

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 425 570**

51 Int. Cl.:

**H01S 3/00** (2006.01)

**H01S 4/00** (2006.01)

**H04B 10/2581** (2013.01)

**H04B 10/291** (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.07.2006 E 06800285 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.06.2013 EP 1913664**

54 Título: **Amplificador de fibra óptica multimodo y método de amplificación de señales ópticas**

30 Prioridad:

**02.08.2005 US 194762**

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

**16.10.2013**

73 Titular/es:

**EXELIS INC. (100.0%)  
1650 Tysons Boulevard, Suite 1700  
McLean, VA 22102, US**

72 Inventor/es:

**FISHER, DONALD SCOTT**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 425 570 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**

Amplificador de fibra óptica multimodo y método de amplificación de señales ópticas

## 5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

1. Campo técnico

La presente invención se refiere a sistemas de comunicaciones ópticas. En particular, la presente invención se refiere a un amplificador de fibra óptica multimodo que emplea un ajuste dinámico de la ganancia para producir señales ópticas amplificadas con ruido reducido y en los niveles deseados para prevenir la saturación de un detector óptico. El amplificador de la presente invención se utiliza, preferiblemente, dentro de una unidad de recepción para un sistema de comunicaciones ópticas.

2. Debate sobre la técnica relacionada

Los sistemas de comunicación ópticas transmiten información en forma de señales ópticas a través del medio ambiente entre las unidades de comunicación óptica. Típicamente, las señales transmitidas hacen frente a condiciones atmosféricas y de otro tipo. Generalmente, una unidad de comunicación óptica emplea una óptica de gran tamaño para enfocar las señales ópticas recibidas directamente sobre un detector para la detección de la señal. Sin embargo, algunas unidades de comunicación pueden utilizar un amplificador para amplificar las señales ópticas recibidas y permitir la detección de señales más débiles.

Los amplificadores ópticos para amplificar las señales ópticas dentro de los sistemas de comunicación óptica se han implementado, generalmente, en base a fibras monomodo. Estos tipos de amplificadores tienden a tener un ruido reducido. Básicamente, una fibra óptica es, típicamente, cilíndrica e incluye una parte central o núcleo rodeado por un material óptico o revestimiento. Las señales lumínicas u ópticas son guiadas por la fibra a través del núcleo, mientras que el revestimiento mantiene la luz dentro del núcleo gracias a la reflexión interna. Las fibras monomodo tienen un núcleo de pequeñas dimensiones, permitiendo, de esta manera, que la luz atraviese el núcleo en un único rayo. Por el contrario, las fibras multimodo incluyen un núcleo de mayores dimensiones que permite que la luz atraviese el núcleo en una pluralidad de rayos o modos.

Sin embargo, los amplificadores monomodo adolecen de diversas desventajas. Inicialmente, la probabilidad de recepción de una señal óptica transmitida en una unidad de comunicación óptica mejora en función del diámetro y del campo de visión (por ejemplo, denominado comúnmente apertura numérica o ángulo de aceptación) de una fibra óptica que recibe la señal transmitida. Estas características de la fibra deberían ser maximizadas para una aplicación particular para conseguir una mayor probabilidad de recepción. Debido a que las fibras monomodo generalmente tienen un diámetro relativamente pequeño y una apertura numérica estándar, la probabilidad de recepción de una señal transmitida a través de una fibra monomodo es limitada. Además, las fibras monomodo requieren conexiones complejas en comparación con las fibras multimodo, complicando, de esta manera, el amplificador o el sistema.

Aunque las fibras multimodo incluyen un diámetro mayor para mejorar la probabilidad de recepción, los modos adicionales proporcionados por este tipo de fibra producen ruido (por ejemplo, emisión espontánea amplificada (Amplified Spontaneous Emission, ASE)) que puede dominar la señal monomodo deseada.

Un ejemplo de un amplificador de fibra multimodo puede encontrarse en el documento US5187759.

OBJETOS Y SUMARIO DE LA INVENCION

Por consiguiente, un objeto de la presente invención es la amplificación de señales ópticas dentro de un receptor de una unidad de comunicaciones ópticas a través de un amplificador de fibra óptica multimodo que produce señales amplificadas con ruido reducido.

Otro objeto de la presente invención es el empleo de un filtro de banda estrecha, sintonizable, dentro de un amplificador de fibra óptica multimodo para proporcionar señales ópticas amplificadas con ruido reducido.

Todavía otro objeto de la presente invención es el empleo de un limitador dinámico dentro de un amplificador de fibra óptica multimodo para prevenir que las señales amplificadas saturen un detector óptico de una unidad de comunicaciones óptica.

Todavía otro objeto de la presente invención es controlar dinámicamente la amplificación de señales ópticas por un amplificador de fibra óptica multimodo para producir señales dentro de un rango deseado para la detección por un detector óptico de una unidad de comunicaciones ópticas.

Los objetos indicados anteriormente pueden conseguirse individualmente y/o en combinación, y no se pretende que se interprete que la presente invención requiera la combinación de dos o más de los objetos, a menos que las reivindicaciones adjuntas lo requieran expresamente.

5 Según la presente invención, un receptor de fibra multimodo incluye un colimador multimodo, un amplificador de fibra óptica multimodo y un detector. El colimador recibe las señales entrantes y proporciona las señales al amplificador. El amplificador incluye una pluralidad de etapas de amplificación, un limitador, un filtro de banda estrecha sintonizable y un microcontrolador. Las etapas de amplificación están dispuestas en serie y cada una incluye un elemento de ganancia y un filtro de ruido, en el que el filtro de ruido elimina el ruido de las señales amplificadas. Las señales del colimador son transportadas por la fibra multimodo a las etapas de amplificación para el procesamiento. La ganancia aplicada por las etapas de amplificación a las señales es controlada por el microcontrolador. El limitador recibe las señales amplificadas desde las etapas de amplificación y limita la energía de las señales ópticas según unas señales de control desde el microcontrolador. Las señales ópticas desde el limitador atraviesan el filtro de banda estrecha para proporcionar las señales deseadas al detector. La banda de paso del filtro de banda estrecha es ajustada según las señales de control desde el microcontrolador. El microcontrolador mide la energía de las señales entrantes y de salida del amplificador para proporcionar las señales de control apropiadas y permitir que el amplificador de fibra óptica multimodo produzca señales dentro del rango dinámico de una aplicación particular. Preferiblemente, el amplificador de fibra óptica multimodo y/o el receptor de la presente invención se utilizan dentro de una unidad de comunicación óptica, pero pueden utilizarse para que cualquier aplicación reciba y/o amplifique las señales ópticas.

La presente invención proporciona diversas ventajas. En particular, el amplificador de la presente invención es compatible con las fibras multimodo con unas dimensiones máximas de aproximadamente cincuenta micrómetros y otros componentes multimodo (por ejemplo, colimador multimodo, etc.). Además, la presente invención produce señales amplificadas con ruido reducido mediante el empleo de un filtro de banda estrecha sintonizable para reducir los niveles de ruido de la señal. Además, la presente invención previene la saturación de los detectores ópticos mediante la producción de señales por debajo de un nivel de saturación del detector a través de un limitador dinámico.

Los objetos, características y ventajas anteriores y otros adicionales de la presente invención serán evidentes tras la consideración de la descripción detallada siguiente de las realizaciones específicas de la misma, particularmente cuando se toman en conjunción con los dibujos adjuntos, en los que los números de referencia similares en las diversas figuras se utilizan para designar los componentes similares.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema de comunicaciones ópticas ejemplar que emplea un receptor óptico con un amplificador de fibra óptica multimodo según la presente invención.

La Figura 2 es un diagrama de bloques esquemático del receptor de la Figura 1 que incluye el amplificador de fibra óptica multimodo según la presente invención.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

Un sistema de comunicaciones ópticas ejemplar, que emplea un receptor óptico con un amplificador de fibra óptica multimodo según la presente invención, se ilustra en la Figura 1. Específicamente, el sistema 10 de comunicaciones ópticas incluye una pluralidad de transceptores 20 ópticos, cada uno situado en un sitio diferente. Los transceptores ópticos se comunican entre sí en base a la transmisión y la recepción de señales ópticas, preferiblemente en la forma de señales láser. El sistema ejemplar puede ser utilizado para aplicaciones aire-a-aire o aire-a-tierra.

Cada transceptor 20 transmite y recibe señales ópticas e incluye una estructura 22 de recepción/transmisión, una unidad 24 óptica, un transmisor 26 óptico, una unidad 28 de seguimiento y de posición y un receptor 30 óptico. El receptor 30 incluye un amplificador 50 de fibra óptica multimodo según la presente invención. La estructura 22 interconecta un entorno circundante para recibir y transmitir señales ópticas, mientras que la unidad 24 óptica está acoplada a los componentes del transceptor (por ejemplo, el transmisor 26 óptico, la unidad 28 de posición y el receptor 30 óptico) para dirigir las señales hacia y desde la estructura 22. A modo de ejemplo, la estructura 22 puede ser implementada por medio de un telescopio de apertura común convencional.

El transmisor 26 óptico produce señales ópticas para su transmisión por la estructura 22, mientras que la unidad 28 de seguimiento y posición recibe señales ópticas entrantes desde la unidad 24 óptica y otra información (por ejemplo, ubicación GPS, etc.) y determina los ajustes apropiados para permitir que el transceptor óptico se sintonice con una señal óptica transmitida por otro transceptor 20 óptico.

El receptor 30 óptico recibe y procesa las señales ópticas entrantes desde la unidad 24 óptica. El receptor óptico incluye un amplificador 50 de fibra óptica multimodo para amplificar las señales ópticas recibidas por el receptor para su detección y/o procesamiento. Esta amplificación permite que el receptor detecte y/o procese señales ópticas débiles y proporcione al receptor una sensibilidad mejorada.

El receptor 30 óptico, que incluye el amplificador 50 de fibra óptica multimodo según la presente invención, se ilustra en la Figura 2. Específicamente, el receptor 30 óptico incluye un colimador 21 de fibra multimodo, un amplificador 50 óptico de fibra multimodo y un detector 23. Típicamente, el colimador y el detector están implementados con componentes ópticos convencionales y, preferiblemente, son compatibles con fibras ópticas multimodo de cincuenta micrómetros. A modo de ejemplo solamente, el colimador 21 incluye una apertura numérica de 0,14, y puede alojar un flujo de datos de 3,125 Gigabits por segundo (Gb/s).

El colimador 21 recibe señales ópticas entrantes desde la unidad 24 óptica (Figura 1). El colimador produce un haz colimado y está acoplado a un conector 62 de fibra convencional de tipo SMA del amplificador 50 a través de una fibra 51 multimodo. El conector 62 está acoplado además a una fibra 53 multimodo que se extiende a través del amplificador 50 para transmitir las señales ópticas. Típicamente, las fibras 51, 53 incluyen dimensiones de la sección transversal de cincuenta micrómetros por razones de compatibilidad entre los mismos y el colimador. A modo de ejemplo solamente, la fibra 53 incluye además una apertura numérica de 0,13. Las dimensiones de la sección transversal de las fibras 51,53 (por ejemplo, cincuenta micrómetros) proporcionan un área superficial mayor para mejorar la eficiencia de recolección de la señal óptica (por ejemplo, en más de 100 veces en comparación con la eficiencia de una fibra monomodo) desde el colimador. Además, las fibras multimodo requieren una disposición de conexión menos compleja en comparación con las fibras monomodo, tal como se ha descrito anteriormente.

El amplificador 50 incluye etapas 80, 90 de amplificación, un limitador o interruptor 52, un filtro 54 de banda estrecha sintonizable y un microcontrolador 60. La etapa 80 de amplificación recibe y amplifica las señales ópticas colimadas desde la fibra 53. La etapa de amplificación incluye un elemento de ganancia multimodo o amplificador 82 y un filtro 84 de ruido. El elemento 82 de ganancia está implementado, preferiblemente, por un amplificador de fibra multimodo, dopada con erbio (EDFA). Este tipo de amplificador incluye, generalmente, una fibra dopada con erbio u otro elemento de tierras raras que incluye estructuras atómicas para amplificar la luz. Básicamente, la energía es inyectada en la fibra dopada para estimular los átomos del elemento de tierras raras para liberar la energía almacenada en forma de luz dentro de un rango de longitud de onda particular (por ejemplo, 1.310 nanómetros o 1.550 nanómetros). Una señal óptica débil dentro del rango de longitudes de onda (por ejemplo, 1.310 nanómetros o 1.550 nanómetros) de la energía liberada y que entra a la fibra absorbe la energía liberada durante el recorrido a través de la fibra, produciendo, de esta manera, una señal amplificada. El amplificador 50 de fibra óptica incluye un láser 70 de bombeo para inyectar la energía apropiada para estimular la fibra dopada y amplificar las señales ópticas. Típicamente, el láser de bombeo está acoplado a la fibra 53 para inyectar la energía de estimulación a esa fibra hacia la entrada del elemento 82 de ganancia. A modo de ejemplo solamente, el láser de bombeo está implementado por diodos láser que proporcionan señales láser que incluyen una longitud de onda de aproximadamente 980 nanómetros. Sin embargo, el láser de bombeo puede ser implementado mediante cualquier dispositivo convencional u otro dispositivo que proporcione señales láser u otras señales de cualquier longitud de onda adecuada compatible con una fibra dopada. El láser de bombeo es controlado por el microcontrolador 60 para controlar la estimulación de la fibra dopada y la ganancia aplicada a las señales ópticas.

Las señales amplificadas desde el elemento 82 de ganancia multimodo se aplican al filtro 84 de ruido. Preferiblemente, el filtro de ruido es un filtro fijo de emisión espontánea amplificada (ASE). Las señales amplificadas contienen básicamente la banda deseada y señales extrañas en forma de luz blanca. El filtro 84 de ruido elimina o filtra la luz blanca para proporcionar una señal amplificada con ruido reducido.

Las señales amplificadas desde la etapa 80 de amplificación (por ejemplo, el filtro 84 de ruido) son recibidas por la etapa 90 de amplificación a través de la fibra 53. La etapa 90 de amplificación es sustancialmente similar a la etapa 80 de amplificación descrita anteriormente e incluye un elemento de ganancia multimodo o amplificador 92 y un filtro 94 de ruido. El elemento 92 de ganancia es sustancialmente similar al elemento 82 de ganancia y se implementa preferiblemente mediante un amplificador de fibra multimodo dopada con erbio (EDFA), tal como se ha descrito anteriormente. El láser 70 de bombeo está acoplado, además, a la fibra 53 hacia la entrada del elemento 92 de ganancia para inyectar la energía de estimulación para el elemento de ganancia en esa fibra. El láser de bombeo es controlado por el microcontrolador 60 para controlar la estimulación de la fibra dopada del elemento 92 de ganancia y la ganancia aplicada a las señales ópticas, tal como se ha descrito anteriormente. Las señales amplificadas desde el elemento 92 de ganancia multimodo se aplican al filtro 94 de ruido. El filtro de ruido es sustancialmente similar al filtro 84 de ruido y, preferiblemente, está en la forma de un filtro fijo de emisión

espontánea amplificada (ASE), tal como se ha descrito anteriormente. El filtro 94 de ruido elimina o filtra la luz blanca extraña para proporcionar una señal amplificada con ruido reducido, tal como se ha descrito anteriormente. Las etapas de amplificación básicamente mejoran la sensibilidad del receptor 30. A modo de ejemplo solamente, el receptor 30 puede estar configurado para incluir una sensibilidad de -42 dBm.

El limitador 52 está preferiblemente en la forma de un atenuador óptico variable convencional (Variable Optical Attenuator, VOA) y recibe las señales ópticas amplificadas desde la etapa 90 de amplificación (por ejemplo, el filtro 94 de ruido) a través de la fibra 53. El limitador controla la energía de las señales ópticas para prevenir la saturación del detector 23 según las señales de control desde el microcontrolador 60. A modo de ejemplo solamente, el limitador atenúa las señales superiores a 7,5 dBm para prevenir la saturación del detector. Sin embargo, el limitador puede atenuar las señales de cualquier nivel deseado de la señal.

El filtro 54 de banda estrecha puede ser implementado mediante cualquier filtro óptico paso banda convencional o de otro tipo. El filtro de banda estrecha recibe las señales ópticas desde el limitador 52 a través de la fibra 53 y filtra esas señales para proporcionar señales ópticas dentro de una banda o rango deseado. Esto reduce adicionalmente el ruido y ayuda al receptor con respecto a la sintonización con una señal transmitida. La banda de paso del filtro 54 es ajustable por medio del microcontrolador 60 para proporcionar señales en un rango dinámico deseado. A modo de ejemplo solamente, el filtro puede limitar la banda óptica dentro de un rango de un nanómetro.

El microcontrolador 60 puede ser implementado mediante cualquier microprocesador, controlador o circuito convencional o de otro tipo. El microcontrolador controla el amplificador 50 para optimizar la señal de salida amplificada y realiza diversas supervisiones de seguridad para garantizar un funcionamiento apropiado del receptor. En particular, el microcontrolador proporciona señales de control al limitador 52, al filtro 54 de banda estrecha y al láser 70 de bombeo para controlar la ganancia de las señales ópticas. Específicamente, un fotodiodo 66 de entrada está dispuesto a lo largo de la fibra 53 entre el conector 62 y la etapa 80 de amplificación (por ejemplo, el elemento 82 de ganancia). El fotodiodo de entrada puede ser implementado por medio de cualquier sensor óptico convencional o de otro tipo para medir la intensidad de la señal óptica entrante. De manera similar, un fotodiodo 68 de salida está dispuesto a lo largo de la fibra 53 después del filtro 54 de banda estrecha. El fotodiodo de salida puede ser implementado por medio de cualquier sensor óptico convencional o de otro tipo para medir la intensidad de la señal óptica amplificada. Los fotodiodos 66, 68 están acoplados al microcontrolador 60 para proporcionar mediciones de la señal óptica. El microcontrolador procesa las mediciones de señal y otra información para controlar la atenuación de limitador 52, la banda de paso del filtro 54 de banda estrecha y la ganancia de las etapas 80, 90 de amplificación (a través del láser 70 de bombeo) para producir señales en el rango dinámico deseado, preferiblemente por debajo del nivel de saturación para el detector 23. Por ejemplo, cuando la señal de salida o de ganancia (por ejemplo, la señal de salida amplificada dividida por la señal óptica entrante) alcanza un nivel que supera un rango deseado, el microcontrolador puede disminuir la ganancia de las etapas de amplificación, puede aumentar la atenuación del limitador 52 y/o puede ajustar la banda de paso del filtro de banda estrecha. Si la señal de salida o la ganancia alcanza un nivel por debajo de un rango deseado, el microcontrolador puede aumentar la ganancia de las etapas de amplificación, puede disminuir la atenuación del limitador 52 y/o puede ajustar la banda de paso del filtro de banda estrecha. Preferiblemente, el microcontrolador emplea técnicas convencionales para procesar las mediciones de la señal y determinar los parámetros para controlar los componentes del amplificador. Básicamente, el microcontrolador y los fotodiodos forman un bucle de retroalimentación para proporcionar una ganancia variable y producir señales ópticas deseadas.

El microcontrolador supervisa además las condiciones de la unidad o del sistema y puede realizar diversas acciones en respuesta a esas condiciones. Específicamente, el microcontrolador puede interconectar un sistema de procesamiento u otro dispositivo (por ejemplo, sensores, etc.) del receptor o transceptor óptico a través de cualquier interfaz adecuada convencional o de otro tipo (por ejemplo, RS-232, RS-422, etc.) para recibir y/o proporcionar información (por ejemplo, temperatura, señales TTL, alarmas, etc.). El microcontrolador procesa la información para determinar las condiciones del sistema y puede controlar diversos componentes del sistema. Por ejemplo, el microcontrolador puede recibir señales de temperatura y desactivar el sistema (o componentes específicos del sistema) y/o proporcionar alarmas en respuesta a temperaturas excesivas. Además, el microcontrolador puede estar acoplado a dispositivos de temperatura (por ejemplo, dispositivos termoelectrónicos u otros dispositivos de refrigeración/calefacción, etc.) y puede controlar esos dispositivos para mantener una temperatura de funcionamiento deseada o rango de temperaturas deseado para el sistema o la unidad.

Las señales resultantes desde el filtro 54 de banda estrecha son proporcionadas a la fibra 53 multimodo. La fibra multimodo está acoplada a un conector 64 convencional de tipo SMA del amplificador 50. El detector 23 está acoplado al conector 64 a través de una fibra 57 multimodo para recibir las señales amplificadas para la detección y/o el procesamiento por el receptor 30 óptico. Típicamente, la fibra 57 incluye dimensiones de sección transversal

de cincuenta micrómetros para la compatibilidad con la fibra 53 y el detector. Las dimensiones de sección transversal de la fibra 57 (por ejemplo, cincuenta micrómetros) coinciden con las dimensiones del detector para minimizar o prevenir un acoplamiento deficiente y fugas, maximizando, de esta manera, las señales ópticas recibidas por el detector. La fibra multimodo requiere, además, una disposición de conexión menos compleja en relación a las fibras monomodo, tal como se ha descrito anteriormente. Preferiblemente, el detector funciona en un ancho de banda en el intervalo aproximado de dos a tres gigahercios, y proporciona una coincidencia complementaria con las fibras 53, 57 multimodo. A modo de ejemplo, el detector puede ser implementado por medio de un detector de tipo PIN acoplado a una fibra de cincuenta micrómetros (por ejemplo, la fibra 57).

El funcionamiento del amplificador de la presente invención se describe con referencia a la Figura 2. Específicamente, la fibra 53 recibe las señales ópticas entrantes y transmite esas señales a la etapa 80 de amplificación. Las señales ópticas entrantes pueden ser proporcionadas por diversas fuentes, dependiendo de una aplicación particular. A modo de ejemplo solamente, las señales ópticas son proporcionadas por el colimador 21 multimodo del receptor 30 óptico que está acoplado a la fibra 53 multimodo a través de la fibra 51 multimodo y el conector 62, tal como se ha descrito anteriormente. La etapa 80 de amplificación amplifica y filtra el ruido de las señales ópticas entrantes, donde las señales amplificadas son amplificadas adicionalmente y el ruido es filtrado por la etapa 90 de amplificación. Las etapas de amplificación son controladas por el microcontrolador 60, tal como se ha descrito anteriormente. El limitador 52 recibe las señales amplificadas desde la etapa 90 de amplificación y atenúa las señales ópticas según las señales de control desde el microcontrolador 60, tal como se ha descrito anteriormente. El filtro 54 de banda estrecha recibe las señales atenuadas y proporciona señales ópticas dentro de una banda de paso deseada según las señales de control desde el microcontrolador 60, tal como se ha descrito anteriormente. El microcontrolador controla los componentes del amplificador según las intensidades de las señales ópticas de entrada y amplificadas medidas por los fotodiodos 66, 68, tal como se ha descrito anteriormente. Las señales amplificadas resultantes son proporcionadas a la fibra 53 multimodo y pueden ser suministradas a diversos dispositivos dependiendo de una aplicación particular. A modo de ejemplo solamente, las señales amplificadas resultantes son proporcionadas al detector 23 del receptor 30 óptico que está acoplado a la fibra 53 multimodo a través de la fibra 57 multimodo y el conector 64, tal como se ha descrito anteriormente.

Se apreciará que las realizaciones descritas anteriormente e ilustradas en los dibujos representan sólo unas pocas de entre las muchas maneras de implementar un amplificador de fibra óptica multimodo y el método de amplificación de señales ópticas.

El amplificador de la presente invención puede amplificar cualquier tipo de señal óptica (por ejemplo, luz, láser, etc.) de cualquier longitud de onda o frecuencia adecuadas. El amplificador de la presente invención puede recibir señales ópticas desde y proporcionar señales ópticas amplificadas a cualquier dispositivo óptico adecuado (por ejemplo, colimador, detector, monomodo, multimodo, etc.). El receptor óptico de la presente invención puede recibir cualquier tipo de señal óptica (por ejemplo, luz, láser, etc.) de cualquier longitud de onda o frecuencia adecuadas. El receptor puede ser utilizado dentro de cualquier dispositivo adecuado que aloje señales ópticas (por ejemplo, transceptor óptico, sistema o unidad de comunicaciones ópticas, etc.). El receptor y el amplificador pueden alojar señales ópticas en cualquier velocidad de datos deseada (por ejemplo, gigabits, megabits, etc.).

El colimador puede ser implementado por medio de cualquier cantidad de cualquier dispositivo óptico convencional o de otro tipo para proporcionar señales ópticas colimadas (por ejemplo, multimodo, monomodo, etc.). El detector puede ser implementado por medio de cualquier cantidad de cualquier dispositivo de detección convencional o de otro tipo para detectar señales ópticas.

El amplificador de la presente invención puede incluir cualquier cantidad de componentes (por ejemplo, etapas de amplificación, elementos de ganancia, filtros, limitadores, etc.) dispuestos de cualquier manera. El limitador puede ser de cualquier cantidad, puede ser implementado por medio de cualquier dispositivo de atenuación óptica convencional o de otro tipo (por ejemplo, atenuador óptico variable, etc.) y puede atenuar la señal óptica en cualquier cantidad deseada. El limitador puede tener una atenuación fija o predeterminada, o la atenuación puede ser ajustable o dinámica. El filtro de banda estrecha puede ser de cualquier cantidad, puede ser implementado mediante cualquier filtro óptico convencional o de otro tipo y puede proporcionar señales dentro de cualquier banda de paso deseada (por ejemplo, señales ópticas de cualquier longitud de onda deseada o dentro de cualquier rango deseado de longitudes de onda, etc.). El filtro de banda estrecha puede tener una banda de paso fija o predeterminada, o la banda de paso puede ser ajustable o dinámica.

El amplificador puede incluir cualquier cantidad de etapas de amplificación dispuestas de cualquier manera (por ejemplo, en serie, en paralelo, separadas por cualquier cantidad de dispositivos ópticos, etc.). Las etapas de amplificación pueden incluir cualquier cantidad de elementos de ganancia, filtros u otros dispositivos ópticos dispuestos de cualquier manera. Los elementos de ganancia pueden ser de cualquier cantidad, pueden ser

implementados mediante cualquier amplificador o elemento de ganancia óptico convencional o de otro tipo y puede aplicar cualquier ganancia deseada (por ejemplo, amplificación, atenuación, etc.) para proporcionar cualquier señal deseada. Los elementos de ganancia pueden tener una ganancia (o atenuación) fija o predeterminada, o la ganancia (o atenuación) puede ser ajustable o dinámica. Los elementos de ganancia pueden emplear cualquier elemento de tierras raras deseado (por ejemplo, erbio, etc.) y pueden ser estimulados por cualquier cantidad de cualquier fuente de energía deseada (por ejemplo, láser de bombeo u otros tipos de láser o fuentes de luz, etc.) que proporciona cualquier tipo de energía a cualquier cantidad de elementos de ganancia en cualquier longitud de onda o frecuencia deseadas. Cada fuente de energía puede proporcionar energía de estimulación a cualquier cantidad de elementos de ganancia. Los filtros de ruido pueden ser en cualquier cantidad, pueden ser implementados mediante cualquier filtro óptico convencional o de otro tipo (por ejemplo, paso de banda, paso alto, etc.) y puede pasar o rechazar cualquier banda deseada para eliminar cualquier tipo de ruido (por ejemplo, ASE, etc.) u otras señales extrañas a partir de las señales amplificadas. Los filtros de ruido pueden tener una configuración fija o predeterminada para señales extrañas específicas (por ejemplo, una banda de paso fija o predeterminada), o el filtro de ruido puede ser ajustable o dinámico.

Los fotodiodos de entrada y de salida pueden ser implementados mediante cualquier cantidad de cualquier sensor óptico convencional o de otro tipo para medir la intensidad de las señales ópticas. El amplificador puede incluir cualquier cantidad de cualquier tipo de sensores ópticos dispuestos en cualquier posición a lo largo o en el exterior de la trayectoria de la señal del amplificador para medir cualquier característica (por ejemplo, intensidad de la señal, etc.).

El microcontrolador del amplificador de la presente invención puede ser implementado mediante cualquier microprocesador, controlador o circuito convencional o de otro tipo para realizar las funciones descritas en la presente memoria. De manera alternativa, puede emplearse cualquier cantidad de procesadores o dispositivos de procesamiento o circuitos dentro del amplificador de la presente invención, donde las funciones del procesador pueden distribuirse de cualquier manera entre cualquier cantidad de módulos de hardware y/o software, procesadores u otros dispositivos o circuitos de procesamiento. El microcontrolador puede generar cualquier tipo de señales de control de cualquier formato para controlar cualquier cantidad de los componentes del amplificador (por ejemplo, limitador, filtro de banda estrecha, elementos de ganancia/láser de bombeo, etc.). El microcontrolador puede controlar los componentes del amplificador en base a cualquier información deseada (por ejemplo, intensidad de la señal óptica, información desde el receptor óptico o transceptor óptico, etc.) y puede interconectar cualquier sistema de procesamiento a través de cualquier interfaz adecuada (por ejemplo, RS-232, RS-422, etc.) para transferir cualquier información deseada (por ejemplo, alarmas, temperatura, mediciones, condiciones, etc.). El microcontrolador puede estar acoplado además a cualquier dispositivo sensor o de otro tipo (por ejemplo, sensores, procesadores, circuitos, etc.) para supervisar cualquier condición deseada del sistema (por ejemplo, temperatura, potencia, etc.) y controlar cualquier dispositivo adecuado (por ejemplo, unidades de calefacción/refrigeración, unidad de potencia, alarmas, etc.) en respuesta a esas condiciones. Por ejemplo, el microcontrolador puede indicar una alarma, desactivar la alimentación o controlar las unidades de calefacción/refrigeración en respuesta a una condición de temperatura.

El software para el microcontrolador del amplificador de la presente invención puede ser implementado en cualquier lenguaje de ordenador apropiado, y podría ser desarrollado por una persona con conocimientos ordinarios en la técnica de los ordenadores y/o programación en base a la descripción funcional contenida en la presente memoria y las figuras ilustradas en los dibujos. Además, cualquier referencia en la presente memoria a un software que realiza diversas funciones se refiere, en general, a procesadores que realizan esas funciones bajo control del software. Los algoritmos descritos anteriormente pueden ser modificados en cualquier manera que realice las funciones descritas en la presente memoria.

Las señales ópticas pueden ser transportadas a través de cualquier cantidad de cualquier portadora adecuada (por ejemplo, fibras ópticas multimodo, etc.) de cualquier tipo, tamaño o forma. Las portadoras pueden incluir cualquier característica deseada (por ejemplo, apertura numérica, etc.). Las portadoras pueden estar configuradas para cualquier velocidad de datos deseada (por ejemplo, gigabits, megabits, etc.). Los conectores pueden ser implementados por medio de cualquier cantidad de cualquier conector óptico convencional o de otro tipo (por ejemplo, SMA, etc.) y pueden ser posicionados en cualquier posición adecuada dentro o fuera del amplificador o receptor.

El receptor y el amplificador de la presente invención no están limitados a las aplicaciones descritas en la presente memoria (por ejemplo, sistemas de comunicación óptica), si no que pueden ser utilizados para cualquier aplicación que emplee recepción y/o amplificación (o atenuación) de señales ópticas.

A partir de la descripción anterior, se apreciará que la invención proporciona un novedoso amplificador de fibra

óptica multimodo y un método de amplificación de señales ópticas, en los que un amplificador de fibra óptica multimodo emplea un ajuste dinámico de la ganancia para producir señales ópticas amplificadas con ruido reducido y a niveles deseados para prevenir la saturación del detector óptico.

- 5 Después de describir las realizaciones preferidas de un amplificador de fibra óptica multimodo nuevo y mejorado y un método de amplificación de señales ópticas, se cree que las personas con conocimientos en la materia idearán otras modificaciones, variaciones y cambios a la vista de las enseñanzas establecidas en la presente memoria. Por lo tanto, debe entenderse que se cree que la totalidad de dichas variaciones, modificaciones y cambios están incluidos dentro del alcance de la presente invención, tal como se define por las reivindicaciones adjuntas.

10

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato para amplificar señales ópticas que comprende:

5 una fibra (51) multimodo para recibir una señal óptica de entrada desde una fuente de señal óptica y formar una trayectoria de señal a través de dicho aparato;  
 al menos un sensor (66) de señal de entrada para medir la intensidad de dicha señal óptica de entrada a lo largo de dicha trayectoria de señal;  
 una unidad (80, 90) de amplificación multimodo después de dicho al menos un sensor de señal de entrada  
 10 para recibir dicha señal óptica de entrada desde dicha fibra y para amplificar y filtrar dicha señal óptica de entrada, en el que dicha unidad de amplificación incluye una pluralidad de etapas de amplificación acopladas sucesivamente unas a las otras, y en el que cada etapa incluye:  
 un elemento (82, 92) de ganancia para amplificar una señal óptica recibida por esa etapa; y  
 15 un filtro (84, 94) de ruido acoplado a dicho elemento de ganancia para filtrar el ruido desde dicha señal óptica amplificada por dicho elemento de ganancia;  
 un limitador (52) acoplado a dicha unidad de amplificación para recibir y atenuar dicha señal óptica amplificada desde una etapa final de entre dichas etapas de amplificación para producir una señal atenuada;  
 20 un filtro (54) de banda acoplado a dicho limitador para filtrar dicha señal atenuada y proporcionar una señal amplificada resultante dentro de una banda deseada;  
 al menos un sensor (68) de señal de salida para medir la intensidad de dicha señal amplificada resultante; y  
 un microcontrolador (60) para controlar colectivamente dicho limitador, dicha unidad de amplificación y  
 25 dicho filtro de banda según al menos dichas intensidades de señal medidas para controlar la amplificación de dicha señal óptica.

2. Aparato según la reivindicación 1, en el que dicho elemento de ganancia incluye un amplificador de fibra dopada.  
 30

3. Aparato según la reivindicación 2, en el que dicha unidad de amplificación incluye además una fuente (70) de energía para proporcionar energía para estimular una fibra dopada dentro de dicho amplificador de fibra dopada según las señales de control desde dicho microcontrolador para controlar una ganancia de dicho amplificador de fibra dopada.  
 35

4. Aparato según la reivindicación 1, en el que dicha fibra multimodo incluye una dimensión de la sección transversal menor o igual que cincuenta micrómetros.

5. Aparato según la reivindicación 1 que incluye además un colimador (21) multimodo acoplado a dicha fibra multimodo para servir como dicha fuente de señal y proporcionar una señal óptica colimada a dicha fibra multimodo.  
 40

6. Aparato según la reivindicación 1 que incluye además un detector (23) óptico acoplado a dicho filtro de banda a través de dicha fibra multimodo para detectar dicha señal amplificada resultante, en el que dicho limitador atenúa dicha señal óptica amplificada a un nivel por debajo de un nivel de saturación de dicho detector óptico.  
 45

7. Aparato según la reivindicación 1, en el que dicho filtro de banda es ajustable según las señales de control desde dicho microcontrolador para pasar señales ópticas dentro de una banda especificada.

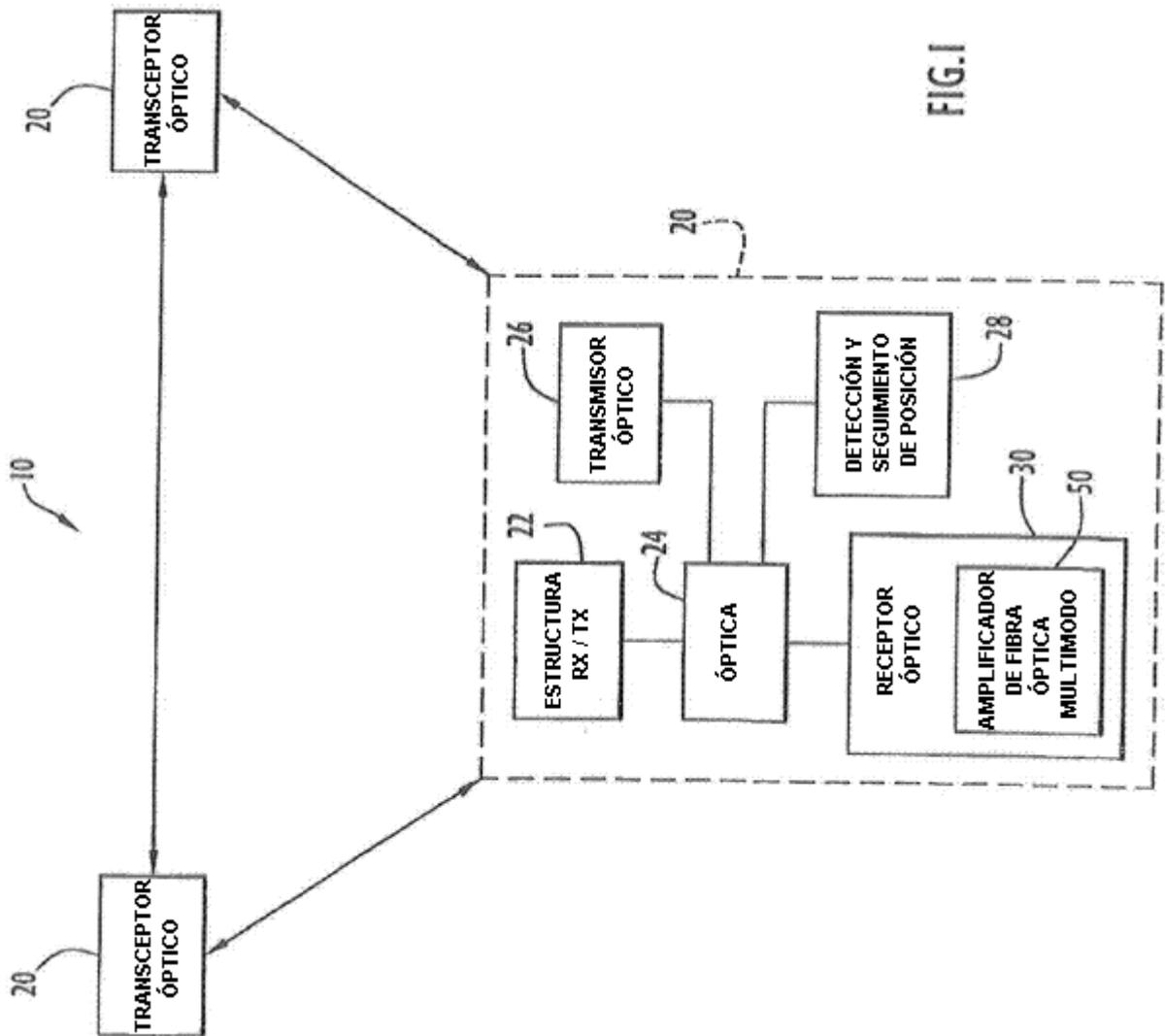
8. Aparato según la reivindicación 1, en el que dicho aparato está dispuesto dentro de una unidad de comunicación óptica de un sistema de comunicación óptica, y dicha fibra multimodo recibe dicha señal óptica de entrada en la forma de una señal óptica transmitida desde otra unidad de comunicación óptica.  
 50

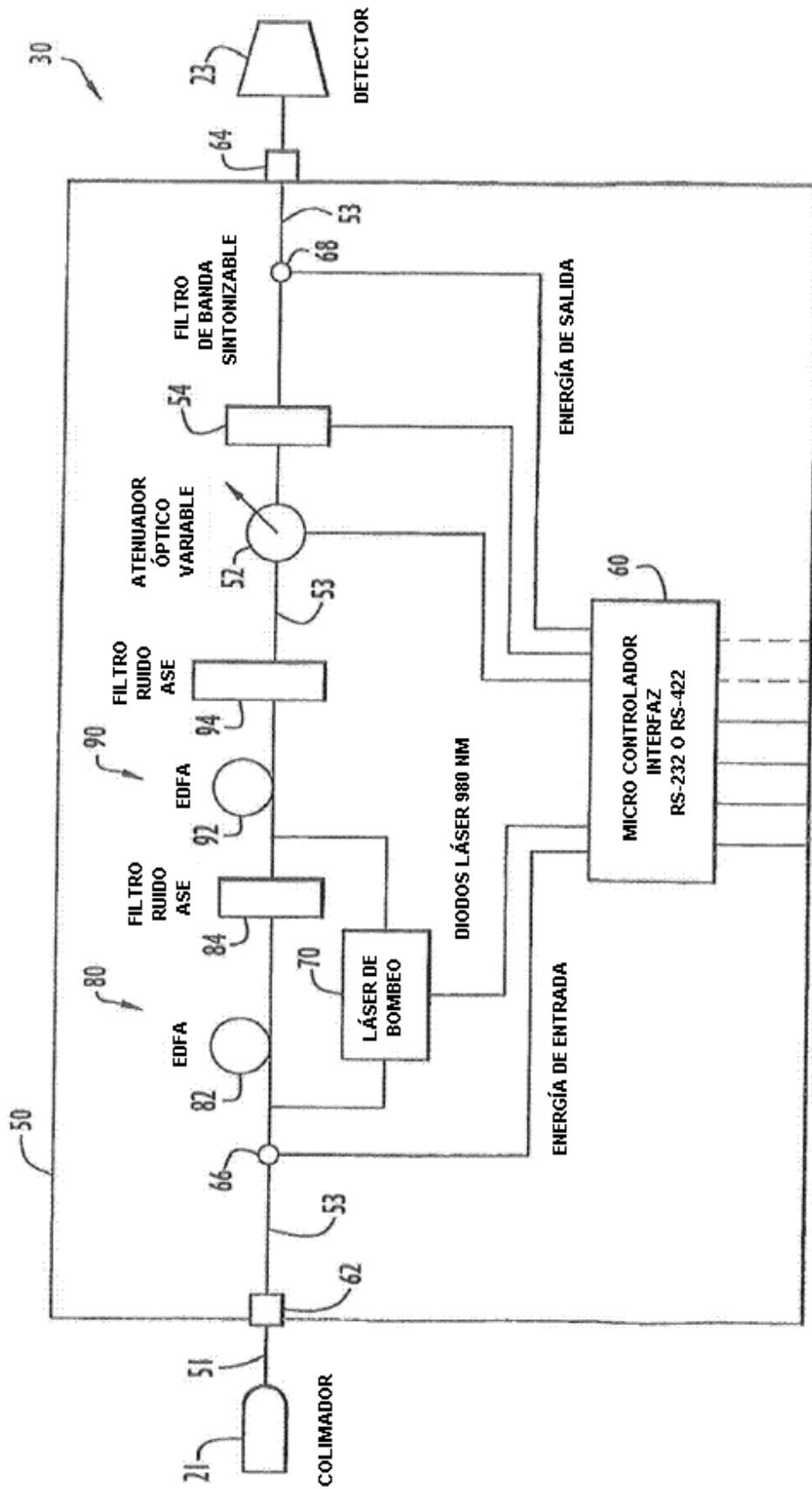
9. Un método de amplificación de señales ópticas que comprende:

55 (a) recibir una señal óptica de entrada desde una fuente de señal óptica en una fibra multimodo que forma una trayectoria de señal;  
 (b) medir la intensidad de dicha señal óptica de entrada a lo largo de dicha trayectoria;  
 (c) amplificar dicha señal óptica de entrada en un formato multimodo después de dicha medición de la intensidad de dicha señal óptica y filtrar el ruido de dicha señal óptica amplificada, en el que dicha amplificación y filtrado de dicha señal óptica multimodo incluye una pluralidad de etapas de amplificación  
 60

acopladas sucesivamente, unas a las otras,  
y en el que la etapa (c) incluye además para cada etapa:

- 5 (c.1) amplificar una señal óptica multimodo recibida por esa etapa; y  
(c.2) filtrar el ruido de dicha señal óptica amplificada por esa etapa;
- (d) recibir y atenuar dicha señal óptica amplificada a partir de una etapa final de entre dichas etapas de  
amplificación para producir una señal atenuada;
- 10 (e) filtrar dicha señal atenuada y proporcionar una señal amplificada resultante dentro de una banda  
deseada; y  
(f) medir la intensidad de dicha señal amplificada resultante y controlar colectivamente dicha amplificación  
de dicha señal óptica de entrada por dichas etapas de amplificación, dicha atenuación de dicha señal óptica  
amplificada y dicho filtrado de dicha señal atenuada para controlar la ganancia de dicha señal amplificada  
resultante según al menos las intensidades medidas de dicha señal.
- 15 10. Método según la reivindicación 9, en el que la etapa (c.1) incluye además amplificar dicha señal óptica  
multimodo a través de un amplificador de fibra dopada.
- 20 11. Método según la reivindicación 10, en el que  
la etapa (c.1) incluye además proporcionar energía para estimular una fibra dopada dentro de dicho amplificador  
de fibra dopada; y  
la etapa (f) incluye además controlar la energía proporcionada a dicha fibra dopada según dichas intensidades  
medidas de la señal para controlar una ganancia de dicho amplificador de fibra dopada.
- 25 12. Método según la reivindicación 9, en el que dicha fibra multimodo incluye una dimensión de sección transversal  
menor o igual a cincuenta micrómetros.
- 30 13. Método según la reivindicación 9, en el que un colimador multimodo está acoplado a dicha fibra multimodo  
para servir como dicha fuente de señal, y la etapa (a) incluye además la recepción de una señal óptica colimada en  
dicha fibra multimodo desde dicho colimador multimodo.
- 35 14. Método según la reivindicación 13, en el que un detector óptico está acoplado a dicha fibra multimodo, y  
la etapa (d) incluye además la atenuación de dicha señal óptica amplificada a un nivel por debajo de un nivel de  
saturación de dicho detector óptico; y  
dicho método incluye además la detección de dicha señal amplificada resultante por medio de dicho detector.
- 40 15. Método según la reivindicación 9, en el que dicha banda deseada es ajustable, y la etapa (e) incluye además  
controlar dicho filtrado de dicha señal atenuada para pasar las señales ópticas dentro de una banda específica.
- 45 16. Método según la reivindicación 9, en el que dichas señales ópticas son amplificadas dentro de una unidad de  
comunicación óptica de un sistema de comunicaciones ópticas, y la etapa (a) incluye además la recepción de  
dicha señal óptica de entrada en la forma de una señal óptica transmitida desde otra unidad de comunicación  
óptica en dicha fibra multimodo.





TEMP, TTL, SEÑALES, ALARMAS ...

FIG.2