

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 665 549**

51 Int. Cl.:

H04B 10/07 (2013.01)

H04B 10/077 (2013.01)

H04B 10/291 (2013.01)

H04B 10/079 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.12.2013 PCT/CN2013/091161**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.07.2015 WO15100635**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.12.2013 E 13900749 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.02.2018 EP 3079275**

54 Título: **Método, dispositivo y sistema de detección de fibra rota, para amplificador óptico de Raman distribuido**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.04.2018

73 Titular/es:

**HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (100.0%)
Huawei Administration Building, Bantian
Longgang District
Shenzhen, Guangdong 518129, CN**

72 Inventor/es:

**HUANG, YANSUI y
ZHOU, ENBO**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 665 549 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

Método, dispositivo y sistema de detección de fibra rota, para amplificador óptico de Raman distribuido

CAMPO TÉCNICO

5 La presente invención se refiere al campo de tecnologías de comunicaciones, y en particular, a un método, aparato y sistema de detección de fibra rota para un amplificador de fibra de Raman distribuido.

ANTECEDENTES

10 Con el desarrollo de tecnologías de comunicación de fibra óptica, en un enlace de comunicaciones, un amplificador de fibra de Raman (Raman) distribuido sustituye gradualmente un amplificador discreto de fibra dopada con erbio en virtud de características tales como pequeña diafonía, bajo ruido, amplios rangos de espectro, y altas ganancias. El amplificador de fibra de Raman distribuido inyecta luz de bombeo de alta potencia a una fibra óptica en un enlace de comunicaciones, y amplifica una señal óptica en la fibra óptica utilizando un efecto de dispersión de Raman estimulado, implementando de este modo la transmisión a larga distancia de la señal óptica. La potencia de la luz de bombeo inyectada por el amplificador de Raman distribuido es excesivamente alta, y si se produce una rotura de fibra, la luz de bombeo que escapa desde una ubicación de rotura de fibra fácilmente causa lesiones al cuerpo humano. Por lo tanto, se requiere detectar la rotura de fibra rápidamente, y apagar un láser de bombeo del amplificador o disminuir la potencia de la luz de bombeo a un nivel seguro de manera oportuna, para garantizar un funcionamiento seguro de un sistema de comunicaciones.

15 En un enlace de comunicaciones que utiliza un amplificador discreto convencional de fibra dopada con erbio, la potencia de salida de la luz de señal transmitida sobre una fibra óptica necesita ser detectada solo en un extremo de entrada del amplificador, y cuando la potencia de salida de la luz de señal es inferior a un umbral preestablecido, indica que el escape de la luz de señal se produce durante la transmisión, y entonces se puede determinar que se produce una rotura de fibra en la fibra óptica.

20 Sin embargo, en un enlace de comunicaciones que utiliza un amplificador de Raman distribuido de bombeo hacia atrás (una dirección de la luz de bombeo es opuesta a una dirección de la luz de señal), el amplificador de Raman distribuido inyecta la luz de bombeo hacia atrás a una fibra óptica de comunicaciones aguas arriba, y amplifica la luz de señal en la fibra óptica de comunicaciones aguas arriba utilizando el efecto de dispersión de Raman, donde la propia fibra óptica de comunicaciones es utilizada como un medio de ganancia. Cuando se produce una rotura de fibra en la fibra óptica de comunicaciones aguas arriba, la luz de señal se escapa. Sin embargo, la luz de bombeo en la fibra óptica de comunicaciones genera una emisión espontánea de luz en la fibra, donde una banda de onda de la luz de emisión espontánea incluye una banda de onda óptica de señal. La luz de emisión espontánea es amplificada continuamente, lo que da como resultado que una señal óptica de alta potencia en la banda de onda óptica de señal pueda ser aún detectada en un extremo de entrada del amplificador (un extremo de salida de la fibra óptica de comunicaciones aguas arriba). Por lo tanto, un método para detectar la potencia óptica de señal en un extremo de entrada o en un extremo de salida de un amplificador no es adecuado para la detección de la rotura de fibra.

25 El documento EP 2 639 898 A1 describe un amplificador de Raman que comprende una unidad de control de ganancia adaptada para controlar una potencia de bombeo de una señal de bombeo óptica en respuesta al menos a una señal de realimentación óptica vigilada reflejada de nuevo desde una fibra de línea de transmisión conectada a dicho amplificador de Raman.

30 El documento US 2007/0109626 A1 trata las disposiciones para controlar una ganancia de un amplificador de fibra de Raman bombeado bidireccionalmente que tiene tanto bombas ópticas hacia delante como bombas ópticas hacia atrás. La ganancia total es controlada ajustando las bombas ópticas delanteras, mientras los niveles de potencia de las bombas ópticas traseras son esencialmente fijos.

35 El documento US 2009/0169212 describe un sistema de comunicación óptica, donde en un aparato de transmisión óptica dispuesto en un lado de transmisión de secciones de repetición respectivas, un amplificador óptico OSC está previsto en una trayectoria óptica de luz OSC entre desde un transmisor OSC a un multiplexor, y el amplificador óptico OSC es controlado de modo que la potencia de la luz OSC transmitida en la trayectoria de transmisión resulta un valor objetivo establecido previamente. Como resultado la luz OSC es amplificada por un dispositivo amplificador diferente al de las luces de señal principales en el momento de transmisión.

RESUMEN

40 En vista de esto, las realizaciones de la presente invención proporcionan un método, aparato, y sistema de detección de rotura de fibra para un amplificador de fibra de Raman distribuido, donde una función de bloqueo de ganancia es utilizada para controlar que un valor de ganancia real sea igual a un valor de ganancia preestablecido, de modo que asegure que cuando se produce una rotura de fibra, la potencia de una señal óptica de salida sea mucho menor que la potencia de salida mínima de un amplificador en funcionamiento de enlace normal, implementando de este modo la determinación precisa de la rotura de fibra.

Un primer aspecto de las realizaciones de la presente invención proporciona un método de detección de rotura de fibra para un amplificador de fibra de Raman distribuido, donde el método es aplicado a un monitor que tiene una función de bloqueo de ganancia e incluye:

5 vigilar un valor de potencia de una señal óptica de supervisión y un valor de potencia de una señal óptica de salida de un amplificador de fibra de Raman distribuido, donde la señal óptica de supervisión es una señal óptica en un extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico y/o una señal óptica en un extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico que son/es obtenidas filtrando una señal óptica de entrada;

 calcular un valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido de acuerdo con el valor de potencia de la señal óptica de supervisión;

10 comparar el valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido con un valor de ganancia preestablecido del amplificador de fibra de Raman distribuido, y controlar el valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido y el valor de ganancia preestablecido del amplificador de fibra de Raman distribuido para que sean iguales utilizando la función de bloqueo de ganancia; y

15 determinar si el valor de potencia de la señal óptica de salida es menor que un valor de potencia preestablecido de la señal óptica de salida, y si lo es, determinar que se produce una rotura de fibra.

En una primera manera posible de implementación del primer aspecto de las realizaciones de la presente invención, el método incluye además:

20 cuando se ha determinado que se produce una rotura de fibra, enviar, a una fuente de bombeo, una señal de control de apagado para controlar el apagado de la fuente de bombeo o disminuir la potencia de bombeo hasta un rango seguro.

En una segunda manera posible de implementación del primer aspecto de las realizaciones de la presente invención, el método incluye además:

 vigilar un valor de potencia de la luz de bombeo emitida por una fuente de bombeo; donde

25 el cálculo de un valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido de acuerdo con el valor de potencia de la señal óptica de supervisión es:

 calcular el valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido de acuerdo con el valor de potencia de la señal óptica de supervisión y el valor de potencia de la luz de bombeo.

30 En una tercera manera posible de implementación del primer aspecto de las realizaciones de la presente invención, el cálculo de un valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido de acuerdo con el valor de potencia de la señal óptica de supervisión es:

 calcular el valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido de acuerdo con el valor de potencia de la señal óptica de supervisión y el valor de potencia de la señal óptica de salida.

35 En una cuarta manera posible de implementación del primer aspecto de las realizaciones de la presente invención, el cálculo de un valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido de acuerdo con el valor de potencia de la señal óptica de supervisión es:

 calcular el valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido de acuerdo con el valor de potencia de la señal óptica de supervisión, un valor de potencia de la luz de bombeo, y el valor de potencia de la señal óptica de salida.

40 Con referencia al primer aspecto de la cuarta manera posible de implementación del primer aspecto de las realizaciones de la presente invención, en una quinta manera posible de implementación, la comparación del valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido con un valor de ganancia preestablecido del amplificador de fibra de Raman distribuido, y controlar el valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido y el valor de ganancia preestablecido del amplificador de fibra de Raman distribuido para que sean iguales utilizando la función de bloqueo de ganancia incluye:

45 cuando el valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido es mayor que el valor de ganancia preestablecido del amplificador de fibra de Raman distribuido, enviar, a la fuente de bombeo, una señal de control de atenuación para controlar la fuente de bombeo para disminuir la potencia de la luz de bombeo; o

50 cuando el valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido es menor que el valor de ganancia preestablecido del amplificador de fibra de Raman distribuido, enviar, a la fuente de bombeo, una señal de control de amplificación para controlar la fuente de bombeo para aumentar la potencia de la luz de bombeo.

Un segundo aspecto de las realizaciones de la presente invención proporciona un aparato de detección de rotura de fibra para un amplificador de fibra de Raman distribuido, donde el aparato incluye:

5 un primer módulo de vigilancia, configurado para vigilar un valor de potencia de una señal óptica de supervisión y un valor de potencia de una señal óptica de salida, donde la señal óptica de supervisión es una señal óptica en un extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico y/o una señal óptica en un extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico que son/es obtenidas filtrando una señal óptica de entrada;

un módulo de cálculo, configurado para calcular un valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido de acuerdo con el valor de potencia de la señal óptica de supervisión;

10 un primer módulo de control, configurado para: comparar el valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido con un valor de ganancia preestablecido del amplificador de fibra de Raman distribuido, y controlar el valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido y el valor de ganancia preestablecido del amplificador de fibra de Raman distribuido para que sean iguales utilizando una función de bloqueo de ganancia; y

15 un módulo de detección, configurado para determinar si el valor de potencia de la señal óptica de salida es menor que un valor de potencia preestablecido de la señal óptica de salida, y si lo es, determinar que se produce una rotura de fibra.

En una primera manera posible de implementación del segundo aspecto de las realizaciones de la presente invención, el aparato incluye además:

20 un segundo módulo de control, configurado para: cuando se ha determinado que se produce una rotura de fibra, enviar, a una fuente de bombeo, una señal de control de apagado para controlar el apagado de la fuente de bombeo o disminuir la potencia de bombeo hasta un rango seguro.

En una segunda manera posible de implementación del segundo aspecto de las realizaciones de la presente invención, el aparato incluye además:

25 un segundo módulo de vigilancia, configurado para vigilar un valor de potencia de la luz de bombeo emitida por una fuente de bombeo; donde el módulo de cálculo es;

una primera unidad de cálculo, configurada para calcular el valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido de acuerdo con el valor de potencia de la señal óptica de supervisión y el valor de potencia de la luz de bombeo.

30 En una tercera manera posible de implementación del segundo aspecto de las realizaciones de la presente invención, el módulo de cálculo es:

una segunda unidad de cálculo, configurada para calcular el valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido de acuerdo con el valor de potencia de la señal óptica de supervisión y el valor de potencia de la señal óptica de salida.

35 En una cuarta manera posible de implementación del segundo aspecto de las realizaciones de la presente invención, el módulo de cálculo es:

una tercera unidad de cálculo, configurada para calcular el valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido de acuerdo con el valor de potencia de la señal óptica de supervisión, un valor de potencia de la luz de bombeo, y el valor de potencia de la señal óptica de salida.

40 Con referencia al segundo aspecto de la cuarta manera posible de implementación del segundo aspecto de las realizaciones de la presente invención, en una quinta manera posible de implementación, el primer módulo de control incluye:

45 una primera unidad de control, configurada para: cuando el valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido es mayor que el valor de ganancia preestablecido del amplificador de fibra de Raman distribuido, enviar, a la fuente de bombeo, una señal de control de atenuación para controlar la fuente de bombeo para disminuir la potencia de la luz de bombeo; y

una segunda unidad de control, configurada para: cuando el valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido es menor que el valor de ganancia preestablecido del amplificador de fibra de Raman distribuido, enviar, a la fuente de bombeo, una señal de control de amplificación para controlar la fuente de bombeo para aumentar la potencia de la luz de bombeo.

50 Un tercer aspecto de las realizaciones de la presente invención proporciona un sistema de detección de rotura de fibra

para un amplificador de fibra de Raman distribuido, donde el sistema incluye:

un multiplexor de división de longitud de onda, un aparato divisor, una fuente de bombeo, y un monitor donde

5 el multiplexor de división de longitud de onda recibe al menos un canal de luz de bombeo emitida por la fuente de bombeo, e inyecta la luz de bombeo recibida hacia atrás a una fibra óptica de comunicaciones; y el multiplexor de división de longitud de onda recibe además una señal óptica de entrada y transmite la señal óptica de entrada al aparato divisor;

10 el aparato divisor obtiene una señal óptica de supervisión filtrando la señal óptica de entrada, y utiliza una primera proporción preestablecida de luz, dividida a partir de una señal óptica de salida, como una señal óptica de detección de salida, donde la señal óptica de supervisión es una señal óptica en un extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico y/o una señal óptica en un extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico que son/es obtenidas filtrando la señal óptica de entrada.

En una primera manera posible de implementación del tercer aspecto de las realizaciones de la presente invención, el aparato divisor incluye:

un multiplexor de división de longitud de onda y un divisor de señal óptica conectados en secuencia, donde

15 el multiplexor de división de longitud de onda obtiene, filtrando la señal óptica de entrada, la señal óptica en el extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico o la señal óptica en el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico; y

el divisor de señal óptica utiliza la primera proporción preestablecida de luz, dividida a partir de la señal óptica de salida, como la señal óptica de detección de salida.

20 En una segunda manera posible de implementación del tercer aspecto de las realizaciones de la presente invención, el aparato divisor incluye:

dos divisores de señal óptica y un filtro, donde

25 un divisor de señal óptica utiliza una segunda proporción preestablecida de luz, dividida a partir de la señal óptica de salida, como una señal óptica de filtrado, y el filtro filtra la señal óptica de filtrado para obtener la señal óptica en un extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico o la señal óptica en el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico; y

el otro divisor de señal óptica utiliza la primera proporción preestablecida de luz, dividida a partir de la señal óptica de salida, como la señal óptica de detección de salida.

Se puede aprender del contenido anterior que, la presente invención tiene los siguientes efectos beneficiosos:

30 Las realizaciones de la presente invención proporcionan un método, aparato, y sistema de detección de rotura de fibra, para un amplificador de fibra de Raman distribuido. Cuando se produce una rotura de fibra, la potencia de la luz de la señal de entrada disminuye rápidamente en una ubicación de rotura de fibra. Si la ubicación de rotura de fibra está relativamente lejos de un amplificador, el consumo de la luz de bombeo de la luz de la señal de entrada en la fibra restante se reduce debido a la reducción de la luz de la señal de entrada, lo que provoca un aumento de la potencia óptica de bombeo restante en la fibra y un aumento de una ganancia real del amplificador. Una función de bloqueo de ganancia del amplificador o un aparato de bloqueo de ganancia actúa rápidamente, lo que cesa la potencia de bombeo de la luz de bombeo y mantiene una ganancia del amplificador básicamente sin cambios. Debido a que la ganancia del amplificador no tiene cambios, la potencia de salida de la luz de la señal de salida en un extremo de salida del amplificador disminuye rápidamente con la disminución, provocada por la rotura de fibra, de la potencia de la luz de la señal de entrada. Cuando la potencia de la luz de la señal de salida disminuye a la potencia que es menor que la potencia preestablecida (menor que o igual a la potencia de salida mínima del amplificador en funcionamiento normal), se determina que se produce un fallo de enlace de fibra. Si la ubicación de rotura de fibra está relativamente cerca de una bomba óptica, una señal óptica de entrada no puede ser amplificada efectivamente por medio de la luz de bombeo debido a una distancia cercana entre la ubicación de rotura de fibra y la bomba óptica, la potencia de una señal óptica de salida disminuye rápidamente debido a la rotura de fibra, y cuando la potencia de la señal óptica de salida es menor que la potencia preestablecida, se determina que se produce un fallo de enlace de fibra. Después de que se determine que se produce un fallo de enlace de fibra, se inicia un programa de protección de seguridad para apagar la luz de bombeo o disminuir la potencia óptica de bombeo hasta un rango seguro. De acuerdo con las realizaciones de la presente invención, la función de bloqueo de ganancia es utilizada para impedir el impacto de una señal óptica que es generada por la luz de bombeo debido a emisión espontánea en la fibra, de modo que cuando se produce una rotura de fibra, la potencia óptica de salida del amplificador es mucho menor que la potencia óptica de salida del amplificador en funcionamiento normal, implementando de este modo la detección de fallo de enlace.

Si una función de bloqueo de ganancia no está disponible, aunque la potencia de una señal óptica de entrada disminuye

rápidamente en el caso de una rotura de fibra, debido a que la potencia óptica de bombeo no tiene cambios, la luz de emisión espontánea generada por la luz de bombeo en una fibra incluye luz en una banda de onda de una señal óptica de entrada, y la luz de emisión espontánea que es generada por la luz de bombeo debido a emisión espontánea y que está en la banda de onda de la señal óptica de entrada es amplificada continuamente, la potencia relativamente alta de una señal óptica de salida puede ser aún detectada en un extremo de salida de la fibra, donde la potencia óptica es cercana a la potencia de salida mínima de un amplificador en funcionamiento normal o incluso superior a dicha potencia. Si una función de bloqueo de ganancia está disponible, con disminución de potencia de una señal óptica de entrada, un aparato de control de ganancia controla la potencia óptica de bombeo para que disminuya continuamente. Por consiguiente, la potencia de la luz de emisión espontánea generada por la luz de bombeo disminuye continuamente, y la potencia óptica de la luz de emisión espontánea en una banda de onda de la señal óptica de entrada también disminuye continuamente, lo que reduce el impacto producido por una señal óptica que es generada debido a emisión espontánea por la luz de bombeo en una fibra, de modo que cuando se produce una rotura de fibra, la potencia de una señal óptica de salida es mucho menor que la potencia de salida mínima de un amplificador en funcionamiento normal, implementando de este modo la determinación de fallo de enlace.

5

10

15 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para describir las soluciones técnicas en las realizaciones de la presente invención o en la técnica anterior más claramente, lo que sigue describe brevemente los dibujos adjuntos requeridos para describir las realizaciones o la técnica anterior. Aparentemente, los dibujos adjuntos en la siguiente descripción muestran simplemente algunas realizaciones de la presente invención, y un experto en la técnica puede aún derivar otros dibujos a partir de estos dibujos adjuntos sin esfuerzos creativos.

20

La fig. 1 es un diagrama de flujo de la Realización 1 de un método de detección de rotura de fibra para un amplificador de fibra de Raman distribuido de acuerdo con la presente invención;

La fig. 2 es un diagrama de flujo de la Realización 2 de un método de detección de rotura de fibra para un amplificador de fibra de Raman distribuido de acuerdo con la presente invención;

25

La fig. 3 es un diagrama estructural esquemático de la Realización 3 de un aparato de detección de rotura de fibra para un amplificador de fibra de Raman distribuido de acuerdo con la presente invención;

La fig. 4 es un diagrama estructural esquemático de la Realización 4 de un aparato de detección de rotura de fibra para un amplificador de fibra de Raman distribuido de acuerdo con la presente invención;

30

La fig. 5 es un diagrama estructural esquemático de la Realización 5 de un sistema de detección de rotura de fibra para un amplificador de fibra de Raman distribuido de acuerdo con la presente invención;

La fig. 6 es un primer diagrama estructural esquemático posible de un aparato divisor de acuerdo con la presente invención;

La fig. 7 es un segundo diagrama estructural esquemático posible de un aparato divisor de acuerdo con la presente invención;

35

La fig. 8 es un tercer diagrama estructural esquemático posible de un aparato divisor de acuerdo con la presente invención;

La fig. 9 es un cuarto diagrama estructural esquemático posible de un aparato divisor de acuerdo con la presente invención; y

40

La fig. 10 es un diagrama estructural esquemático de un sistema de detección de rotura de fibra para un amplificador de fibra de Raman distribuido, que incluye un aparato de división de luz de bombeo, de acuerdo con la presente invención.

DESCRIPCIÓN DE LAS REALIZACIONES

Las realizaciones de la presente invención proporcionan un método, aparato, y sistema de detección de rotura de fibra, para un amplificador de fibra de Raman distribuido, donde una función de bloqueo de ganancia es utilizada para controlar que un valor de ganancia real sea igual a un valor de ganancia preestablecido, de modo que asegure que cuando se produce una rotura de fibra, la potencia de una señal óptica de salida disminuya rápidamente, lo que reduce el impacto de una señal óptica generada por la luz de bombeo en una fibra debido a la emisión espontánea, e implementa la detección rápida de la rotura de fibra.

45

Lo que sigue describe las realizaciones de la presente invención en detalle con referencia a los dibujos adjuntos.

Realización 1

50

La fig. 1 es un diagrama de flujo de la Realización 1 de un método de detección de rotura de fibra para un amplificador de fibra de Raman distribuido de acuerdo con la presente invención, donde el método incluye las siguientes operaciones:

Operación 101: Vigilar un valor de potencia de una señal óptica de supervisión y un valor de potencia de una señal óptica de salida.

5 La señal óptica de supervisión es una señal óptica en un extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico y/o una señal óptica en un extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico que son/es obtenidas filtrando una señal óptica de entrada.

10 En un sistema de comunicaciones, una banda de onda de luz de señal de tráfico puede estar generalmente entre 1529 nm y 1561 nm. Se utiliza una señal óptica en una longitud de onda menor de 1529 nm en decenas a centenas de nanómetros como una señal óptica en un extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico. Por ejemplo, se utiliza una señal óptica en una longitud de onda entre 1521 nm y 1523 nm como la señal óptica en el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico. Se utiliza una señal óptica en una longitud de onda mayor de 1561 nm en decenas a centenas de nanómetros como una señal óptica en un extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico. Por ejemplo, se utiliza una señal óptica en una longitud de onda entre 1570 nm y 1580 nm como la señal óptica en el extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico. En casos generales, cuando se establecen la señal óptica en el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico y la señal óptica en el extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico, sus anchos de banda no pueden estar muy cerca del ancho de banda de la señal óptica de tráfico, de otra manera se puede producir una interferencia a una señal óptica de tráfico; sus anchos de banda tampoco pueden estar muy lejos del ancho de banda de la señal óptica de tráfico, de otra manera la potencia de la señal óptica de supervisión es excesivamente baja. Por lo tanto, una señal óptica dentro de un rango de longitud de onda apropiado es seleccionada como la señal óptica de supervisión de acuerdo con una situación de aplicación real.

20 Una longitud de onda de la luz de la señal de tráfico también puede estar entre 1300 nm y 1320 nm, donde una señal óptica en una longitud de onda menor de 1300 nm en decenas a centenas de nanómetros es utilizada como una señal óptica en un extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico, y una señal óptica en una longitud de onda mayor de 1320 nm en decenas a centenas de nanómetros es utilizada como una señal óptica en un extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico. Una longitud de onda de la luz de señal de tráfico también puede estar entre 1525 nm y 1565 nm, donde una señal óptica en una longitud de onda menor de 1525 nm en decenas a centenas de nanómetros es utilizada como una señal óptica en un extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico, y una señal óptica en una longitud de onda mayor de 1565 nm en decenas a centenas de nanómetros es utilizada como una señal óptica en un extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico. Una longitud de onda de la luz de la señal de tráfico también puede estar entre 1570 nm y 1610 nm, donde una señal óptica en una longitud de onda menor de 1570 nm en decenas a centenas de nanómetros es utilizada como una señal óptica en un extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico, y una señal óptica en una longitud de onda mayor de 1610 nm en decenas a centenas de nanómetros es utilizada como una señal óptica en un extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico.

35 El valor de potencia de la señal óptica de supervisión y el valor de potencia de la señal óptica de salida pueden ser vigilados de múltiples maneras, y se han proporcionado en este documento dos maneras posibles de implementación.

Una primera manera posible de implementación es:

40 vigilar directamente el valor de potencia de la señal óptica de supervisión y el valor de potencia de la señal óptica de salida, donde una señal óptica de supervisión obtenida filtrando la señal óptica de salida es recibida, el valor de potencia de la señal óptica de supervisión es medido directamente, y el valor de potencia de la señal óptica de salida es medido directamente.

Una segunda manera posible de implementación es:

45 vigilar indirectamente el valor de potencia de la señal óptica de supervisión y el valor de potencia de la señal óptica de salida, donde una proporción preestablecida de las señales ópticas es obtenida dividiendo la señal óptica de salida, una proporción preestablecida de las señales ópticas de supervisión es obtenida filtrando la proporción preestablecida de señales ópticas, y la proporción preestablecida de las señales ópticas de supervisión es medida para obtener el valor de potencia de la señal óptica de supervisión indirectamente; y otra proporción preestablecida de las señales ópticas es obtenida dividiendo la señal óptica de salida, y la potencia de otra proporción preestablecida de señales ópticas es medida para obtener el valor de potencia de la señal óptica de salida indirectamente.

50 Debería observarse que la vigilancia de la potencia de la señal óptica de supervisión y de la potencia de la señal óptica de salida no está limitada a las dos maneras de implementación anteriores, y se pueden utilizar otros métodos de vigilancia, que no se describen uno por uno en este documento.

Operación 102: Calcular un valor de ganancia real de un amplificador de acuerdo en el valor de potencia de la señal óptica de supervisión.

55 La señal óptica de supervisión es una señal óptica en un extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico y/o una señal óptica en un extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico

que son/es obtenidas filtrando una señal óptica de entrada. La señal óptica en el extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico y/o la señal óptica en el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico puede ser una señal óptica de ASE (emisión espontánea Amplificada) en un borde de la señal óptica de tráfico, o puede ser una señal óptica marcada que es añadida fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico.

La potencia de la ASE es excesivamente baja en un extremo de entrada de una señal óptica, lo que puede ser ignorado. Después de que la luz de la ASE sea amplificada por la luz de bombeo, la ASE en la señal óptica de salida tiene una relación lineal aproximada con ganancias del amplificador, y el valor de ganancia real del amplificador puede ser calculado de acuerdo con un valor de potencia de la ASE en la señal óptica de salida. En una aplicación real, uno o ambos de un valor de potencia de la ASE₁ de la señal óptica en el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico y un valor de potencia de la ASE₂ de la señal óptica en el extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico pueden ser utilizados para calcular el valor de ganancia real del amplificador, y un valor de ganancia real calculado utilizando los dos valores ASE₁ y ASE₂ de potencia de señal óptica es más preciso que un valor de ganancia real calculado utilizando cualquiera de los valores de potencia de señal óptica.

La fórmula (1) y la fórmula (2) son métodos de cálculo para calcular el valor de ganancia real del amplificador utilizando cualquiera de la ASE₁ de la señal óptica en el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico y de la ASE₂ de la señal óptica en el extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico:

$$\text{Gain}_1 = A_1 \times \text{ASE}_1 + F_1 \quad (1)$$

$$\text{Gain}_2 = A_2 \times \text{ASE}_2 + F_2 \quad (2)$$

dónde Gain₁ es un valor de ganancia real de una señal óptica en una señal óptica de tráfico en un extremo de onda corta, ASE₁ es un valor de potencia de la señal óptica en el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico, y A₁ y F₁ son parámetros de sistema para el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica; Gain₂ es un valor de ganancia real de una señal óptica en una señal óptica de tráfico en un extremo de onda larga, ASE₂ es un valor de potencia de la señal óptica en el extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico, y A₂ y F₂ son parámetros de sistema para el extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica.

Los parámetros de sistema A₁, A₂, F₁, y F₂ del amplificador son determinados utilizando el siguiente método:

(1) controlar la potencia de bombeo del amplificador, y cuando una ganancia del amplificador es Gain_{ij} (i = 1, 2; j = 1, 2...), obtener y grabar la potencia de ASE_{1j} y ASE_{2j} de un canal de supervisión;

(2) repetir la operación (1) (j aumenta en 1 cada vez) para obtener suficiente Gain_{ij} (i = 1, 2; j = 1, 2, ...) y potencia ASE_{1j} y ASE_{2j} de canal de supervisión correspondiente, hasta que Gain_{ij} incluya todos o la mayoría de valores de ganancia del amplificador en un estado de funcionamiento normal; y

(3) utilizar las fórmulas:

$$\text{Gain}_{1j} = A_{1j} \times \text{ASE}_{1j} + F_{1j}$$

$$\text{Gain}_{2j} = A_{2j} \times \text{ASE}_{2j} + F_{2j}$$

para realizar el ajuste en los datos de Gain_{ij} anteriores que son obtenidos cuando j aumenta en 1 cada vez, para obtener los coeficientes A₁, A₂, F₁, y F₂, donde al menos un método de cuadrados u otro método matemático conocido puede ser utilizado como el método de ajuste.

Ajustar los datos obtenidos utilizando las operaciones anteriores es realizado para obtener los coeficientes A_i y F_i (i = 1, 2, ...), donde al menos un método de cuadrados u otro método matemático conocido puede ser utilizado como el método de ajuste.

La fórmula (3) y la fórmula (4) son métodos de cálculo para calcular el valor de ganancia real del amplificador utilizando la ASE₁ de la señal óptica en el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico y la ASE₂ de la señal óptica en el extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico:

$$\text{Gain}_1 = A_1 \times \text{ASE}_1 + B_1 \times \text{ASE}_2 + F_1 \quad (3)$$

$$\text{Gain}_2 = A_2 \times \text{ASE}_1 + B_2 \times \text{ASE}_2 + F_2 \quad (4)$$

dónde Gain₁ es un valor de ganancia real de una señal óptica en una señal óptica de tráfico en un extremo de onda corta, ASE₁ es un valor de potencia de la señal óptica en el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico, y A₁, B₁, y F₁ son parámetros de sistema para el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica; Gain₂ es un valor de ganancia real de una señal óptica en una señal óptica de tráfico en un extremo de onda larga, ASE₂ es un valor de potencia de la señal óptica en el extremo de onda larga fuera del ancho de banda de

la señal óptica de tráfico, y A_2 , B_2 , y F_2 son parámetros de sistema para el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica.

Los parámetros de sistema A_1 , A_2 , B_1 , B_2 , F_1 , y F_2 del amplificador son determinados utilizando el siguiente método:

5 (1) controlar la potencia de bombeo del amplificador, y cuando una ganancia del amplificador es $Gain_{ij}$ ($i = 1, 2$; $j = 1, 2, \dots$), obtener y grabar la potencia de ASE_{1j} y ASE_{2j} de un canal de supervisión;

(2) repetir la operación (1) (j aumenta en 1 cada vez) para obtener suficiente $Gain_{ij}$ ($i = 1, 2$; $j = 1, 2, \dots$) y potencia de ASE_{1j} y ASE_{2j} de canal de supervisión correspondiente, hasta que $Gain_{ij}$ incluya todos o la mayoría de valores de ganancia del amplificador en un estado de funcionamiento normal; y

(3) utilizar las fórmulas:

10 $Gain_{1j} = A_{1j} \times ASE_{1j} + B_{1j} \times ASE_{1j} + F_{1j}$

$Gain_{2j} = A_{2j} \times ASE_{2j} + B_{2j} \times ASE_{2j} + F_{2j}$

para realizar el ajuste en los datos de $Gain_{ij}$ anteriores que son obtenidos cuando j aumenta en 1 cada vez, para obtener los coeficientes A_1 , A_2 , B_1 , B_2 , F_1 , y F_2 , donde al menos un método de cuadrados u otro método matemático conocido puede ser utilizado como el método de ajuste.

15 Para una señal óptica marcada que es añadida fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico, si un valor de potencia de la señal óptica marcada en un extremo de entrada de una señal óptica de tráfico es conocido, vigilar un valor de potencia de la señal óptica marcada en la señal óptica de salida puede obtener el valor de ganancia real del amplificador por medio de cálculo.

20 Cuando el valor de ganancia real del amplificador es calculado, el valor de ganancia real puede ser calculado de acuerdo con el valor de potencia de la señal óptica de supervisión y el valor de potencia de la señal óptica de salida utilizando la fórmula (5) y la fórmula (6), de modo que se obtenga un valor de ganancia real más preciso. Utilizar la potencia de la señal óptica de salida como uno de los parámetros para calcular el valor de ganancia real puede aumentar la precisión del valor de ganancia real.

$Gain_1 = A_1 \times ASE_1 + B_1 \times ASE_2 + C_1 \times OUT + F_1$ (5)

25 $Gain_2 = A_2 \times ASE_1 + B_2 \times ASE_2 + C_2 \times OUT + F_2$ (6)

dónde $Gain_1$ es un valor de ganancia real de una señal óptica en una señal óptica de tráfico en un extremo de onda corta, ASE_1 es un valor de potencia de la señal óptica en el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico, OUT es el valor de potencia de la señal óptica de salida, y A_1 , B_1 , C_1 , y F_1 son parámetros de sistema para el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica; $Gain_2$ es un valor de ganancia real de una señal óptica en una señal óptica de tráfico en un extremo de onda larga, ASE_2 es un valor de potencia de la señal óptica en el extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico, y A_2 , B_2 , C_2 , y F_2 son parámetros de sistema para el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica.

Los parámetros de sistema A_1 , A_2 , B_1 , B_2 , C_1 , C_2 , F_1 , y F_2 del amplificador son determinados utilizando los siguientes métodos:

35 (1) controlar la potencia de bombeo del amplificador, y cuando una ganancia del amplificador es $Gain_{ij}$ ($i = 1, 2$; $j = 1, 2, \dots$), obtener y grabar la potencia de ASE_{1j} y ASE_{2j} de un canal de supervisión;

(2) repetir la operación (1) (j aumenta en 1 cada vez) para obtener suficiente $Gain_{ij}$ ($i = 1, 2$; $j = 1, 2, \dots$) y potencia de ASE_{1j} y ASE_{2j} de canal de supervisión correspondiente, hasta que $Gain_{ij}$ incluya todos o la mayoría de valores de ganancia del amplificador en funcionamiento normal; y

40 (3) utilizar las fórmulas:

$Gain_{1j} = A_{1j} \times ASE_{1j} + B_{1j} \times ASE_{1j} + C_{1j} \times OUT + F_{1j}$

$Gain_{2j} = A_{2j} \times ASE_{2j} + B_{2j} \times ASE_{2j} + C_{2j} \times OUT + F_{2j}$

45 para realizar el ajuste en los datos de $Gain_{ij}$ anteriores que son obtenidos cuando j aumenta en 1 cada vez y utilizando las operaciones anteriores, para obtener los coeficientes A_1 , A_2 , B_1 , B_2 , C_1 , C_2 , F_1 , y F_2 , donde al menos un método de cuadrados u otro método matemático conocido puede ser utilizado como el método de ajuste.

Operación 103: Comparar el valor de ganancia real del amplificador con un valor de ganancia preestablecido del amplificador, y controlar el valor de ganancia real del amplificador y el valor de ganancia preestablecido para que sean iguales utilizando una función de bloqueo de ganancia.

El control del valor de ganancia real del amplificador y del valor de ganancia preestablecido del amplificador para que sean iguales utilizando una función de bloqueo de ganancia incluye fundamentalmente:

5 cuando el valor de ganancia real del amplificador es mayor que el valor de ganancia preestablecido del amplificador, enviar, a una fuente de bombeo, una señal de control de atenuación para controlar la fuente de bombeo para disminuir la potencia de la luz de bombeo; o

cuando el valor de ganancia real del amplificador es menor que el valor de ganancia preestablecido del amplificador, enviar, a una fuente de bombeo, una señal de control de amplificación para controlar la fuente de bombeo para aumentar la potencia de la luz de bombeo.

10 Cuando se produce una rotura de fibra, la potencia óptica de una señal de entrada disminuye rápidamente en una ubicación de rotura de fibra. Si la ubicación de rotura de fibra está relativamente lejos del amplificador, se reduce el consumo de la luz de bombeo de la luz de la señal de entrada en la fibra restante debido a la reducción de la luz de la señal de entrada, lo que provoca un aumento de la potencia óptica de bombeo restante en la fibra y un aumento de una ganancia real del amplificador, Una función de bloqueo de ganancia del amplificador o un aparato de bloqueo de ganancia actúa rápidamente, lo que disminuye la potencia de bombeo de la luz de bombeo y mantiene una ganancia del amplificador básicamente sin cambios. Debido a que la ganancia del amplificador no tiene cambios, la potencia de salida de la luz de la señal de salida en un extremo de salida del amplificador disminuye rápidamente con la disminución, provocada por la rotura de fibra, de la potencia de la luz de la señal de entrada. Cuando la potencia de la luz de la señal de salida disminuye hasta la potencia que es menor que la potencia preestablecida (menor que o igual a la potencia de salida mínima del amplificador en funcionamiento normal), se ha determinado que se produce un fallo de enlace de fibra.

15 Si la ubicación de rotura de fibra está relativamente cerca de una bomba óptica, una señal óptica de entrada no puede ser amplificada efectivamente por medio de luz de bombeo debido a una distancia cercana entre la ubicación de rotura de fibra y la bomba óptica, la potencia de una señal óptica de salida disminuye rápidamente debido a la rotura de fibra, y cuando la potencia de la señal óptica de salida es menor que la potencia preestablecida, se ha determinado que se produce un fallo de enlace de fibra. Después de que se ha determinado que se produce un fallo de enlace de fibra, un programa de protección de seguridad es iniciado para apagar la luz de bombeo o disminuir la potencia óptica de bombeo hasta un rango seguro. De acuerdo con esta realización de la presente invención, la función de bloqueo de ganancia es utilizada para impedir el impacto de una señal óptica que es generada por la luz de bombeo debido a la emisión espontánea en la fibra, de modo que cuando se produce una rotura de fibra, la potencia óptica de salida del amplificador es mucho menor que la potencia óptica de salida del amplificador en funcionamiento normal, implementado de este modo la detección de fallo de enlace.

20

25

30

Si una función de bloqueo de ganancia no está disponible, aunque la potencia de una señal óptica de entrada disminuye rápidamente en el caso de una rotura de fibra, debido a que la potencia óptica de bombeo no tiene cambios, la luz de emisión espontánea generada por la luz de bombeo en una fibra incluye luz en una banda de onda de una señal óptica de entrada, y la luz de emisión espontánea que es generada por la luz de bombeo debido a la emisión espontánea y que está en la banda de onda de la señal óptica de entrada es amplificada continuamente, se puede detectar aún la potencia relativamente alta de una señal óptica de salida en un extremo de salida de la fibra, donde la potencia óptica está cerca o incluso por encima de la potencia de salida mínima de un amplificador en funcionamiento normal. Si una función de bloqueo de ganancia está disponible, con disminución de potencia de una señal óptica de entrada, un aparato de control de ganancia controla la potencia óptica de bombeo para que disminuya continuamente. Por consiguiente, la potencia de la luz de emisión espontánea generada por la luz de bombeo disminuye continuamente, y la potencia óptica de la luz de emisión espontánea en una banda de onda de la señal óptica de entrada también disminuye continuamente, lo que reduce el impacto producido por una señal óptica que es generado debido a la emisión espontánea por la luz de bombeo en una fibra, de modo que cuando se produce una rotura de fibra, la potencia de una señal óptica de salida es mucho menor que la potencia de salida mínima de un amplificador en funcionamiento normal, implementado de este modo la determinación del fallo de enlace.

35

40

45

Operación 104: Determinar si el valor de potencia de la señal óptica de salida es menor que un valor de potencia preestablecido de la señal óptica de salida. Si lo es, realizar la operación 105; si no, volver a la operación 101.

Operación 105: Determinar que se produce una rotura de fibra.

50 Cuando el valor de potencia de la señal óptica de salida es menor que el valor de potencia preestablecido de la señal óptica de salida, indica que se produce una rotura de fibra, y la rotura de fibra puede ser determinada; o cuando el valor de potencia de la señal óptica de salida no es menor que el valor de potencia preestablecido de la señal óptica de salida, volver a la operación 101 para continuar con la vigilancia del valor de potencia de la señal óptica de supervisión y el valor de potencia de la señal óptica de salida.

Se puede aprender a partir del contenido anterior que, la presente invención tiene los siguientes efectos beneficiosos:

55 Cuando se produce una rotura de fibra, la potencia óptica de una señal de entrada disminuye rápidamente en una ubicación de rotura de fibra. Si la ubicación de rotura de fibra está relativamente lejos de un amplificador, se reduce el consumo de luz de bombeo de la luz de la señal de entrada en la fibra restante debido a la reducción de la luz de la señal

de entrada, lo que provoca un aumento de la potencia óptica de bombeo restante en la fibra y un aumento de una ganancia real del amplificador. Una función de bloqueo de ganancia del amplificador o un aparato de bloqueo de ganancia actúan rápidamente, lo que disminuye la potencia de bombeo de la luz de bombeo y mantiene una ganancia del amplificador básicamente sin cambios. Debido a que la ganancia del amplificador no tiene cambios, la potencia de salida de la señal de salida en un extremo de salida del amplificador disminuye rápidamente con la disminución, provocada por la rotura de fibra, de la potencia de la luz de la señal de entrada. Cuando la potencia de la luz de la señal de salida disminuye hasta la potencia que es menor que la potencia preestablecida (menor que o igual a la potencia de salida mínima del amplificador en funcionamiento normal), se ha determinado que se produce un fallo de enlace de fibra. Si la ubicación de rotura de fibra está relativamente cerca de una bomba óptica, una señal óptica de entrada no puede ser amplificada efectivamente por medio de una luz de bombeo debido a una distancia corta entre la ubicación de rotura de fibra y la bomba óptica, la potencia de una señal óptica de salida disminuye rápidamente debido a la rotura de fibra, y cuando la potencia de la señal óptica de salida es menor que la potencia preestablecida, se ha determinado que se produce un fallo de enlace de fibra. Después de que se ha determinado que se produce un fallo de enlace de fibra, un programa de protección de seguridad es iniciado para apagar la luz de bombeo o disminuir la potencia óptica de bombeo hasta un rango seguro. De acuerdo con esta realización de la presente invención, la función de bloqueo de ganancia es utilizada para impedir el impacto de una señal óptica que es generada por la luz de bombeo debido a la emisión espontánea en la fibra, de modo que cuando se produce una rotura de fibra, la potencia de la señal óptica de salida es mucho menor que la potencia óptica de salida del amplificador en funcionamiento normal, implementando de este modo la detección del fallo de enlace.

20 Realización 2

La fig. 2 es un diagrama de flujo de la Realización 2 de un método de detección de rotura de fibra para un amplificador de fibra de Raman distribuido de acuerdo con la presente invención. Comparada con la Realización 1, la Realización 2 incluye además vigilar un valor de potencia de la luz de bombeo. El método incluye las siguientes operaciones:

Operación 201: Vigilar un valor de potencia de una señal óptica de supervisión, un valor de potencia de una señal óptica de salida, y un valor de potencia de la luz de bombeo emitida por una fuente de bombeo.

La señal óptica de supervisión es una señal óptica en un extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico y/o una señal óptica en un extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico que son/es obtenidas filtrando una señal óptica de entrada. Una manera para vigilar el valor de potencia de la señal óptica de supervisión y el valor de potencia de la señal óptica de salida es similar a la de la Realización 1, que no se ha descrito repetidamente en este documento.

Para vigilar el valor de potencia de la luz de bombeo emitida por la fuente de bombeo, se requiere vigilar separadamente un valor de potencia de la luz de bombeo emitida por cada bomba óptica debido a que la fuente de bombeo incluye al menos una bomba óptica. El valor de potencia de la luz de bombeo emitida por la fuente de bombeo puede ser vigilado directamente, o el valor de potencia de la luz de bombeo emitida por la fuente de bombeo puede ser vigilado indirectamente.

Cuando el valor de potencia de la luz de bombeo emitida por la fuente de bombeo es vigilada indirectamente, una proporción preestablecida de señales ópticas de cada luz de bombeo son recibidas separadamente, y la potencia de la proporción preestablecida de señales ópticas es vigilada para obtener el valor de potencia de cada luz de bombeo indirectamente. La proporción preestablecida para cada luz de bombeo puede ser la misma o puede ser diferente, lo que es establecido de acuerdo con un requisito real.

Operación 202: Calcular un valor de ganancia real de un amplificador de acuerdo con la potencia de la señal óptica de supervisión y la potencia de la luz de bombeo.

Utilizar el valor de potencia de la luz de bombeo como un parámetro para calcular el valor de ganancia real puede obtener un valor de ganancia real más preciso.

El valor de ganancia real del amplificador es calculado utilizando la fórmula (7) y la fórmula (8):

$$\text{Gain}_1 = A_1 \times \text{ASE}_1 + B_1 \times \text{ASE}_2 + D_1 \times \text{PUMP}_1 + E_1 \times \text{PUMP}_2 + F_1 \quad (7)$$

$$\text{Gain}_2 = A_2 \times \text{ASE}_1 + B_2 \times \text{ASE}_2 + D_2 \times \text{PUMP}_1 + E_2 \times \text{PUMP}_2 + F_2 \quad (8)$$

dónde Gain_1 es un valor de ganancia real de una señal óptica en una señal óptica de tráfico en un extremo de onda corta, ASE_1 es un valor de potencia de la señal óptica en el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico, PUMP_1 es un valor de potencia de la luz de bombeo en el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico, y A_1 , B_1 , D_1 , E_1 , y F_1 son parámetros de sistema para el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica; Gain_2 es un valor de ganancia real de una señal óptica en una señal óptica de tráfico en un extremo de onda larga, ASE_2 es un valor de potencia de la señal óptica en el extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico, PUMP_2 es un valor de potencia de la luz de bombeo en el extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico, y A_2 , B_2 , D_2 , E_2 , y F_2 son parámetros de sistema

para un extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica.

Los coeficientes D_1 y D_2 pueden determinarse utilizando al menos un método de ajuste de cuadrados en la Realización 1.

- 5 En una aplicación real, las fórmulas (9) y (10) pueden ser utilizadas para calcular el valor de ganancia real de acuerdo con la potencia de la señal óptica de supervisión, la potencia óptica de bombeo, y la potencia de la señal óptica de salida, de modo que se obtenga un valor de ganancia real más preciso:

$$\text{Gain}_1 = A_1 \times \text{ASE}_1 + B_1 \times \text{ASE}_2 + C_1 \times \text{OUT} + D_1 \times \text{PUMP}_1 + E_1 \times \text{PUMP}_2 + F_1 \quad (9)$$

$$\text{Gain}_2 = A_2 \times \text{ASE}_1 + B_2 \times \text{ASE}_2 + C_2 \times \text{OUT} + D_2 \times \text{PUMP}_1 + E_2 \times \text{PUMP}_2 + F_2 \quad (10)$$

- 10 dónde Gain_1 es un valor de ganancia real de una señal óptica en una señal óptica de tráfico en un extremo de onda corta, ASE_1 es un valor de potencia de la señal óptica en el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico, OUT es el valor de potencia de la señal óptica de salida, PUMP_1 es un valor de potencia de la luz de bombeo en el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico, y A_1 , B_1 , C_1 , D_1 , E_1 , y F_1 son parámetros de sistema para el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica; Gain_2 es un valor de ganancia real de una señal óptica en una señal óptica de tráfico en un extremo de onda larga, ASE_2 es un valor de potencia de la señal óptica en el extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico, PUMP_2 es un valor de potencia de la luz de bombeo en el extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico, y A_2 , B_2 , C_2 , D_2 , E_2 , y F_2 son parámetros de sistema para un extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica.

- 20 En este documento, debería observarse que valores de parámetros de sistema A_1 , B_1 , C_1 , D_1 , E_1 , y F_1 , y A_2 , B_2 , C_2 , D_2 , E_2 , y F_2 del amplificador en la presente invención son diferentes en diferentes sistemas de amplificador, que son establecidos de acuerdo con una situación real.

Los coeficientes E_1 y E_2 pueden determinarse utilizando al menos un método de ajuste de cuadrados en la Realización 1.

- 25 Operación 203: Comparar el valor de ganancia real del amplificador con un valor de ganancia preestablecido del amplificador, y controlar el valor de ganancia real del amplificador y el valor de ganancia preestablecido del amplificador para que sean iguales utilizando una función de bloqueo de ganancia.

Operación 204: Determinar si el valor de potencia de la señal óptica de salida es menor que un valor de potencia preestablecido de la señal óptica de salida. Si lo es, realizar la operación 205; si no, volver a la operación 201.

Operación 205: Determinar que se produce una rotura de fibra.

- 30 Para la operación 203 y la operación 205, que son similares a la Realización 1, se refieren a descripciones en la Realización 1, y no se han descrito repetidamente detalles en este documento.

Operación 206: Cuando se ha determinado que se produce una rotura de fibra, enviar, a una fuente de bombeo, una señal de control de apagado para controlar el apagado de la fuente de bombeo o disminuir la potencia de bombeo hasta un rango seguro.

- 35 Cuando se produce una rotura de fibra, para impedir lesiones en el cuerpo humano provocadas por el escape de una señal óptica de bombeo de alta potencia en la ubicación de rotura de fibra, se requiere controlar el apagado de la fuente de bombeo o disminuir la potencia de bombeo hasta un rango seguro.

En una aplicación real, el método incluye además las siguientes operaciones:

Operación 207: Después de apagar la fuente de bombeo, vigilar el valor de potencia de la señal óptica de salida en tiempo real.

- 40 Operación 208: Determinar si el valor de potencia de la señal óptica de salida es mayor que un umbral de potencia de ruido. Si lo es, realizar la operación 209; si no, volver a la operación 207.

Operación 209: Enviar, a la fuente de bombeo, una señal de control de encendido para controlar el encendido de la fuente de bombeo y aumentar la potencia de la luz de bombeo emitida por la fuente de bombeo.

- 45 Después de apagar la fuente de bombeo, la potencia de la señal óptica de salida es vigilada en tiempo real. Después de reparar la rotura de fibra y de volver a conectar el enlace de comunicaciones, se ha detectado que la potencia de la señal óptica de salida aumenta continuamente. Cuando la potencia de la señal óptica de salida sobrepasa el umbral de ruido, indica que la señal óptica de salida detectada no es ruido sino una señal óptica de entrada. En este caso, la fuente de bombeo es controlada para ser encendida, y la potencia de la luz de bombeo emitida por la fuente de bombeo es aumentada, de modo que el valor de ganancia real del amplificador es igual al valor de ganancia preestablecido.

Cuando la potencia de la señal óptica de salida detectada es menor que el umbral de ruido, indica que la señal óptica de salida detectada es ruido. Luego, regresa a la operación 207 para continuar con la vigilancia en tiempo real. En este documento, debería observarse que el umbral de ruido preestablecido puede ser ajustado de acuerdo con un requisito real, que no está limitado específicamente en este documento.

- 5 Se puede aprender a partir del contenido anterior que, la presente invención tiene además los siguientes efectos beneficiosos:

De acuerdo con esta realización de la presente invención, puede ser además que, cuando se ha determinado que se produce una rotura de fibra, se realiza control automático para apagar una fuente de bombeo o disminuir la potencia de bombeo hasta un rango seguro, lo que impide lesiones en el cuerpo humano provocadas por el escape, en una ubicación de rotura de fibra, de luz de bombeo de alta potencia emitida por la fuente de bombeo. Puede ser además que, después de apagar la fuente de bombeo, la potencia de una señal óptica de salida es vigilada en tiempo real, y cuando la potencia de la señal óptica de salida es mayor que un umbral de potencia de ruido, indica que un enlace de comunicaciones se recupera. En este caso, se realiza control automático para encender la fuente de bombeo y aumentar la potencia de la luz de bombeo, de modo que un valor de ganancia real de un amplificador es igual a un valor de ganancia preestablecido, implementando de este modo la recuperación del enlace automático.

Realización 3

La fig. 3 es un diagrama estructural esquemático de la Realización 3 de un aparato de detección de fibra para un amplificador de fibra de Raman distribuido de acuerdo con la presente invención, donde el aparato es un aparato que corresponde al método descrito en la Realización 1 e incluye:

- 20 un primer módulo de vigilancia 301, configurado para vigilar un valor de potencia de una señal óptica de supervisión y un valor de potencia de una señal óptica de salida, donde

la señal óptica de supervisión es una señal óptica en un extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico y/o una señal óptica en un extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico que son/es obtenidas filtrando una señal óptica de entrada;

- 25 un módulo de cálculo 302, configurado para calcular el valor de ganancia real del amplificador de acuerdo con el valor de potencia de la señal óptica de supervisión, donde

opcionalmente, el módulo de cálculo 302 es:

una segunda unidad de cálculo, configurada para calcular el valor de ganancia real del amplificador de acuerdo con el valor de potencia de la señal óptica de supervisión y el valor de potencia de la señal óptica de salida;

- 30 un primer módulo de control 303, configurado para: comparar el valor de ganancia real del amplificador con un valor de ganancia preestablecido del amplificador, y controlar el valor de ganancia real del amplificador y el valor de ganancia preestablecido del amplificador para que sean iguales utilizando una función de bloqueo de ganancia; y

- 35 un módulo de detección 304, configurado para determinar si el valor de potencia de la señal óptica de salida es menor que un valor de potencia preestablecido de la señal óptica de salida, y si lo es, determinar que se produce una rotura de fibra, donde

cuando el valor de potencia de la señal óptica de salida no es menor que un valor de potencia preestablecido de la señal óptica de salida, no se produce rotura de fibra, y el primer módulo de vigilancia 301 continua con la vigilancia.

Para las funciones lógicas en este documento, que son similares a la Realización 1, hacer referencia a las descripciones en la Realización 1, y no se han descrito repetidamente detalles en este documento.

40 Realización 4

La fig. 4 es un diagrama estructural esquemático de la Realización 4 de un aparato de detección de rotura de fibra para un amplificador de fibra de Raman distribuido de acuerdo con la presente invención, donde el aparato es un aparato que corresponde al método descrito en la Realización 2 e incluye:

- 45 un primer módulo de vigilancia 301, configurado para vigilar un valor de potencia de una señal óptica de supervisión y un valor de potencia de una señal óptica de salida, donde

la señal óptica de supervisión es una señal óptica en un extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico y/o una señal óptica en un extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico que son/es obtenidas filtrando una señal óptica de entrada;

- 50 un segundo módulo de vigilancia 401, configurado para vigilar un valor de potencia de luz de bombeo emitida por una fuente de bombeo; donde

el primer módulo de vigilancia 301 y el segundo módulo de vigilancia 401 pueden ser un mismo módulo de vigilancia, o pueden ser diferentes módulos de vigilancia;

una primera unidad de cálculo 402, configurada para calcular un valor de ganancia real de un amplificador de acuerdo con el valor de potencia de la señal óptica de supervisión y el valor de potencia de la luz de bombeo;

5 un primer módulo de control 303, configurado para: comparar el valor de ganancia real del amplificador con un valor de ganancia preestablecido del amplificador, y controlar el valor de ganancia real del amplificador y el valor de ganancia preestablecido del amplificador para que sean iguales utilizando una función de bloqueo de ganancia, y opcionalmente, el primer módulo de control 303 incluye:

10 una primera unidad de control, configurada para: cuando el valor de ganancia real del amplificador es mayor que el valor de ganancia preestablecido, enviar, a la fuente de bombeo, una señal de control de atenuación para controlar la fuente de bombeo para disminuir la potencia de la luz de bombeo; y

una segunda unidad de control, configurada para: cuando el valor de ganancia real del amplificador es menor que el valor de ganancia preestablecido del amplificador, enviar, a la fuente de bombeo, una señal de control de amplificación para controlar la fuente de bombeo para aumentar la potencia de la luz de bombeo;

15 un módulo de detección 304, configurado para determinar si el valor de potencia de la señal óptica de salida es menor que un valor de potencia preestablecido de la señal óptica de salida, y si lo es, determinar que se produce una rotura de fibra; y

20 un segundo módulo de control 403, configurado para: cuando se ha determinado que se produce una rotura de fibra, enviar, a la fuente de bombeo, una señal de control de apagado para controlar el apagado de la fuente de bombeo o disminuir la potencia de bombeo hasta un rango seguro.

En uso real, el aparato incluye además:

un tercer módulo de vigilancia 404, configurado para: después de apagar la fuente de bombeo, vigilar el valor de potencia de la señal óptica de salida en tiempo real; y

25 un tercer módulo de control 405, configurado para determinar si el valor de potencia de la señal óptica de salida es mayor que un umbral de potencia de ruido, y si lo es, enviar una señal de control de encendido a la fuente de bombeo, donde

cuando el valor de la señal óptica de potencia no es mayor que el umbral de potencia de ruido, el tercer módulo de vigilancia 404 continúa con la vigilancia.

30 Para las funciones lógicas en este documento, que son similares a la Realización 2, hacer referencia a descripciones en la Realización 2, y se no se han descrito repetidamente detalles en este documento.

Realización 5

La fig. 5 es un diagrama estructural esquemático de la Realización 5 de un sistema de detección de corte de fibra para un amplificador de fibra de Raman distribuido de acuerdo con la presente invención, donde el sistema incluye:

35 un multiplexor 501 de división de longitud de onda, un aparato divisor 502, una fuente de bombeo 503, y un monitor 504.

El multiplexor 501 de división de longitud de onda recibe al menos un canal de luz de bombeo emitida por la fuente de bombeo 503, e inyecta la luz de bombeo recibida hacia atrás a una fibra óptica de comunicaciones; y el multiplexor 501 de división de longitud de onda recibe además una señal óptica de entrada y transmite la señal óptica de entrada al aparato divisor 502.

40 El aparato divisor 502 obtiene una señal óptica de supervisión filtrando la señal óptica de entrada, y utiliza una primera proporción preestablecida de luz, dividida a partir de una señal óptica de salida, como una señal óptica de detección de salida, donde

45 la señal óptica de supervisión es una señal óptica en un extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico y/o una señal óptica en un extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico que son/es obtenidas filtrando la señal óptica de entrada.

El aparato divisor 502 tiene cuatro estructuras posibles.

Una primera estructura posible se ha mostrado en la fig. 6, cuando el aparato divisor 502 incluye:

un multiplexor 601 de división de longitud de onda y un divisor 602 de señal óptica conectados en secuencia.

El multiplexor 601 de división de longitud de onda obtiene, filtrando la señal óptica de entrada, la señal óptica en el extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico o la señal óptica en el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico.

5 El multiplexor 601 de división de longitud de onda transmite, al monitor 504, la señal óptica en el extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico o la señal óptica en el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico que es obtenida por medio de filtrado, de modo que el monitor 504 vigila un valor de potencia de la señal óptica en el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico o la señal óptica en el extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico, para calcular un valor de ganancia real del amplificador.

10 El divisor 602 de señal óptica utiliza la primera proporción preestablecida de luz, dividida a partir de la señal óptica de salida, como la señal óptica de detección de salida.

15 En este documento, debería observarse que la primera proporción preestablecida puede ser ajustada de acuerdo con un requisito real, y que la potencia de la señal de salida puede ser obtenida de acuerdo con la primera proporción preestablecida vigilando la potencia de la señal óptica de detección. En casos generales, la primera proporción preestablecida no excede del 10%, para evitar el impacto producido por una señal de salida a la transmisión de datos.

Una segunda estructura posible se ha mostrado en la fig. 7, donde el aparato divisor 502 incluye:

dos divisores 701 y 702 de señal óptica, y un filtro 703.

20 Un divisor 701 de señal óptica utiliza una segunda proporción preestablecida de luz, dividida a partir de la señal óptica de salida, como una señal óptica de filtrado, y el filtro 703 filtra la señal óptica de filtrado para obtener la señal óptica en el extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de control o la señal óptica en el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico.

25 El divisor 701 de señal óptica obtiene, dividiendo la señal óptica de salida de acuerdo con la segunda proporción preestablecida, la señal óptica de filtrado, donde la segunda proporción preestablecida puede ser establecida específicamente de acuerdo con un requisito real, que no excede del 10% en los casos generales; el filtro obtiene, filtrando la señal óptica de filtrado, la señal óptica en el extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico o la señal óptica en el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico; y el monitor 504 puede entonces detectar el valor de potencia de la señal óptica en el extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico o la señal óptica en el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico de la señal óptica de salida de acuerdo con la segunda proporción preestablecida.

30 El otro divisor 702 de señal óptica utiliza la primera proporción preestablecida de luz, dividida a partir de la señal óptica de salida, como la señal óptica de detección de salida.

Una tercera estructura posible se ha mostrado en la fig. 8, donde el aparato divisor 502 incluye:

dos multiplexores de división de longitud de onda y un divisor de señal óptica conectado en secuencia.

35 Los dos multiplexores de división de longitud de onda obtienen respectivamente, filtrando la señal óptica de salida, la señal óptica en el extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico y la señal óptica en el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico.

Un multiplexor 801 de división de longitud de onda, un multiplexor 802 de división de longitud de onda, y un divisor de señal óptica 803 están conectados en secuencia.

40 El multiplexor 801 de división de longitud de onda obtiene filtrando la señal óptica de salida, la señal óptica en el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico, y el multiplexor 802 de división de longitud de onda, filtrando la señal óptica de salida, la señal óptica ASE2 en el extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico. El multiplexor 801 de división de longitud de onda y el multiplexor 802 de división de longitud de onda emiten, al monitor 504, la señal óptica en el extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico y la señal óptica en el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico que son obtenidas por medio de filtrado, de modo que el monitor obtiene por medio de cálculo el valor de ganancia real del amplificador de acuerdo con la señal óptica en el extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico y la señal óptica en el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico. El valor de ganancia real obtenido por medio de cálculo utilizando el método anterior es más preciso que el obtenido por medio de cálculo de acuerdo con cualquiera de la señal óptica en el extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico y la señal óptica en el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico.

45

50

El divisor 803 de señal óptica utiliza la primera proporción preestablecida de luz, dividida a partir de la señal óptica de salida, como la señal óptica de detección de salida.

Una cuarta estructura posible se ha mostrado en la fig. 9, donde el aparato divisor 502 incluye:

tres divisores 901, 902, y 903 de señal óptica, y dos filtros 904 y 905.

5 El primer divisor 901 de señal óptica utiliza una segunda proporción preestablecida de luz, dividida a partir de la señal óptica de salida, como una primera señal óptica de filtrado, y el primer filtro 904 filtra la primera señal óptica de filtrado para obtener la señal óptica en el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico.

El segundo divisor 902 de señal óptica utiliza una tercera proporción preestablecida de luz, dividida a partir de la señal óptica de salida, como una segunda señal óptica de filtrado, y el segundo filtro 905 filtra la segunda señal óptica de filtrado para obtener la señal óptica en el extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico.

10 El tercer divisor 903 de señal óptica utiliza la primera proporción preestablecida de luz, dividida a partir de la señal óptica de salida, como la señal óptica de detección de salida.

La segunda proporción preestablecida y la segunda proporción preestablecida pueden ser establecidas específicamente de acuerdo con un requisito real, y la segunda proporción preestablecida y la tercera proporción preestablecida pueden ser la misma o pueden ser diferentes.

15 El monitor vigila un valor de potencia de la señal óptica de supervisión, vigila un valor de potencia de la señal óptica de salida utilizando la señal óptica de detección de salida, y calcula un valor de ganancia real de un amplificador de acuerdo con el valor de potencia de la señal óptica de supervisión; el monitor compara el valor de ganancia real del amplificador con un valor de ganancia preestablecido del amplificador, y controla el valor de ganancia real del amplificador y el valor de ganancia preestablecido del amplificador para que sean iguales utilizando una función de bloqueo de ganancia; y el monitor determina si el valor de potencia de la señal óptica de salida es menor que un valor de potencia preestablecido de la señal óptica de salida, y si lo es, determina si se produce una rotura de fibra.

Opcionalmente, el monitor puede calcular además el valor de ganancia real del amplificador de acuerdo con el valor de potencia de la señal óptica de supervisión y el valor de potencia de la señal óptica de salida.

25 Opcionalmente, el monitor puede estar configurado además para: después de apagar una fuente de bombeo, vigilar el valor de potencia de la señal óptica de salida en tiempo real; y determinar si el valor de potencia de la señal óptica de salida es mayor que un umbral de potencia de ruido, y si lo es, enviar una señal de control de encendido a la fuente de bombeo.

Opcionalmente, el sistema incluye además:

30 un aparato de división de luz de bombeo, donde el aparato de división de luz de bombeo incluye al menos un divisor de señal óptica, y una cantidad de divisores de señal óptica es la misma que una cantidad de bombas ópticas en la fuente de bombeo.

Cada divisor de señal óptica en el aparato de división de luz de bombeo utiliza una cuarta parte preestablecida de luz, dividida a partir de la luz de bombeo que es emitida por una bomba óptica en una fuente de bombeo conectada al divisor de señal óptica, como una señal óptica de detección de bombeo, y transmite la señal óptica de detección de bombeo al monitor.

35 Como se ha mostrado en la fig. 10, el aparato de división de luz de bombeo incluye un divisor 1001 de señal óptica y un divisor 1003 de señal óptica. El divisor 1001 de señal óptica obtiene una primera señal óptica de detección de bombeo dividiendo, de acuerdo con la cuarta proporción preestablecida, la luz de bombeo que es emitida por una bomba óptica 1002; el divisor 1002 de señal óptica obtiene una segunda señal óptica de detección de bombeo dividiendo, de acuerdo con la cuarta proporción preestablecida, la luz de bombeo que es emitida por una bomba óptica 1004. En este documento, debería observarse que las cantidades de divisores de señal óptica y de bombas ópticas pueden ser ambas solo uno, o pueden ser ambas tres o más, lo que no está limitado simplemente a solo dos como se ha mostrado en la fig. 10, y pueden ser establecidas específicamente de acuerdo con una situación real.

45 El monitor vigila, de acuerdo con la señal óptica de detección de bombeo enviada por cada divisor de señal óptica en el aparato de división de luz de bombeo, un valor de potencia de la luz de bombeo de la bomba óptica que está conectado al divisor de señal óptica, y calcular el valor de ganancia real del amplificador de acuerdo con el valor de potencia de la señal óptica de supervisión y el valor de potencia de la luz de bombeo.

Utilizar la potencia de la luz de bombeo de todas las bombas ópticas en la fuente de bombeo como un parámetro para calcular el valor de ganancia real puede mejorar la precisión de calcular el valor de ganancia real.

50 En uso real, el monitor está configurado además para calcular el valor de ganancia real del amplificador de acuerdo con el valor de potencia de la señal óptica de supervisión, el valor de potencia de la luz de bombeo, y el valor de potencia de la señal óptica de salida, para mejorar además la precisión de cálculo del valor de ganancia real del amplificador.

Obviamente, los expertos en la técnica pueden hacer diferentes modificaciones y variaciones a la presente invención sin salirse del marco de la presente invención. La presente invención pretende cubrir estas modificaciones y variaciones siempre que estén dentro del marco de protección definido por las siguientes reivindicaciones y sus tecnologías equivalentes.

REIVINDICACIONES

1. Un método de detección de rotura de fibra para un amplificador de fibra de Raman distribuido, en el que el método es aplicado a un monitor que tiene una función de bloqueo de ganancia, que comprende las operaciones de:

5 vigilar (101) un valor de potencia de una señal óptica de supervisión y un valor de potencia de una señal óptica de salida de un amplificador de fibra de Raman distribuido, en donde la señal óptica de supervisión es una señal óptica en un extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico y/o una señal óptica en un extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico que son/es obtenidas filtrando una señal óptica de entrada;

10 calcular (102) un valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido de acuerdo con el valor de potencia de la señal óptica de supervisión;

 determinar (104) si el valor de potencia de la señal óptica de salida es menor que un valor de potencia preestablecido de la señal óptica de salida, y si lo es, determinar (105) que se produce una rotura de fibra; y

 caracterizado por

15 comparar (103) el valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido con un valor de ganancia preestablecido del amplificador de fibra de Raman distribuido, y controlar el valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido y el valor de ganancia preestablecido del amplificador de fibra de Raman distribuido para que sean iguales utilizando la función de bloqueo de ganancia.

2. El método según la reivindicación 1, en el que el método comprende además:

20 cuando se ha determinado que se produce una rotura de fibra, enviar, a una fuente de bombeo, una señal de control de apagado para controlar el apagado de la fuente de bombeo o disminuir la potencia de bombeo hasta un rango seguro.

3. El método según la reivindicación 1, en el que el método comprende además:

 vigilar (201) un valor de potencia de la luz de bombeo emitida por una fuente de bombeo; en donde

25 el cálculo de un valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido de acuerdo con el valor de potencia de la señal óptica de supervisión es:

 calcular (202) el valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido de acuerdo con el valor de potencia de la señal óptica de supervisión y el valor de potencia de la luz de bombeo.

4. El método según la reivindicación 1, en el que el cálculo de un valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido de acuerdo con el valor de potencia de la señal óptica de supervisión es:

30 calcular el valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido de acuerdo con el valor de potencia de la señal óptica de supervisión y el valor de potencia de la señal óptica de salida.

5. El método según la reivindicación 1, en el que el cálculo de un valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido de acuerdo con el valor de potencia de la señal óptica de supervisión es:

35 calcular el valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido de acuerdo con el valor de potencia de la señal óptica de supervisión, un valor de potencia de la luz de bombeo, y el valor de potencia de la señal óptica de salida.

6. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que comparar el valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido con un valor de ganancia preestablecido del amplificador de fibra de Raman distribuido, y controlar el valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido y el valor de ganancia preestablecido del amplificador de fibra de Raman distribuido para que sean iguales utilizando la función de bloqueo de ganancia comprende:

40 cuando el valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido es mayor que el valor de ganancia preestablecido del amplificador de fibra de Raman distribuido, enviar, a la fuente de bombeo, una señal de control de atenuación para controlar la fuente de bombeo para disminuir la potencia de la luz de bombeo; o

45 cuando el valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido es menor que el valor de ganancia preestablecido del amplificador de fibra de Raman distribuido, enviar, a la fuente de bombeo, una señal de control de amplificación para controlar la fuente de bombeo para aumentar la potencia de la luz de bombeo.

7. Un aparato de detección de rotura de fibra para un amplificador de fibra de Raman distribuido, en el que el aparato

comprende:

5 un primer módulo de vigilancia (301), configurado para vigilar un valor de potencia de una señal óptica de supervisión y un valor de potencia de una señal óptica de salida de un amplificador de fibra de Raman distribuido, en el que la señal óptica de supervisión es una señal óptica en un extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico y/o una señal óptica en un extremo de onda corta fuera de la señal óptica de tráfico que son/es obtenidas filtrando una señal óptica de entrada;

un módulo de cálculo (302), configurado para calcular un valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido de acuerdo con el valor de potencia de la señal óptica de supervisión;

10 un módulo de detección (304), configurado para determinar si el valor de potencia de la señal óptica de salida es menor que un valor de potencia preestablecido de la señal óptica de salida, y si lo es, determinar que se produce una rotura de fibra;

caracterizado por comprender adicionalmente

15 un primer módulo de control (303), configurado para: comparar el valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido con un valor de ganancia preestablecido del amplificador de fibra de Raman distribuido, y controlar el valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido y el valor de ganancia preestablecido del amplificador de fibra de Raman distribuido para que sean iguales utilizando una función de bloqueo de ganancia.

8. El aparato según la reivindicación 7, en el que el aparato comprende además:

20 un segundo módulo de control (403), configurado para: cuando se ha determinado que se produce una rotura de fibra, enviar, a una fuente de bombeo, una señal de control de apagado para controlar el apagado de la fuente de bombeo o disminuir la potencia de bombeo hasta un rango seguro.

9. El aparato según la reivindicación 7, en el que el aparato comprende además:

un segundo módulo de vigilancia (401), configurado para vigilar un valor de potencia de la luz de bombeo emitida por una fuente de bombeo; en el que

el módulo de cálculo es:

25 una primera unidad de cálculo (402), configurada para calcular el valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido de acuerdo con el valor de potencia de la señal óptica de supervisión y el valor de potencia de la luz de bombeo.

10. El aparato según la reivindicación 7, en el que el módulo de cálculo es:

30 una segunda unidad de cálculo, configurada para calcular el valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido de acuerdo con el valor de potencia de la señal óptica de supervisión y el valor de potencia de la señal óptica de salida.

11. El aparato según la reivindicación 7, en el que el módulo de cálculo es:

35 una tercera unidad de cálculo, configurada para calcular el valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido de acuerdo con el valor de potencia de la señal óptica de supervisión, un valor de potencia de la luz de bombeo, y el valor de potencia de la señal óptica de salida.

12. El aparato según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11, en el que el primer módulo de control comprende:

40 una primera unidad de control (303), configurada para: cuando el valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido es mayor que el valor de ganancia preestablecido del amplificador de fibra de Raman distribuido, enviar, a la fuente de bombeo, una señal de control de atenuación para controlar la fuente de bombeo para disminuir la potencia de la luz de bombeo; y

una segunda unidad de control (403), configurada para: cuando el valor de ganancia real del amplificador de fibra de Raman distribuido es menor que el valor de ganancia preestablecido del amplificador de fibra de Raman distribuido, enviar, a la fuente de bombeo, una señal de control de amplificación para controlar la fuente de bombeo para aumentar la potencia de la luz de bombeo;

45 un tercer módulo de vigilancia (404), configurado para: después de que la fuente de bombeo es apagado, vigilar la potencia de la señal óptica de salida en tiempo real; y

un tercer módulo de control (405), configurado para determinar si la potencia de la señal óptica de salida es mayor que un umbral de potencia de ruido, y si lo es, enviar, a la fuente de bombeo, una señal de control de encendido

para controlar el encendido de la fuente de bombeo y aumentar la potencia de la luz de bombeo emitida por la fuente de bombeo.

13. Un sistema de detección de rotura de fibra para un amplificador de fibra de Raman distribuido, en el que el sistema comprende:

5 un multiplexor (501) de división de longitud de onda, un aparato divisor (502), una fuente de bombeo (503), y un aparato de detección de rotura de fibra según cualquiera de las reivindicaciones 7-12, en el que

10 el multiplexor de división de longitud de onda recibe al menos un canal de luz de bombeo emitida por la fuente de bombeo (503), e inyecta la luz de bombeo recibida hacia atrás a una fibra óptica de comunicaciones; y el multiplexor de división de longitud de onda recibe además una señal óptica de entrada y transmite la señal óptica de entrada al aparato divisor (502);

15 el aparato divisor (502) obtiene la señal óptica de supervisión filtrando la señal óptica de entrada, y utiliza una primera proporción preestablecida de luz, dividida a partir de una señal óptica de salida, como una señal óptica de detección de salida, en el que la señal óptica de supervisión es una señal óptica en un extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico y/o una señal óptica en un extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico que son/es obtenidas filtrando la señal óptica de entrada.

14. El sistema según la reivindicación 13, en el que el aparato divisor comprende:

un multiplexor (601) de división de longitud de onda y un divisor (602) de señal óptica conectados en secuencia, en el que

20 el multiplexor de división de longitud de onda obtiene, filtrando la señal óptica de entrada, la señal óptica en el extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico o la señal óptica en el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico; y

el divisor de señal óptica utiliza la primera proporción preestablecida de luz, dividida a partir de la señal óptica de salida, como la señal óptica de detección de salida.

15. El sistema según la reivindicación 13, en el que el aparato divisor comprende:

25 dos divisores (701, 702) de señal óptica y un filtro (703), en el que

un divisor (701) de señal óptica utiliza una segunda proporción preestablecida de luz, dividida a partir de la señal óptica de salida, como una señal óptica de filtrado, y el filtro (703) filtra la señal óptica de filtrado para obtener la señal óptica en el extremo de onda larga fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico o la señal óptica en el extremo de onda corta fuera del ancho de banda de la señal óptica de tráfico; y

30 el otro divisor de señal óptica utiliza la primera proporción preestablecida de luz, dividida a partir de la señal óptica de salida, como la señal óptica de detección de salida.

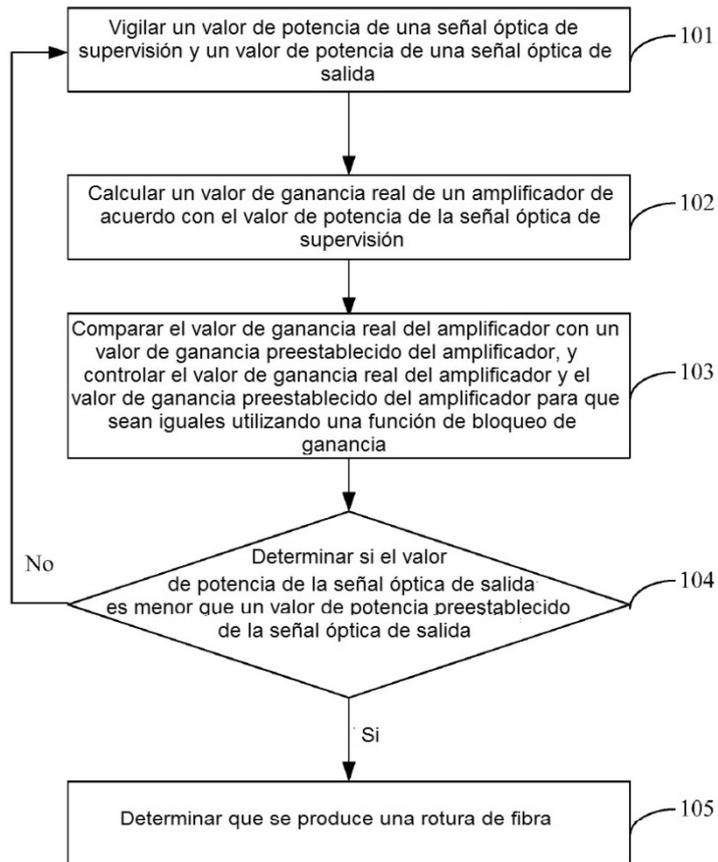


FIG. 1

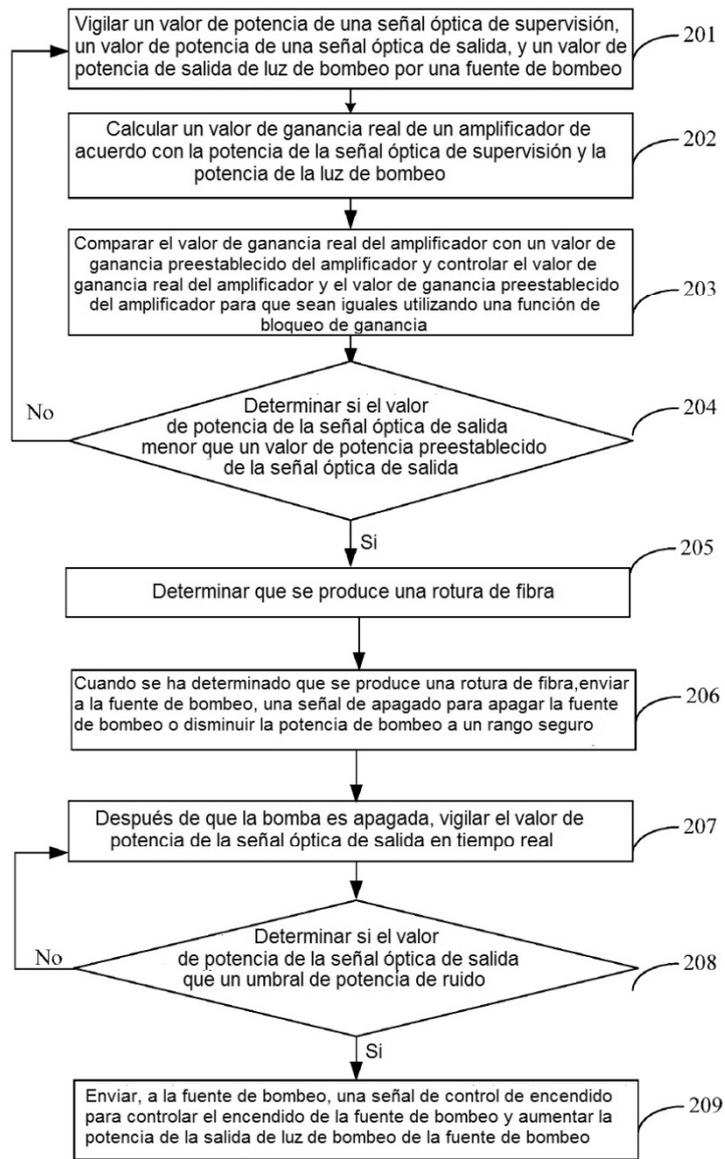


FIG. 2

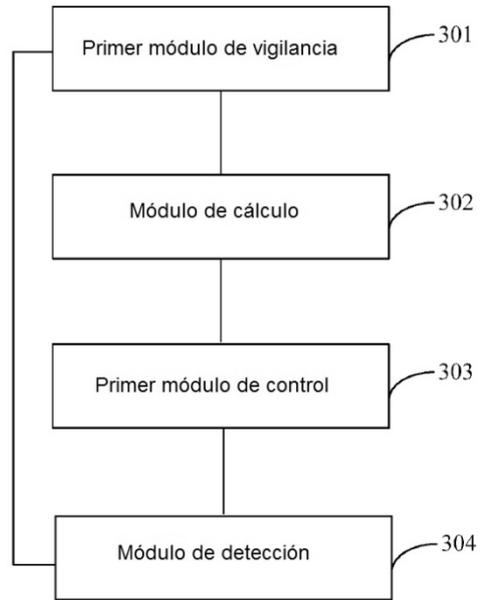


FIG. 3

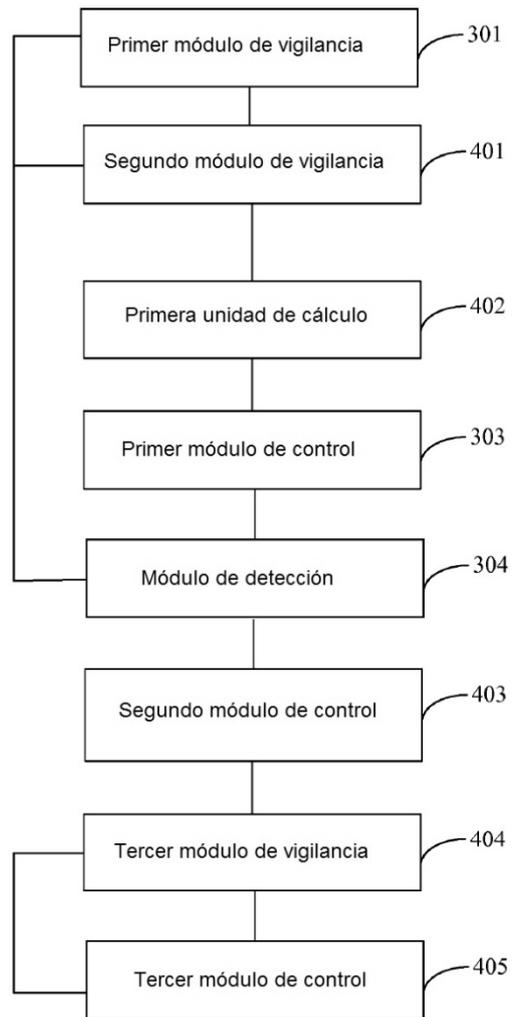


FIG. 4

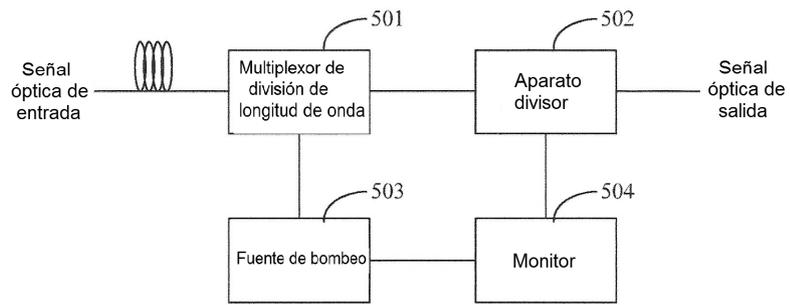


FIG. 5

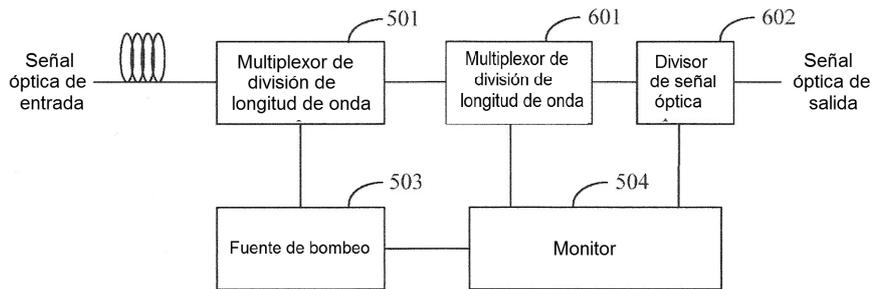


FIG. 6

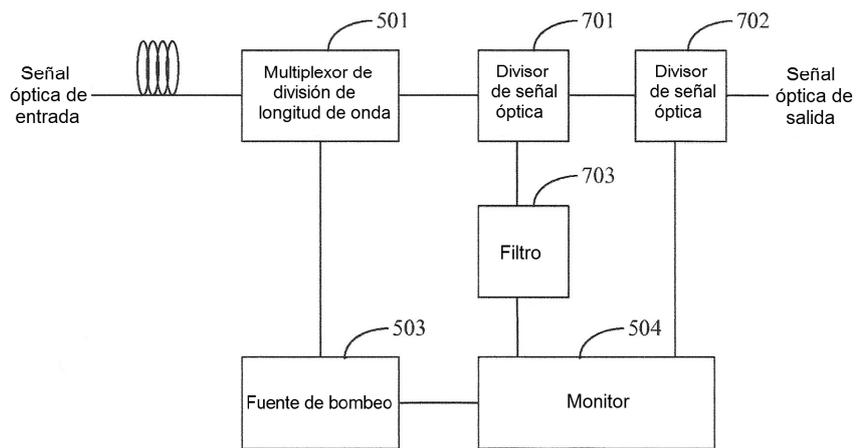


FIG. 7

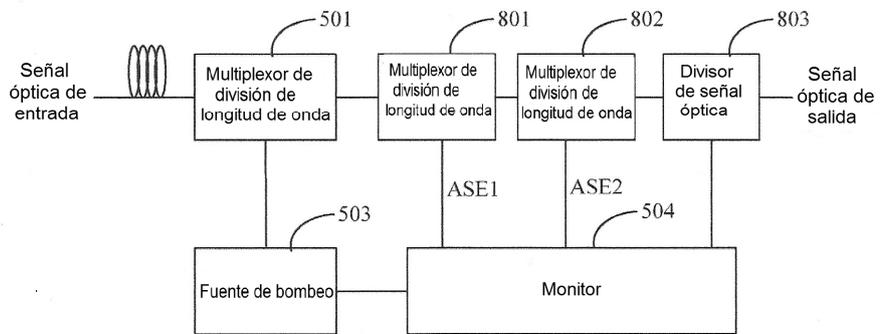


FIG. 8

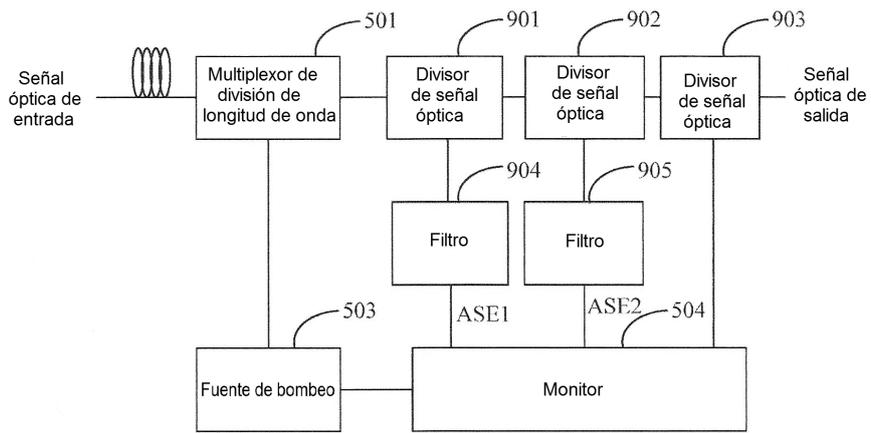


FIG. 9

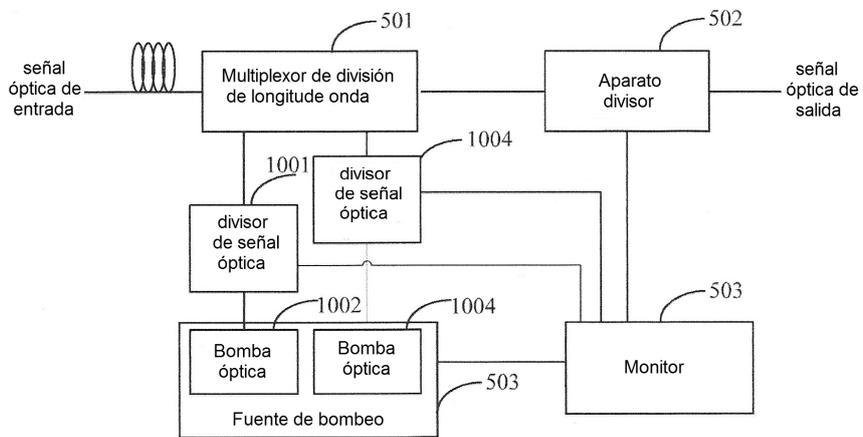


FIG. 10