste al modulador. Asimismo, por ejemplo, el sistema anfitrión puede enviar instrucciones al procesador 14, por ejemplo una instrucción de que el procesador 14 debería "restablecer" la tensión de polarización a su valor inicial, es decir de arranque, por ejemplo 0 V. El sistema anfitrión puede ser, por ejemplo, un sistema de control sanitario, o un sistema de control global para un sistema de radar. Asimismo, tal como se describe el mayor detalle a continuación, el sistema anfitrión puede estar configurado para tomar el control si/cuando se ajusta la tensión de polarización.

La figura 4 es una ilustración esquemática (no a escala) de una segunda red de ejemplo 101 en la que está implementado el controlador de polarización 4.

En esta otra realización, el láser, el modulador, el controlador de polarización 4 y el acoplador de llave óptica 5 están dispuestos según se ha descrito anteriormente haciendo referencia a la figura 1. La segunda red 101 comprende adicionalmente un controlador del láser para controlar el láser. Además de estar acoplado operativamente al láser, el controlador del láser está acoplado al procesador 14, de tal modo que se pueden enviar señales indicativas del estado del láser, desde el controlador del láser al procesador 14. Utilizando estas señales, el procesador 14 puede, por ejemplo, determinar cuándo el láser ha sido activado/desactivado, cuándo se ha estabilizado la potencia del láser, etc. El procesador 14 puede transmitir información relativa al estado del láser a sistemas o aparatos remotos (por ejemplo, el sistema anfitrión).

Se pueden disponer aparatos, incluyendo el procesador 14, para implementar cualquiera de las disposiciones anteriores, y llevar a cabo las etapas de procedimiento que se describirán a continuación, configurando o adaptando cualesquiera aparatos adecuados, por ejemplo uno o varios ordenadores u otros aparatos de procesamiento o procesadores, y/o disponiendo módulos adicionales. El aparato puede comprender un ordenador, una red de ordenadores, o uno o varios procesadores, para implementar instrucciones y utilizar datos, incluyendo instrucciones

y datos en forma de un programa informático o de una serie de programas informáticos almacenados en un medio de almacenamiento legible a máquina, tal como una memoria de ordenador, un disco informático, ROM, PROM, etc., o cualquier combinación de estos u otros medios de almacenamiento.

5 La figura 5 es un diagrama de flujo de proceso que muestra ciertas etapas de una realización del algoritmo de control llevado a cabo por el procesador 14 para establecer y/o ajustar la tensión de polarización aplicada al modulador.

En la etapa s2, el procesador 14 establece la tensión de polarización del modulador a 0 V.

10 En la etapa s4, el procesador 14 espera a que el láser este activado, es decir encendido, y a que el láser se estabilice. Por ejemplo, el procesador 14 en la primera red 100 puede conseguir esperar a que el láser se estabilice esperando una cantidad de tiempo predeterminada. Asimismo, por ejemplo, en la segunda red 101, se pueden enviar al procesador una o varias señales (desde el controlador del láser) que indican que el láser ha sido activado y/o que la potencia del láser se ha estabilizado.

15 En la etapa s6, el procesador 14 busca el punto de polarización del modulador que sea más próximo a 0 V. En esta realización, esto se lleva a cabo por el procesador 14 barriendo la tensión de polarización del modulador en modo zigzag, comenzando en 0 V con una amplitud creciente gradualmente.

20 En esta realización, la tensión de polarización del modulador se barre en modo zigzag con una amplitud creciente gradualmente. En otras realizaciones, esta búsqueda de un punto de polarización se puede llevar a cabo de manera diferente, por ejemplo aumentando y reduciendo (o reduciendo y aumentando) alternativamente la función de polarización, por ejemplo con amplitud creciente, en un patrón diferente (es decir, un patrón diferente al zigzag). Por ejemplo, la tensión de polarización se puede barrer según el patrón de una función seno que tenga una amplitud creciente con el tiempo.

25 La figura 6 es una ilustración esquemática (no a escala) de un gráfico 102 que muestra la tensión de polarización 20 suministrada por el procesador 14. La tensión de polarización 20 se barre en modo zigzag, comenzando en 0 V y con una amplitud creciente gradualmente. En esta realización, la tensión de polarización 20 del modulador se barre en este modo de zigzag hasta que la salida del comparador de ventana 10 cambia de estado, es decir hasta que el comparador de ventana 10 pasa de indicar al procesador 14 que la tensión de salida del modulador es demasiado baja (con respecto a la tensión objetivo) a indicar al procesador 14 que la tensión de salida del modulador es demasiado alta (con respecto a la tensión objetivo). Este cambio de estado de la salida del comparador de ventana 10 se produce cuando la tensión de salida del modulador rebasa la tensión objetivo suministrada al comparador de ventana 10 por el potenciómetro 12. De este modo, se localiza un punto de polarización o punto de cuadratura del modulador.

30 En la etapa s8, la dirección/pendiente (es decir, positiva o negativa) de la salida del modulador en el punto de polarización es determinada por el procesador 14. En esta realización, esto se determina determinando si la salida del comparador de ventana 10 cambia de demasiado alta a demasiado baja (en cuyo caso la pendiente del gráfico 102 en el punto de polarización es negativa) o de demasiado baja a demasiado alta (en cuyo caso, la pendiente del gráfico 102 en el punto de polarización es positiva). La determinación de la dirección de la pendiente de la salida del modulador en el punto de polarización tiende ventajosamente a facilitar el seguimiento del punto de polarización mediante el procesador 14.

35 El punto de polarización del modulador tenderá inicialmente a presentar una deriva, por ejemplo debido a cambios en el promedio a corto plazo de la tensión de polarización aplicada. Para tener en cuenta esta deriva (relativamente rápida) del punto de polarización, en la etapa s14 el procesador 14 lleva a cabo un denominado proceso de "persecución". Este proceso de persecución es realizado por el procesador 14 durante un periodo de tiempo predefinido (por ejemplo, un periodo de tiempo que se ha determinado empíricamente, por ejemplo 20 segundos).

40 Más adelante se proporciona información adicional con respecto al proceso de persecución haciendo referencia a la figura 7. El proceso descrito haciendo referencia a la figura 7 puede ser utilizado asimismo para llevar a cabo el proceso de "seguimiento rápido" descrito más adelante (llevado a cabo en la etapa s18) y el proceso de "seguimiento lento" descrito más adelante (llevado a cabo en la etapa s20). Básicamente, en esta realización el proceso de persecución comprende ajustar continuamente (es decir, aumentar o reducir) la tensión de polarización en saltos relativamente grandes durante un periodo de tiempo (por ejemplo, un periodo de tiempo determinado empíricamente, por ejemplo 20 segundos). Los saltos mediante los cuales el procesador 14 ajusta la tensión de polarización durante el proceso de persecución son grandes con respecto a los saltos en los que el procesador 14 ajusta la tensión de polarización en otros procesos de seguimiento del punto de polarización, por ejemplo el proceso de seguimiento rápido llevado a cabo en la etapa s18 y el proceso de seguimiento lento llevado a cabo en la etapa s20 (procesos que se describen en mayor detalle más adelante). Asimismo, el proceso de persecución comprende ajustar la tensión de polarización en función de la salida del comparador de ventana 10. Por ejemplo, si el comparador de ventana 10 indica que la tensión de salida del modulador es demasiado alta, y el procesador 14 determina que la pendiente del gráfico 102 es actualmente positiva, entonces el procesador 14 reduce en una cantidad relativamente grande la tensión de polarización suministrada al modulador. Análogamente, si el comparador de ventana 10 indica que la tensión de salida del modulador es demasiado baja, y el procesador 14

5 determina que la pendiente del gráfico 102 es actualmente positiva, entonces el procesador 14 aumenta en una cantidad relativamente grande la tensión de polarización suministrada al modulador. Los tamaños del salto relativamente grandes mediante los que se ajusta la tensión de polarización durante la fase de persecución, y la duración de la fase de persecución, se pueden determinar empíricamente. Por ejemplo, se puede determinar que un tamaño de salto para el proceso de persecución es de aproximadamente 125 mV. Determinar empíricamente los tamaños de salto utilizados durante la fase de persecución y/o la duración de la fase de persecución, tiende ventajosamente a permitir que el proceso de la figura 5 pueda ser implementado utilizando cualesquiera componentes adecuados, por ejemplo utilizando un modulador de uno o de una serie de fabricantes diferentes.

10 La salida del modulador puede demorarse con respecto a la entrada de polarización en un periodo de tiempo significativo pero variable (por ejemplo, de 100 a 500 ms). Por lo tanto, tiende a ser posible que el procesador 14 calcule erróneamente la pendiente de polarización (es decir, el procesador 14 puede determinar que la pendiente de la salida del modulador en el punto de polarización es positiva cuando de hecho es negativa, y viceversa). Como resultado de esto, durante el proceso de persecución, el procesador 14 puede "perseguir" el punto de polarización en la dirección equivocada. Esto puede ocurrir, por ejemplo, si el punto de polarización del modulador está inmediatamente antes de una esquina de la parte de zigzag de la tensión de polarización 20.

15 Este problema se puede resolver llevando a cabo las etapas s12 a s16, tal como se describe a continuación. Alternativamente, este problema se puede resolver, por ejemplo, cuando se barre la tensión de polarización del modulador (tal como se lleva a cabo en la etapa s6), manteniendo una tensión de polarización sustancialmente constante durante un cierto periodo de tiempo antes de aumentar la tensión de polarización y reducir la tensión de polarización, y entre la reducción de la tensión de polarización y el aumento de la tensión de polarización. En otras palabras, cuando la tensión de polarización se barre en modo zigzag, en cada esquina del zigzag, la tensión de polarización se puede mantener durante una cierta cantidad de tiempo. Sin embargo, esto tiende a aumentar el lapso de tiempo que lleva encontrar un punto de polarización.

20 En la etapa s12, el procesador 14 determina si, durante el proceso de persecución, la salida del comparador de ventana 10 cambia o no continuamente entre ser indicativa de que la tensión de salida del modulador es demasiado alta y ser indicativa de que la tensión de salida del modulador es demasiado baja.

25 Si, en la etapa s12, se determina que la salida del comparador de ventana 10 cambia continuamente entre ser indicativa de que la tensión de salida del modulador es demasiado alta y ser indicativa de que la tensión de salida del modulador es demasiado baja, se determina que la pendiente del gráfico 102 (determinado en la etapa s8) es correcta. En este caso, el proceso de la figura 5 avanza a la etapa s18, que se describirá en mayor detalle más adelante, después de la descripción de las etapas s14 y s16.

30 Sin embargo, si, en la etapa s12, se determina que la salida del comparador de ventana 10 no cambia continuamente entre ser indicativa de que la tensión de salida del modulador es demasiado alta y ser indicativa de que la tensión de salida del modulador es demasiado baja (es decir, el comparador de ventana 10 indica que la tensión de salida del modulador es demasiado baja o demasiado alta en la totalidad del proceso de persecución), se determina que la pendiente del gráfico 102 (determinado en la etapa s18) es incorrecta. En este caso, el proceso de la figura 5 avanza a la etapa s14.

35 En la etapa s14, la tensión de polarización se revierte al nivel que tenía al principio del proceso de persecución, es decir, el procesador 14 establece la tensión de polarización para que sea igual a la tensión de polarización al comienzo del proceso de persecución. En otras palabras, si, durante el proceso de persecución, la tensión de polarización se ha aumentado, el procesador 14 reduce la tensión de polarización en la magnitud en la que ha sido aumentada durante el proceso de persecución. Análogamente, sí, durante el proceso de persecución, la tensión de polarización se ha reducido, el procesador 14 aumenta la tensión de polarización en la magnitud en la que se redujo durante el proceso de persecución. Este restablecimiento de la tensión de polarización a su nivel original se puede llevar a cabo durante un periodo de tiempo para evitar la aplicación de un cambio de salto de tensión al modulador.

40 En la etapa s16, el proceso de persecución de la etapa s10 se vuelve a llevar a cabo utilizando la pendiente corregida de la salida del modulador en el punto de polarización, es decir, utilizando la pendiente opuesta a la determinada en la etapa s8.

45 Por lo tanto, después de la etapa s16, el punto de polarización del modulador se ha seguido como se habría hecho habiéndose determinado la pendiente correcta mediante el procesador 14 en la etapa s8. Después de la etapa s16, el procedimiento avanza a la etapa s18.

50 En la etapa s18, después de que se ha llevado a cabo el proceso de persecución durante un periodo de tiempo predeterminado, el procesador 14 lleva a cabo un denominado proceso de "seguimiento rápido". En esta realización, el proceso de seguimiento rápido es el mismo que el proceso de persecución excepto en que los saltos mediante los cuales el procesador 14 ajusta la tensión de polarización durante el proceso de seguimiento rápido son relativamente pequeños en comparación con los utilizados durante el proceso de persecución. Por ejemplo, se puede determinar empíricamente que el tamaño de salto para el proceso de seguimiento rápido sea, por ejemplo, de aproximadamente 4 mV. Determinar empíricamente los tamaños de salto utilizados durante la fase de proceso de seguimiento rápido y/o la duración de la fase del proceso de seguimiento rápido, tiende ventajosamente a permitir

que el proceso de la figura 5 se pueda implementar utilizando cualesquiera componentes adecuados, por ejemplo utilizando piezas de una serie de fabricantes diferentes.

5 Se proporciona a continuación información adicional con respecto al proceso de seguimiento rápido, haciendo referencia a la figura 7. El proceso descrito haciendo referencia a la figura 7 puede ser utilizado asimismo para el proceso de persecución (ejecutado en la etapa s10) y el proceso de seguimiento lento descrito más adelante (ejecutado en la etapa s20).

10 Básicamente, en esta realización, el proceso de seguimiento rápido comprende ajustar continuamente (es decir, aumentar o reducir) la tensión de polarización en saltos relativamente pequeños durante un periodo de tiempo (por ejemplo, un periodo de tiempo determinado empíricamente, por ejemplo, 2 minutos) y en función de la salida del comparador de ventana 10. El periodo de tiempo durante el que se lleva a cabo el proceso de seguimiento rápido puede ser igual o diferente al periodo de tiempo durante el que se lleva a cabo el proceso de persecución.

15 En la etapa s20, después de que se ha llevado a cabo el proceso de seguimiento rápido durante un periodo de tiempo predeterminado, el procesador 14 lleva a cabo un denominado proceso de "seguimiento lento". En esta realización, el proceso de seguimiento lento es igual que los procesos de seguimiento rápido y de persecución, excepto en que los saltos mediante los cuales el procesador 14 ajusta la tensión de polarización durante el proceso de seguimiento lento son relativamente pequeños en comparación con los utilizados durante los procesos de seguimiento rápido y de persecución. Por ejemplo, se puede determinar empíricamente que el tamaño de salto para el proceso de seguimiento lento sea, por ejemplo, de aproximadamente 2 mV. Determinar empíricamente los tamaños del salto utilizados durante la fase de proceso de seguimiento lento tiende ventajosamente a permitir que el proceso de la figura 5 pueda ser implementado utilizando cualesquiera componentes adecuados, por ejemplo utilizando piezas de diversos fabricantes diferentes. El proceso de seguimiento lento se puede llevar a cabo durante el tiempo que se desee, por ejemplo durante el tiempo en que el sistema permanece operativo.

25 Se proporciona más adelante información adicional en relación con el seguimiento lento, haciendo referencia a la figura 7. El proceso descrito haciendo referencia a la figura 7 puede ser utilizado asimismo para el proceso de persecución (llevado a cabo en la etapa s10) y para el proceso de seguimiento rápido (llevado a cabo en la etapa s18).

30 Básicamente, en esta realización, el proceso de seguimiento lento comprende ajustar continuamente (es decir, aumentar o reducir) la tensión de polarización en saltos relativamente pequeños durante un periodo de tiempo (por ejemplo, mientras el láser está activado o encendido) y en función de la salida del comparador de ventana 10. Durante el proceso de seguimiento lento, el comparador de ventana 10 tiende a notificar solamente ocasionalmente, si es que lo hace alguna vez, que la condición de polarización del modulador es demasiado alta o demasiado baja. En otras palabras, durante el proceso de seguimiento lento y para la mayor parte del proceso de seguimiento lento, la salida del comparador de ventana 10 tiende a ser indicativa de que la tensión de salida del modulador es adecuada.

35 Por lo tanto, se da a conocer una realización del algoritmo de control llevado a cabo por el procesador 14 para establecer y/o ajustar la tensión de polarización aplicada al modulador.

40 La figura 7 es un diagrama de flujo de proceso de un proceso de seguimiento o de persecución a modo de ejemplo. El proceso de la figura 7 puede ser utilizado para llevar a cabo el proceso de persecución (llevado a cabo en la etapa s10 de la figura 5), el proceso de seguimiento rápido (llevado a cabo en la etapa s18 de la figura 5) y/o el proceso de seguimiento lento (llevado a cabo en la etapa s20 de la figura 5).

En esta realización, el proceso de la figura 7 es realizado mediante el procesador 14.

En la etapa s22, el procesador 14 recibe la última salida del comparador de ventana 10. La salida recibida del comparador de ventana 10 es una indicación de si la tensión de salida del modulador es demasiado alta, demasiado baja o aceptable con respecto a la tensión objetivo.

45 En la etapa s24, el procesador 14 determina si la tensión de salida del modulador es demasiado alta, demasiado baja o aceptable con respecto a la tensión objetivo.

Si, en la etapa s24, la tensión de salida del modulador es demasiado alta, el procedimiento avanza a la etapa s26.

Si, en la etapa s24, la tensión de salida del modulador es demasiado alta, el procedimiento avanza a la etapa s28.

50 En esta realización, si, en la etapa s24, la tensión de salida del modulador no es ni demasiado alta ni demasiado baja (es decir, la tensión de salida del modulador es aceptable con respecto a la tensión objetivo) no se adopta ninguna acción y el procesador 14 espera a recibir la siguiente salida del comparador de ventana 10 (es decir, en efecto, el procedimiento vuelve a la etapa s22).

En la etapa s26, se determina si la dirección/pendiente del gráfico 102 de la tensión de polarización 20 en el punto de polarización (determinado en la etapa s8 anterior) es positiva o negativa.

Si, en la etapa s26, se determina que la pendiente del gráfico 102 en el punto de polarización es positiva, el procedimiento avanza a la etapa s30.

Si, en la etapa s26, se determina que la pendiente del gráfico 102 en el punto de polarización es negativa, el procedimiento avanza a la etapa s32.

5 En la etapa s28, se determina si la dirección/pendiente del gráfico 102 de la tensión de polarización 20 en el punto de polarización (determinado en la etapa s8 anterior) es positiva o negativa.

Si, en la etapa s28, se determina que la pendiente del gráfico 102 en el punto de polarización es negativa, el procedimiento avanza a la etapa s30.

10 Si, en la etapa s28, se determina que la pendiente del gráfico 102 en el punto de polarización es positiva, el procedimiento avanza a la etapa s32.

En la etapa s30, el procesador 14 reduce la tensión de polarización suministrada al modulador.

15 Para el proceso de persecución de la etapa s8 de la figura 5, el procesador 14 reduce la tensión de polarización en una magnitud relativamente grande, es decir, la tensión de polarización se reduce mediante un salto relativamente grande. Los saltos mediante los cuales el procesador 14 reduce la tensión de polarización durante el proceso de persecución son grandes con respecto a los saltos con los que el procesador 14 ajusta la tensión de polarización durante los procesos de seguimiento rápido y de seguimiento lento.

20 Durante el proceso de seguimiento rápido de la etapa s18 de la figura 5, el procesador 14 reduce la tensión de polarización en una cantidad que es relativamente pequeña en comparación con los saltos mediante los que el procesador 14 ajusta la tensión de polarización durante el proceso de persecución, y que es relativamente grande comparada con los saltos en los que el procesador 14 ajusta la tensión de polarización durante el proceso de seguimiento lento.

25 Durante el proceso de seguimiento lento de la etapa s20 de la figura 5, el procesador 14 reduce la tensión de polarización en una magnitud relativamente pequeña, es decir, la tensión de polarización se reduce mediante un salto relativamente pequeño. Los saltos mediante los cuales el procesador 14 reduce la tensión de polarización durante el proceso de seguimiento lento son pequeños en relación con los saltos mediante los cuales el procesador 14 ajusta la tensión de polarización durante los procesos de seguimiento rápido y de persecución.

Después de la etapa s30, el procedimiento de la figura 7 avanza a la etapa s34.

En la etapa s32, el procesador 14 aumenta la tensión de polarización suministrada al modulador.

30 Si se está llevando a cabo el proceso de persecución de la etapa s8 de la figura 5, el procesador 14 aumenta la tensión de polarización en una magnitud relativamente grande, es decir, la tensión de polarización se aumenta mediante un salto relativamente grande. Los saltos mediante los cuales el procesador 14 aumenta la tensión de polarización durante el proceso de persecución son grandes con respecto a los saltos con los que el procesador 14 ajusta la tensión de polarización durante los procesos de seguimiento rápido y de seguimiento lento.

35 Si se está llevando a cabo el proceso de seguimiento rápido de la etapa s18 de la figura 5, el procesador 14 aumenta la tensión de polarización en una cantidad que es relativamente pequeña en comparación con los saltos mediante los que el procesador 14 ajusta la tensión de polarización durante el proceso de persecución, y que es relativamente grande comparada con los saltos en los que el procesador 14 ajusta la tensión de polarización durante el proceso de seguimiento lento.

40 Si se está llevando a cabo el proceso de seguimiento lento de la etapa s20 de la figura 5, el procesador 14 aumenta la tensión de polarización en una magnitud relativamente pequeña, es decir, la tensión de polarización se reduce mediante un salto relativamente pequeño. Los saltos mediante los cuales el procesador 14 aumenta la tensión de polarización durante el proceso de seguimiento lento son pequeños en relación con los saltos mediante los cuales el procesador 14 ajusta la tensión de polarización durante los procesos de seguimiento rápido y de persecución.

Después de la etapa s32, el procedimiento de la figura 7 avanza a la etapa s34.

45 En la etapa s34, el procesador 14 espera una cantidad de tiempo predeterminada (por ejemplo, que se puede determinar empíricamente) para permitir que el modulador se ajuste a la tensión de polarización aumentada/reducida.

50 En la etapa s36, se determina si el periodo de tiempo durante el cual se debe llevar a cabo el proceso de seguimiento o de persecución de la figura 7 ha transcurrido o no. En otras palabras, se determina si el proceso de la figura 7 debería finalizar.

Si, en la etapa s36, se determina que el periodo de tiempo durante el cual se debe llevar a cabo el proceso de seguimiento o de persecución de la figura 7 ha transcurrido, el procedimiento finaliza.

Sin embargo, si, en la etapa s36, se determina que no ha transcurrido el periodo de tiempo durante el cual se debe llevar a cabo el proceso de seguimiento o de persecución de la figura 7, el procedimiento vuelve a la etapa s22, momento en el cual el procesador 14 recibe una nueva salida procedente del comparador de ventana 10.

5 En otras realizaciones, el proceso de seguimiento o de persecución de la figura 7 se puede llevar a cabo continuamente, y el tamaño de salto del punto de polarización se puede ajustar, por ejemplo, en un temporizador.

Por lo tanto, se da a conocer un proceso de seguimiento o de persecución a modo de ejemplo que se puede llevar a cabo en cualquiera o en la totalidad de las etapas s10, s18 y s20 de la figura 5.

10 Se debe observar que algunas de las etapas del proceso representadas en los diagramas de flujo de las figuras 5 y 7 y descritas anteriormente pueden ser omitidas, o que dichas etapas de proceso se pueden llevar a cabo en un orden diferente al presentado anteriormente y mostrado en las figuras 5 y 7. Además, aunque todas las etapas de proceso se han representado, por comodidad y para facilitar la comprensión, como etapas secuenciales discretas temporalmente, sin embargo algunas de las etapas de proceso pueden de hecho llevarse a cabo simultáneamente o por lo menos solapando temporalmente en cierta medida.

15 En las realizaciones anteriores, en la etapa s6, el procesador busca el punto de polarización más próximo a 0 V barriendo la tensión de polarización del modulador en modo zigzag, empezando en 0 V y con una amplitud creciente gradualmente. En las realizaciones anteriores, se utiliza un barrido simétrico en zigzag (tal como se muestra en la figura 6). Por ejemplo, las esquinas de un barrido simétrico en zigzag pueden ser: -1 V, +1 V, -1,5 V, +1,5 V, -2 V, +2 V, etc. Sin embargo, en otras realizaciones, el procesador busca el punto de polarización más próximo a 0 V  
20 utilizando un patrón de búsqueda diferente. Por ejemplo, el procesador puede buscar el punto de polarización más próximo a 0 V utilizando un barrido en zigzag asimétrico.

25 La figura 8 es una ilustración esquemática (no a escala) de otro gráfico 104 que muestra la tensión de polarización que puede ser suministrada por el procesador 14 buscando el punto de polarización más próximo a 0 V utilizando un barrido en zigzag asimétrico. Por ejemplo, las esquinas de un barrido en zigzag asimétrico pueden ser: -1 V, +1,5 V, -2 V, +2,5 V, -3 V, +3,5 V, etc. Preferentemente, se utiliza un incremento de magnitud de +0,5 V por esquina del barrido en zigzag asimétrico. Sin embargo, se puede utilizar cualquier incremento adecuado. Un barrido en zigzag asimétrico tiende a ser más eficiente que un barrido en zigzag simétrico. El número de esquinas que comprende un barrido en zigzag se puede seleccionar ventajosamente para proporcionar un equilibrio deseado entre la velocidad con la que se encuentra un punto de polarización y la posición del punto de polarización más próximo a 0 V.

30 En las realizaciones anteriores, la tensión de polarización se aplica al modulador mediante el procesador por medio del DAC y el amplificador. Adicionalmente, el DAC puede ser utilizado para controlar el intervalo de polarización (es decir, el intervalo de tensión de la tensión de polarización). El amplificador puede actuar de manera que incremente la amplitud global de la salida de tensión mediante el DAC. El amplificador puede actuar asimismo de tal modo que desplace la salida del DAC, de manera que la escala media del DAC esté aproximadamente a 0 V. Por ejemplo, el DAC puede tener un intervalo de salida de 0 a 0,5 V. Con dicho DAC, una ganancia de amplificador de x8 y una desviación de entrada de -0,25 V pueden proporcionar un intervalo de salida de aproximadamente -4V a +4V.  
35

Opcionalmente, si la salida de tensión de polarización mediante el procesador queda fuera del intervalo de polarización definido por el DAC, el controlador de polarización puede llevar a cabo una o varias acciones adecuadas.

40 Por ejemplo, si el intervalo de polarización (definido por el DAC) se excede (o se alcanza un extremo del intervalo de polarización) durante el proceso de búsqueda del punto de polarización más próximo a 0 V, la tensión de polarización se puede restablecer a 0 V y se puede reiniciar el proceso de búsqueda.

Asimismo, por ejemplo, si el intervalo de polarización (definido por el DAC) se excede (o se alcanza un extremo del intervalo de polarización) durante el proceso de seguimiento rápido, la tensión de polarización se puede restablecer a 0 V y se puede reiniciar el algoritmo de control.

45 Asimismo, por ejemplo, si el intervalo de polarización (definido por el DAC) se excede (o se alcanza un extremo del intervalo de polarización) durante el proceso de seguimiento lento, un sistema anfitrión (por ejemplo, tal como el que puede estar conectado al procesador que se ha descrito anteriormente) puede ser notificado de la situación, y el controlador de polarización puede mantener la tensión de polarización en el extremo del intervalo de polarización. Esta tensión de polarización extrema se puede mantener, por ejemplo, hasta que: (i) el sistema anfitrión ordena al controlador de polarización restablecer la tensión de polarización a su valor inicial (por ejemplo, a 0 V); (ii) el punto  
50 de polarización regresa al intervalo de polarización; o (iii) transcurre un periodo de tiempo predefinido, momento en el que el controlador de polarización restablece la tensión de polarización a su valor inicial. En este caso, la tensión de polarización extrema tendería a ser el resultado de una deriva del punto de polarización durante un periodo de funcionamiento prolongado, y por lo tanto permanecer en un punto de polarización extremo puede ser una opción aceptable.  
55

En otras palabras, durante el proceso de búsqueda, o de seguimiento, de un punto de polarización, la tensión de polarización se puede confinar al interior del intervalo de polarización.

Opcionalmente, el controlador de polarización puede avisar al sistema anfitrión cuando la tensión de polarización está cerca de sus límites (es decir, cerca de salirse del intervalo de polarización). Esto tendería ventajosamente a permitir que el sistema anfitrión planifique el restablecimiento de la tensión de polarización a su valor inicial, antes de que dicho restablecimiento sea perentorio.

5 Se puede generar una tensión de polarización utilizando un acumulador o contador digital. Dichos dispositivos pueden 'abarcarse', por ejemplo,  $4095+1=0$  y  $0-1=4095$ . Esto puede tener como resultado una oscilación entre dos extremos de la tensión de polarización. Este problema tiende ventajosamente a resolverse confinando el intervalo de polarización según se ha descrito anteriormente.

10 En algunas realizaciones, si el láser es desactivado (es decir, apagado), el controlador de polarización lleva a cabo una acción que depende del historial de estabilidad del modulador. Por ejemplo, si el láser es desactivado, se puede llevar a cabo el proceso de la figura 9.

La figura 9 es un diagrama de flujo de proceso que muestra ciertas etapas de un proceso que puede ser llevado a cabo por el controlador de polarización 4 si el láser es desactivado, por ejemplo durante un funcionamiento normal.

15 En la etapa s40, se determina durante cuánto tiempo el modulador ha funcionado en (o cerca de) su punto de polarización entre la activación del láser y la desactivación del láser. En otras palabras, se determina durante cuánto tiempo se ha mantenido el punto de polarización del modulador. Esto se puede llevar a cabo, por ejemplo, mediante procesador 14 del controlador de polarización 4.

20 Si, en la etapa s40, se determina que el modulador ha funcionado en (o cerca de) su punto de polarización durante una hora o más, el punto de polarización del modulador se puede denominar un "punto de polarización consolidado" para el modulador y el procedimiento avanza a la etapa s42. En otras realizaciones, puede ser utilizado un intervalo de tiempo diferente (es decir, diferente de dicho intervalo de una hora o más) en lugar de dicho intervalo de tiempo de una hora o mayor.

25 Si, en la etapa s40, se determina que el modulador ha funcionado en (o cerca de) su punto de polarización durante entre 10 minutos y una hora, el punto de polarización del modulador se puede denominar un "punto de polarización recientemente adquirido" para el modulador, y el procedimiento avanza a la etapa s44. En otras realizaciones, puede ser utilizado un intervalo de tiempo diferente (es decir, diferente del intervalo entre 10 minutos y una hora) en lugar del intervalo de tiempo entre 10 minutos y una hora.

30 Si, en la etapa s40, se determina que el modulador ha funcionado en (o cerca de) su punto de polarización durante 10 minutos o menos, el punto de polarización del modulador se puede denominar un "punto de polarización recién adquirido" para el modulador, y el procedimiento avanza a la etapa s46. En otras realizaciones, puede ser utilizado un intervalo de tiempo diferente (es decir, diferente al intervalo de 10 minutos o menos) en lugar del intervalo de tiempo de 10 minutos o menos.

35 En la etapa s42, el controlador de polarización 4 funciona de manera que mantiene la tensión de polarización suministrada al modulador durante un periodo de tiempo relativamente largo. El periodo de tiempo es largo en relación con el periodo de tiempo durante el que se mantendría la tensión de polarización en la etapa s44. En esta realización, este periodo de tiempo relativamente largo es de 10 minutos. Sin embargo, en otras realizaciones, este periodo de tiempo largo es un periodo de tiempo diferente. Si el láser no se reactiva dentro de este periodo de tiempo largo, el controlador de polarización 4 funciona para restablecer la tensión de polarización suministrada al modulador (es decir, devuelve la tensión de polarización a 0 V).

40 En este caso, el modulador ha estado funcionando en un punto de polarización consolidado durante un periodo de tiempo relativamente largo (es decir, una hora o más). Cuando el láser se desactiva la tensión de polarización para el láser se mantiene durante un periodo de tiempo relativamente largo (es decir, 10 minutos). Si el láser se reactiva a continuación en este periodo de 10 minutos, tiende a ser probable que el punto de polarización para el modulador esté en, o cerca de la posición del punto de polarización cuando el láser se desactivó. Por lo tanto, mantener la  
45 tensión de polarización del modulador durante un periodo de tiempo relativamente largo tiende a tener como resultado una disponibilidad más rápida de la salida del modulador, y una perturbación menor del modulador. Esto tiende a minimizar o reducir la deriva futura del punto de polarización del modulador.

50 En la etapa s44, el controlador de polarización 4 funciona de manera que mantiene la tensión de polarización suministrada al modulador durante un periodo de tiempo relativamente corto. El periodo de tiempo es corto en relación con el periodo de tiempo durante el que se mantendría la tensión de polarización en la etapa s42. En esta realización, este periodo de tiempo relativamente corto es de 10 segundos. Sin embargo, en otras realizaciones, este periodo de tiempo corto es un periodo de tiempo diferente. Si el láser no se reactiva dentro de este periodo de tiempo corto, el controlador de polarización 4 funciona para restablecer la tensión de polarización suministrada al modulador (es decir, devuelve la tensión de polarización a 0 V). En otras realizaciones, la tensión de polarización se  
55 puede restablecer a un valor diferente.

En este caso, el modulador ha estado funcionando en un punto de polarización adquirido recientemente durante un periodo de tiempo relativamente corto (por ejemplo, entre 10 minutos y una hora). Este punto de polarización tiende

- a no ser estable como lo sería si el modulador hubiera estado funcionando en ese punto de polarización durante más de una hora. Cuando el láser se desactiva, la tensión de polarización para el láser se mantiene durante un periodo de tiempo relativamente corto (por ejemplo, 10 segundos). Si el láser se reactiva a continuación en este periodo de 10 segundos, tiende a ser probable que el punto de polarización para el modulador esté en, o cerca de la posición del punto de polarización cuando el láser se desactivó. Por lo tanto, mantener la tensión de polarización del modulador durante un periodo de tiempo relativamente corto tiende a tener como resultado una disponibilidad más rápida de la salida del modulador, y una perturbación menor del modulador. Esto tiende a minimizar o reducir la deriva futura del punto de polarización del modulador.
- En la etapa s46, el controlador de polarización 4 funciona para restablecer la tensión de polarización suministrada al modulador (es decir, devolver la tensión de polarización a 0 V). En otras realizaciones, la tensión de polarización se puede restablecer a un valor diferente.
- En este caso, el modulador ha estado funcionando en un punto de polarización recién adquirido durante un periodo de tiempo corto (es decir, 10 minutos o menos). Este punto de polarización tiende a no ser particularmente estable y por lo tanto la tensión de polarización no se mantiene.
- Por lo tanto, se da a conocer un proceso que se puede llevar a cabo mediante el controlador de polarización si el láser se desactiva. En esta realización, el controlador de polarización 4 lleva a cabo una acción dependiendo del historial de estabilidad del modulador. El tiempo de mantenimiento para la tensión de polarización (es decir, si la tensión de polarización se mantiene durante un tiempo relativamente largo, un tiempo relativamente corto, o se restablece) depende del lapso de tiempo durante el que el modulador ha funcionado en un punto de polarización. Sin embargo, en otras realizaciones, el tiempo de mantenimiento para la tensión de polarización depende de uno o varios criterios diferentes en lugar, o además de depender del lapso de tiempo durante el que el modulador ha funcionado en un punto de polarización. Por ejemplo, el tiempo de mantenimiento se podría seleccionar asimismo en función de una frecuencia de cambio reciente de la tensión de polarización. Asimismo, el tiempo de mantenimiento se podría seleccionar en función de cambios recientes en la temperatura del modulador.
- En las realizaciones anteriores, una vez que se ha seguido (por ejemplo, utilizando el proceso de seguimiento lento que sea descrito anteriormente haciendo referencia a la etapa s20 en la figura 5) el punto de polarización durante un periodo de tiempo extendido, este punto de polarización tiende a ser estable. Por lo tanto, se pueden producir durante el proceso de seguimiento lento cambios en la tensión de polarización suministrada. Sin embargo, en otras realizaciones, una vez que un punto de polarización es estable, la tensión de polarización se ajusta solamente cuando se ordena, por ejemplo mediante el sistema anfitrión, al controlador de polarización hacerlo.
- En las realizaciones anteriores, cuando el láser se activa inicialmente (es decir, se enciende), la potencia de salida del láser puede variar inicialmente (por ejemplo, durante unos pocos segundos después de que haya sido activado el láser). Como resultado, la salida del modulador puede variar. El controlador de polarización puede intentar seguir esta variación en la salida del modulador. Sin embargo, en otras realizaciones, no se permiten cambios en la tensión de polarización durante los primeros segundos de funcionamiento del láser (por ejemplo, si se ha mantenido ya un punto de polarización anterior). Esto se puede conseguir, por ejemplo, en la segunda realización descrita anteriormente, mediante el procesador monitorizando las señales procedentes del controlador del láser que son indicativas del estado del láser (es decir, que son indicativas de si el láser está activado o desactivado). En otras realizaciones, la potencia del láser se puede monitorizar a la entrada del modulador (por ejemplo, ya sea por medio de un convertidor analógico a digital o de un circuito diferenciador), y el ajuste del punto de polarización se permite solamente cuando se determina que la potencia del láser es estable.
- En las realizaciones anteriores, el comparador de ventana está configurado para permitir pequeños errores en el establecimiento del punto de polarización del modulador. Esto tiende ventajosamente a reducir o eliminar la necesidad de ajustar continuamente la tensión de polarización del modulador. Dicho ajuste continuo de la tensión de polarización suministrada al modulador puede afectar perjudicialmente al rendimiento del sistema. La configuración del comparador de ventana para permitir pequeños errores en el establecimiento del punto de polarización puede ser utilizando un circuito de amplificador operacional ("opamp") estándar, en el que un umbral para que la salida del modulador sea "demasiado alta" (en relación con la tensión objetivo) se establece a una distancia relativamente pequeña sobre el umbral para que la salida del modulador sea "demasiado baja". En otras palabras, puede haber una "ventana" entre umbrales para la salida del modulador siendo "demasiado alta" y "demasiado baja". Esta distancia relativamente pequeña, o ventana, puede ser, por ejemplo, de aproximadamente el 2% de la potencia de salida esperada en cuadratura. Esto tiende ventajosamente a proporcionar un seguimiento eficaz del punto de polarización, por ejemplo cuando la salida del modulador es una señal que se desplaza rápidamente. En otras realizaciones, la ventana entre los umbrales para que la salida del modulador sea "demasiado alta" y "demasiado baja" puede tener un tamaño diferente. El tamaño de esta ventana se puede seleccionar ventajosamente para conseguir un equilibrio entre el nivel de error del punto de polarización y el impacto sobre el rendimiento del ajuste innecesario de la tensión de polarización. El tamaño de esta ventana puede ser fijo o variable. Además, el tamaño de esta ventana se puede establecer empíricamente, por ejemplo para intentar optimizar el rendimiento del sistema. En otras realizaciones, el comparador de ventana se puede sustituir con un convertidor analógico a digital (ADC, analogue-digital converter). La determinación de si la salida del modulador es "demasiado alta" o "demasiado baja" con respecto a la tensión objetivo se puede llevar a cabo utilizando software. La utilización de dicho ADC tiende a

- 5 ser particularmente beneficiosa en realizaciones en las que el procesador es un microcontrolador, debido a que los microcontroladores tienen habitualmente ADC integrales. Digitalizar la determinación de si la salida del modulador es "demasiado alta" o "demasiado baja" con respecto a la tensión objetivo tiende ventajosamente a permitir que se lleve a cabo una persecución y un seguimiento más sofisticados de un punto de polarización utilizando un algoritmo de control convencional, por ejemplo un controlador proporcional+integral+derivativo (PID).
- Una ventaja proporcionada por el sistema y los procedimientos descritos anteriormente, es que la estabilidad del punto de polarización del modulador tiende a mejorar. La ventaja tiende a ser proporcionada manteniendo el punto de polarización tan próximo a 0 V como sea posible. Asimismo, la ventaja tiende a ser proporcionada minimizando o reduciendo sustancialmente la magnitud del cambio de tensión al que se ve expuesto el modulador.
- 10 Los sistemas y procedimientos dados a conocer en lo anterior no implementan una frecuencia de tono piloto o de oscilación y, por lo tanto, no tienden a acusar las desventajas mencionadas anteriormente asociadas con dichas características.
- 15 El punto de polarización del modulador puede tender a presentar una deriva con el tiempo. Esto puede ser debido a una combinación de factores. Por ejemplo, los cambios de temperatura pueden hacer que el punto de polarización presente una deriva. Asimismo, por ejemplo, los efectos electromecánicos (por ejemplo, tensiones mecánicas del chip modulador introducidas por la aplicación de tensión en su sustrato piezoeléctrico) pueden hacer que el punto de polarización presente una deriva. Asimismo, por ejemplo, las tensiones de polarización pueden derivar alejándose de 0 V con el tiempo debido a dominios de cargas atrapadas en la superficie del modulador. Asimismo, por ejemplo, debido al realineamiento de las cargas atrapadas, cualquier cambio de salto en la tensión de polarización puede tener como resultado un periodo de deriva del punto de polarización.
- 20 Dado que los moduladores tienden a responder de manera relativamente lenta, el algoritmo de control descrito anteriormente tiende a no tener que ser ejecutado de manera particularmente rápida. Por ejemplo, el algoritmo de control se puede ejecutar a una velocidad de 8 actualizaciones por segundo. Por lo tanto, ventajosamente, tiende a no existir la necesidad de un reloj de alta velocidad o de alta calidad para ejecutar el algoritmo de control descrito anteriormente. Por lo tanto, tiende a ser posible implementar el algoritmo de control utilizando, por ejemplo, osciladores incorporados en chip de microcontroladores de bajo coste, o un oscilador programable con resistencia que funcione, por ejemplo, a 50 kHz. Ventajosamente, esto tiende a tener como resultado un consumo de potencia relativamente bajo y un ruido digital reducido.
- 25 Ventajosamente, tiende a ser posible reducir o minimizar el riesgo de corrupción de señal o de firma haciendo funcionar el circuito descrito anteriormente a una velocidad de reloj muy baja. Además, el riesgo de corrupción de señal o de firma se puede reducir o minimizar asimismo comunicando solamente con el DAC cuando se debe suministrar al modulador un nuevo valor de salida (es decir, tensión de polarización).
- 30 La carga de procesamiento del algoritmo de control tiende a ser baja. Por lo tanto, tiende a ser posible que múltiples moduladores compartan el mismo procesador. Esto tiende ventajosamente a reducir los requisitos de hardware de un sistema multicanal.
- 35 Ventajosamente, tiende a ser posible fijar (es decir, bloquear o mantener) temporalmente la tensión de polarización (es decir, mantener la tensión de polarización en un cierto valor). Esto puede ser realizado por el procesador, por ejemplo en respuesta a una instrucción procedente del sistema anfitrión. Esta característica tiende a ser útil durante procesos de auto-calibración dado que tiende a impedir la suma de errores de fase/amplitud en la salida del modulador.
- 40 El sistema y el procedimiento descritos anteriormente tienden ventajosamente a evitar la necesidad de una tabla de consulta, o de una búsqueda de una salida de modulador máxima. Este hardware de control relativamente simple establece el punto de polarización con un potenciómetro y monitoriza el punto de polarización con un detector de ventana. Además, el hardware simplificado tiende ventajosamente a hacer la adquisición del punto de polarización de funcionamiento sustancialmente más rápida de lo que es posible convencionalmente. Por ejemplo, un punto de polarización de funcionamiento se puede encontrar en aproximadamente 2 a 10 segundos utilizando el sistema y los procedimientos descritos anteriormente, frente a los 30 s hasta varios minutos que tienden a ser necesarios mediante aparatos y procesos convencionales.
- 45 En el sistema y el aparato descritos anteriormente, la potencia de salida del modulador se puede medir desde el puerto de descarga del modulador (es decir, una segunda rama del acoplador de salida). Esto tiende ventajosamente a maximizar la potencia de salida del modulador que está disponible para el sistema anfitrión. Además, el fotodiodo de monitorización puede estar integrado en el paquete del modulador en lugar de utilizar una llave óptica externa.
- 50 El sistema y los procedimientos descritos anteriormente tienden ventajosamente a servir para una adquisición más rápida del punto de polarización. Asimismo, el sistema y los procedimientos descritos anteriormente tienden ventajosamente a servir para la reducción o minimización de la deriva del punto de polarización. Asimismo, el sistema y los procedimientos descritos anteriormente tienden ventajosamente a proporcionar una degradación elegante (es decir, controlada) del rendimiento cuando se alcanza el extremo del intervalo de control de polarización.
- 55

Tiende a ser posible evitar totalmente esta degradación, por ejemplo alertando al sistema anfitrión cuando se está aproximando el extremo del intervalo de control de polarización, de tal modo que el sistema anfitrión puede planificar un restablecimiento del modulador.

5 Los procedimientos descritos anteriormente son ventajosamente simples. En primer lugar, se establece una potencia de salida objetivo, correspondiente a polarización en cuadratura. En segundo lugar, cuando el láser se enciende y su salida es estable, comienza la búsqueda de un punto de polarización. El punto de polarización se encuentra adaptando la salida del modulador a la potencia de salida objetivo establecida, mediante el ajuste de la tensión de polarización. Se localiza el punto de polarización más próximo a 0 V. Este punto de polarización tiende a tener el mínimo potencial a presentar deriva. Este punto de polarización se encuentra barriendo la tensión de polarización en un zigzag aumentado gradualmente, centrado en torno a 0 V, hasta que se alcanza la potencia objetivo. A continuación se sigue el punto de polarización encontrado. Si la tensión de polarización se aproxima al límite de un intervalo de control durante su seguimiento, el sistema se puede restablecer, es decir, se puede devolver a cero la tensión de polarización y se puede reiniciar la búsqueda de un punto de polarización. Se puede alertar al sistema anfitrión, y permitirle seleccionar cuándo se produce de hecho el restablecimiento (para impedir la pérdida de servicio durante operaciones críticas). Si la tensión de polarización alcanza el límite del intervalo de control, la tensión de polarización se puede conservar (es decir, fijar o mantener en el valor extremo), permitiendo de ese modo que el rendimiento de RF del sistema se degrade gradualmente. Se puede notificar al sistema anfitrión que el límite de la tensión de polarización se ha alcanzado. Se puede permitir al sistema anfitrión elegir cuándo se produce un restablecimiento. Si el láser se desconecta, la tensión de polarización se puede mantener en su valor actual durante un periodo de tiempo definido. Este periodo de tiempo definido puede depender de durante cuánto se ha mantenido el punto de polarización del modulador (es decir, cómo de estable es el punto de polarización).

10

15

20

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento de control de un modulador óptico, siendo el modulador configurable para ser polarizado mediante la aplicación de la tensión de polarización 20 de tal modo que el modulador funcione en cuadratura, comprendiendo el procedimiento:
- 5            recibir, por el modulador, una entrada óptica;
- emitir, por el modulador, una salida óptica que tiene una potencia de salida;
- proporcionar un objetivo para la potencia de salida, siendo el objetivo para la potencia de salida una potencia de salida correspondiente a que el modulador funcione en cuadratura;
- 10           aplicar, al modulador, una tensión de polarización 20 que polariza el modulador de manera que la potencia de salida está dentro de un intervalo predefinido de la potencia de salida objetivo; **caracterizado por**
- detectar que una entrada óptica al modulador óptico ha sido desactivada;
- determinar un primer lapso de tiempo, siendo el primer lapso de tiempo un lapso de tiempo en el que, antes de que se desactive la entrada óptica al modulador óptico, la potencia de salida del modulador estaba dentro del intervalo predefinido de la potencia de salida objetivo; y
- 15           mantener la tensión de polarización 20 en su nivel actual durante un segundo lapso de tiempo, dependiendo el segundo lapso de tiempo del primer lapso de tiempo.
2. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que la tensión de polarización 20 está confinada a estar dentro del intervalo predefinido de tensión de polarización.
3. Un procedimiento según la reivindicación 2, comprendiendo el procedimiento además, si la tensión de polarización 20 está en un valor que está en un extremo del intervalo predefinido de la tensión de polarización, restablecer la tensión de polarización 20 para que sea igual a un valor inicial.
- 20           4. Un procedimiento según la reivindicación 3, en el que, antes de establecer la tensión de polarización 20 para que sea igual a su valor inicial, el valor actual de la tensión de polarización se mantiene durante un lapso de tiempo predeterminado.
- 25           5. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que después de que la tensión de polarización 20 se ha mantenido en su nivel actual durante el lapso de tiempo predeterminado, la tensión de polarización 20 se restablece a un valor inicial.
6. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que el valor inicial es de 0 V.
- 30           7. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el lapso de tiempo predeterminado durante la que se mantiene la tensión de polarización 20 en su nivel actual es cero si el primer lapso de tiempo está por debajo de un valor umbral.
8. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, comprendiendo además el procedimiento monitorizar la potencia de salida del modulador y, si se determina que la potencia de salida del modulador está fuera del intervalo predefinido de la potencia de salida objetivo, variar el valor de la tensión de polarización 20 para devolver la potencia de salida del modulador al interior del intervalo predefinido de la potencia de salida objetivo; y
- 35           9. Un procedimiento según la reivindicación 8, comprendiendo además el procedimiento, si, para devolver la potencia de salida del modulador al interior del intervalo predefinido de la potencia de salida objetivo, la tensión de polarización 20 se tiene que establecer a un valor que está fuera del intervalo predefinido de la tensión de polarización, enviar un mensaje de estado para su utilización por un sistema anfitrión.
- 40           10. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que la potencia de salida del modulador está dentro de un intervalo predefinido de la potencia de salida objetivo si la potencia de salida del modulador es sustancialmente igual a la potencia de salida objetivo.
11. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que la potencia de salida objetivo se proporciona por medio de un potenciómetro 12 o de un convertidor digital a analógico.
- 45           12. Un procedimiento de control de una unidad de modulación para un sistema de comunicaciones ópticas, comprendiendo la unidad de modulación un láser para generar una señal portadora óptica, un modulador óptico para modular la señal portadora óptica, siendo el modulador óptico configurable para ser polarizado mediante la aplicación de una tensión de polarización 20 de tal modo que el modulador óptico funcione en cuadratura, comprendiendo el procedimiento controlar la tensión de polarización 20 suministrada al modulador óptico utilizando un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14.
- 50

13. Aparato para controlar un modulador óptico, siendo el modulador configurable para ser polarizado mediante la aplicación de la tensión de polarización 20 de tal modo que el modulador funcione en cuadratura, estando configurado el modulador para recibir una entrada óptica y emitir una salida óptica, teniendo la salida óptica una potencia de salida, comprendiendo el aparato:
- 5 un medio de aplicación de tensión configurado para aplicar, al modulador, una tensión de polarización 20 que polariza el modulador de manera que la potencia de salida esté dentro de un intervalo predefinido de una potencia de salida objetivo, siendo el objetivo para la potencia de salida una potencia de salida correspondiente a que el modulador funcione en cuadratura;
- 10 medios de detección configurados para detectar que una entrada óptica al modulador óptico ha sido desactivada; y
- uno o varios procesadores configurados para determinar un primer lapso de tiempo, siendo el primer lapso de tiempo un lapso de tiempo en el que, antes de que la entrada óptica al modulador óptico sea desactivada, la potencia de salida del modulador estaba dentro de un intervalo predefinido de la potencia de salida objetivo, en el que
- 15 el medio de aplicación de tensión está configurado además para, cuando la entrada óptica al modulador óptico es desactivada, mantener la tensión de polarización 20 en su nivel actual durante un segundo lapso de tiempo, dependiendo el segundo lapso de tiempo del primer lapso de tiempo.
14. Un programa informático o una serie de programas informáticos dispuestos de tal modo que cuando son ejecutados por un sistema informático hacen que el sistema informático funcione según el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12.
- 20 15. Un medio de almacenamiento legible a máquina que almacena un programa informático o por lo menos uno de la serie de programas informáticos según la reivindicación 14.

Fig. 1

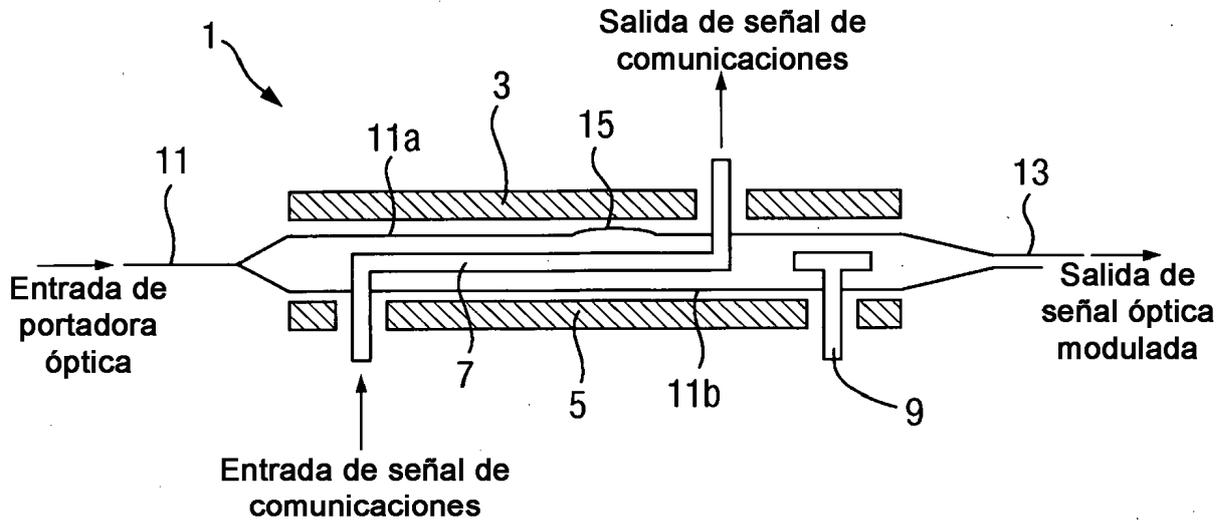


Fig. 2

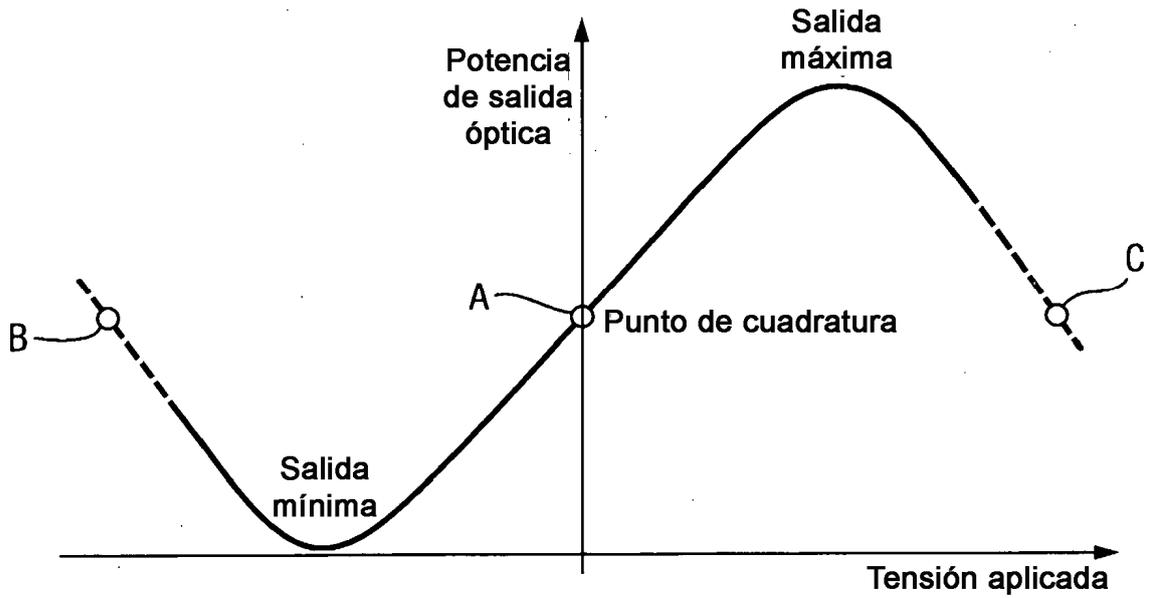


Fig. 3

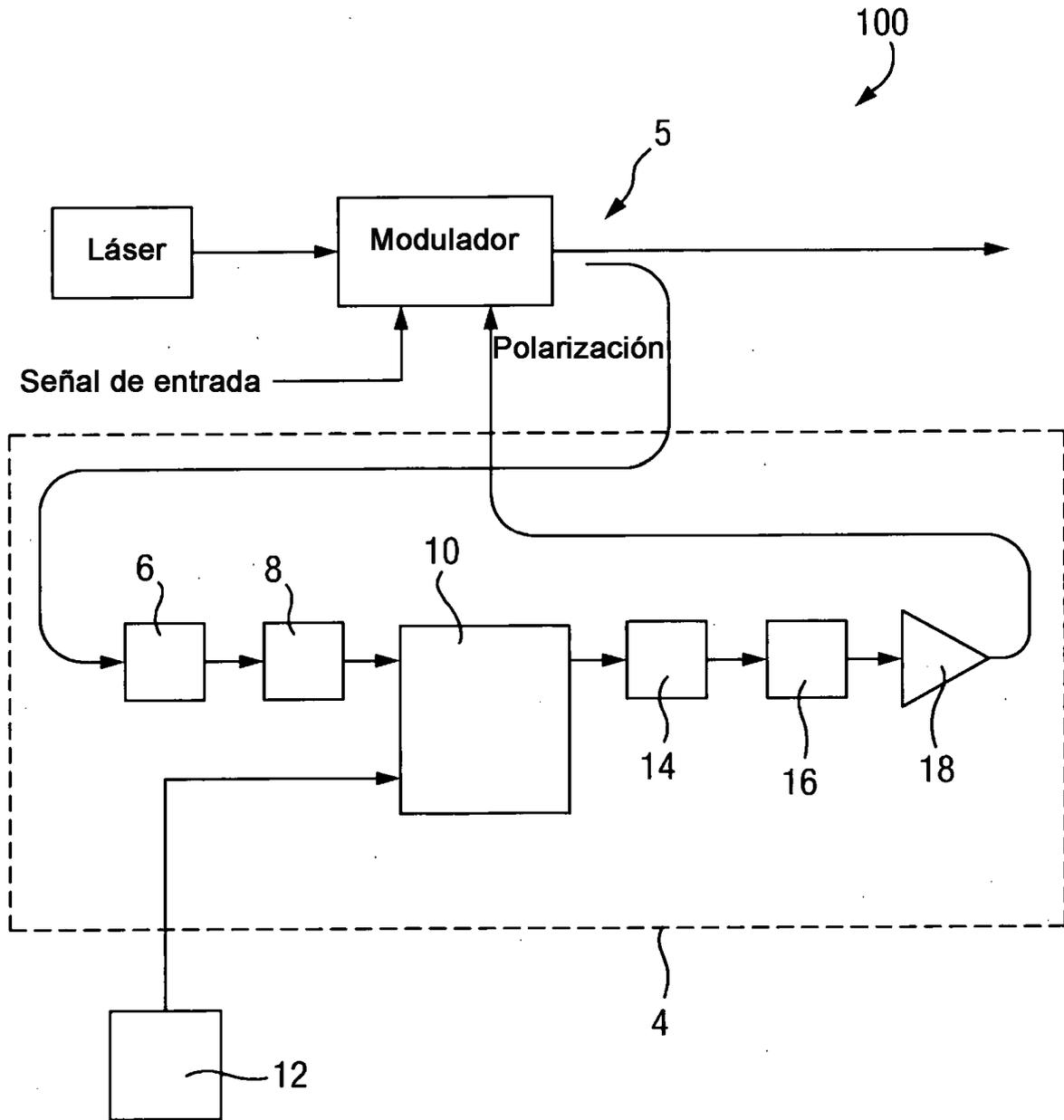


Fig. 4

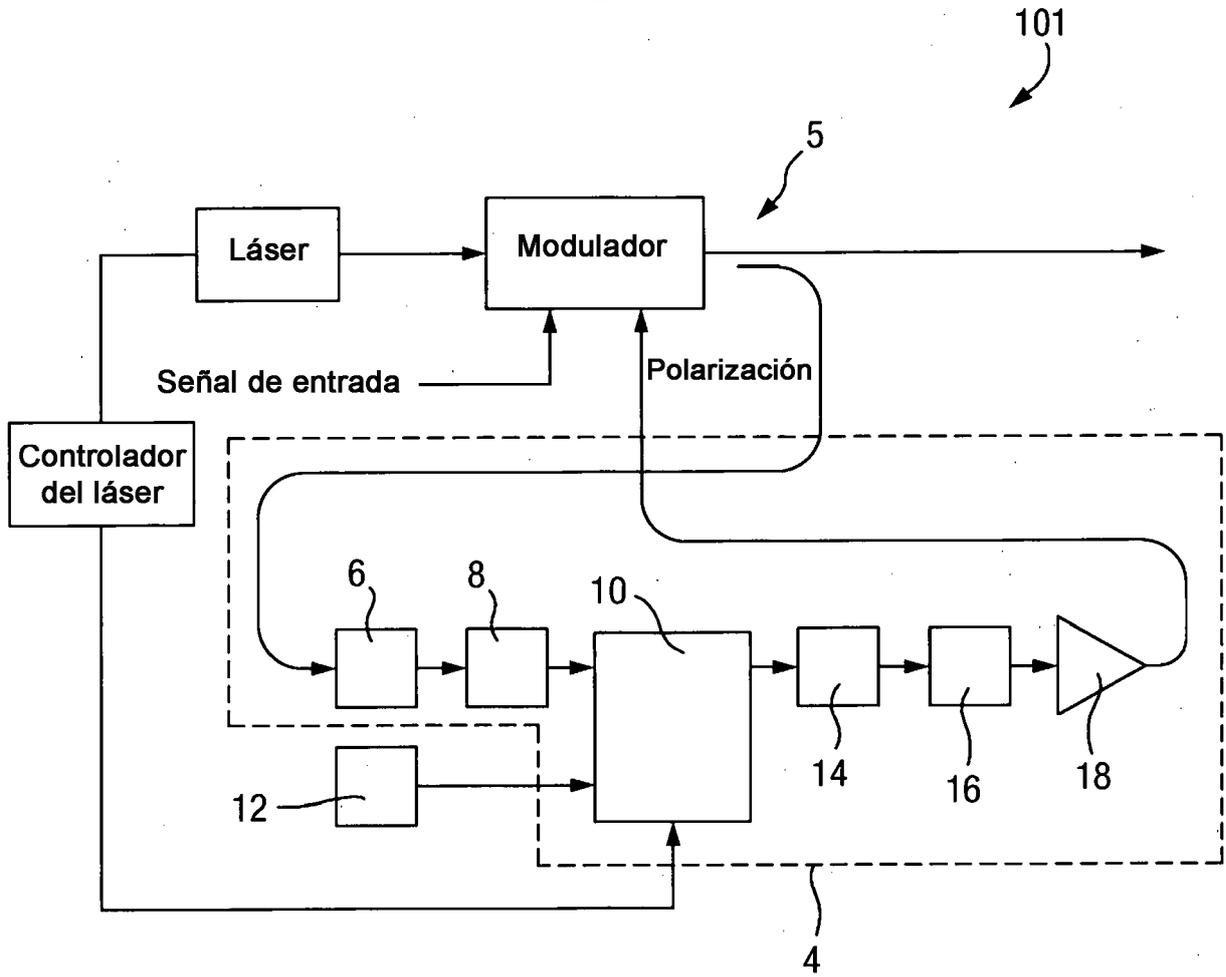


Fig. 5

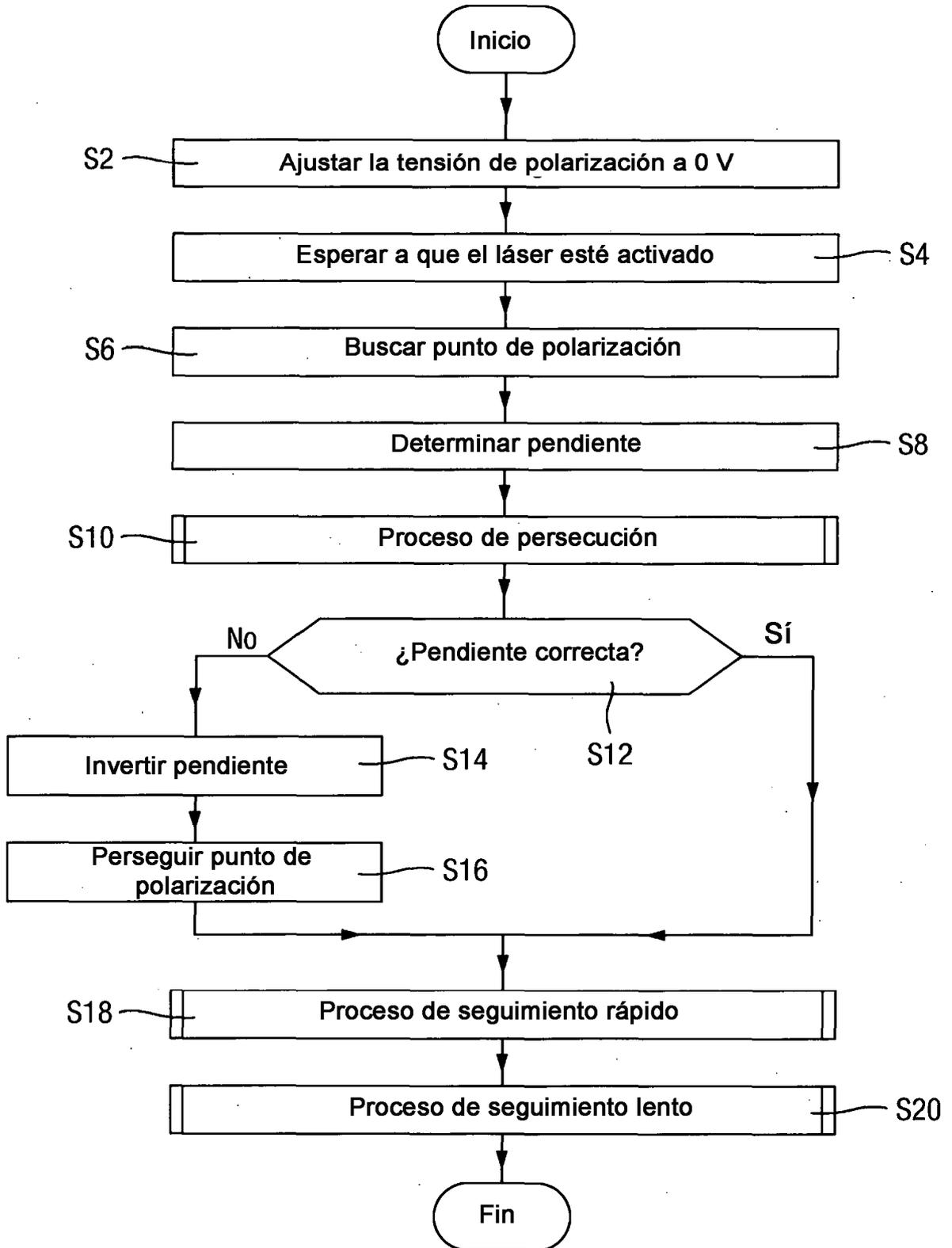


Fig. 6

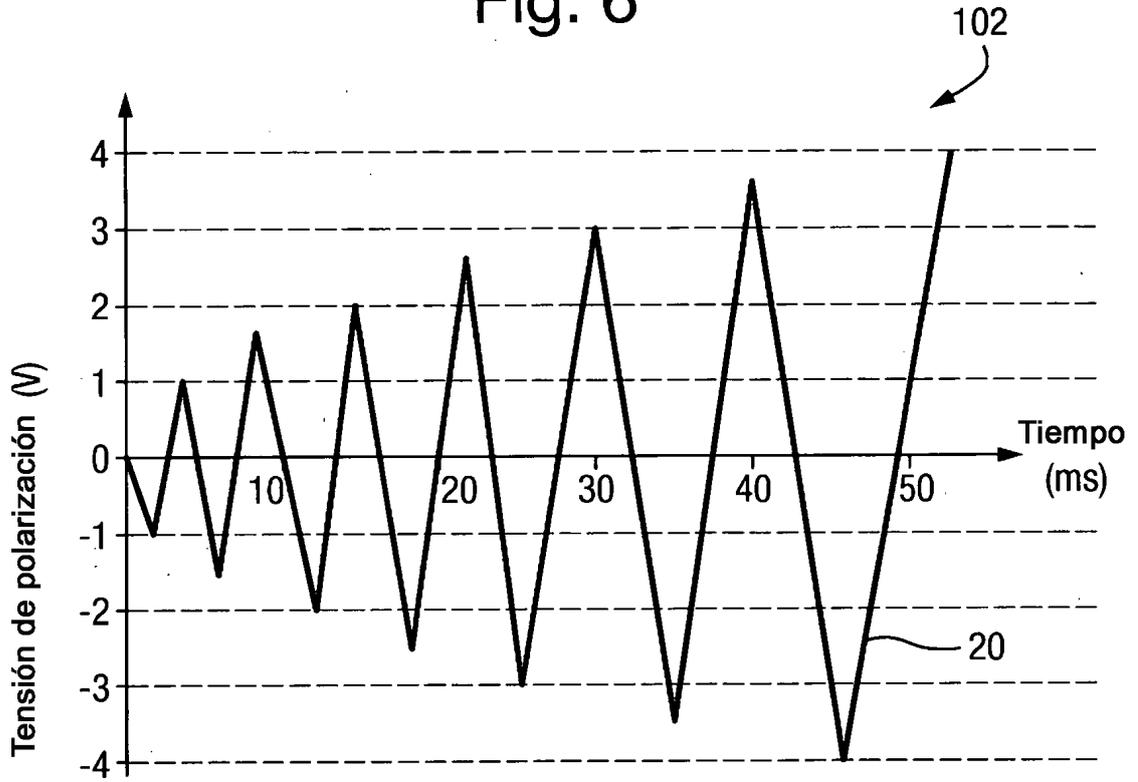


Fig. 8

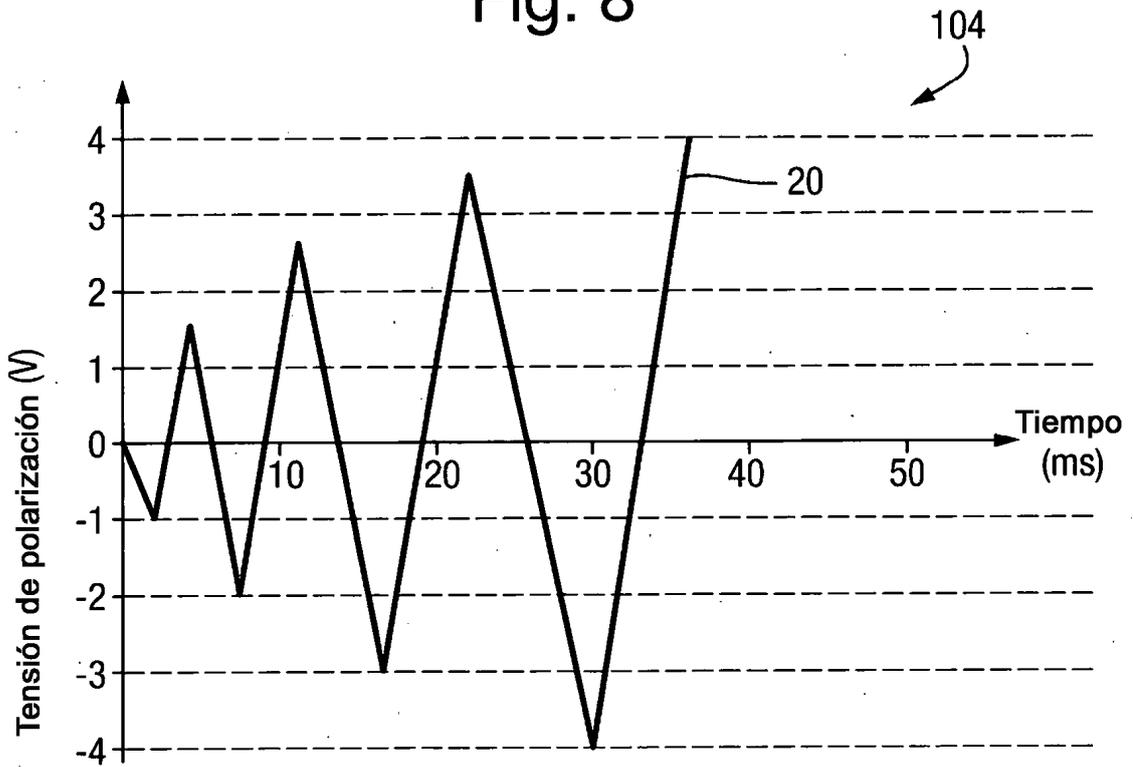


Fig. 7

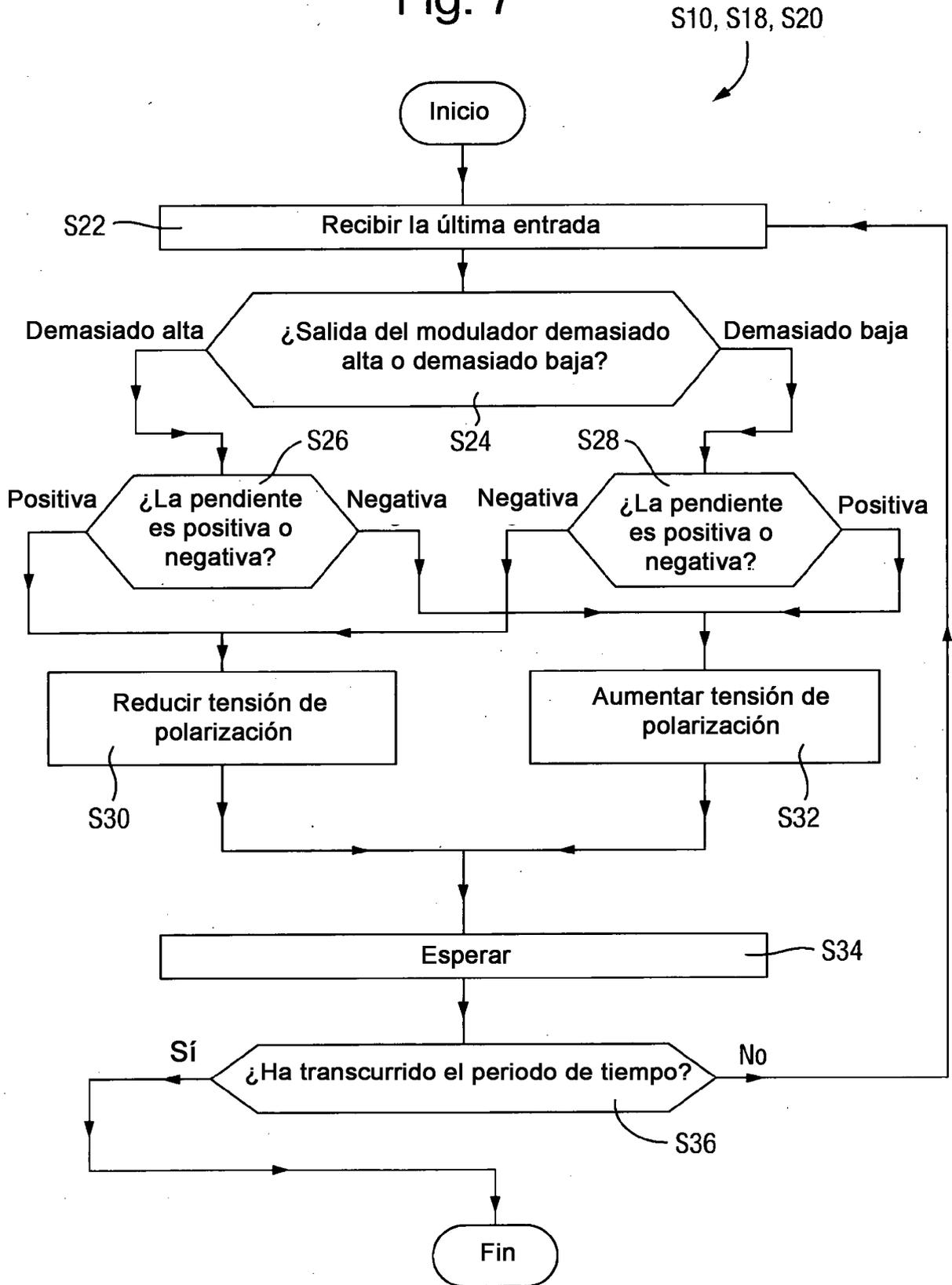


Fig. 9

