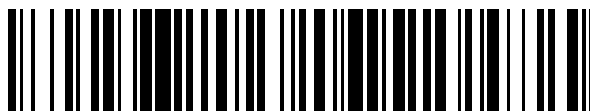


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 675 180**

51 Int. Cl.:

G01M 11/00 (2006.01)

H04B 10/077 (2013.01)

G01M 11/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.01.2017 E 17150102 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.06.2018 EP 3196624**

54 Título: **Procedimiento para medición de retardos temporales respecto al retardo del modo diferencial, DMD, de una fibra de múltiples modos, MMF, o una fibra de pocos modos, FMF**

30 Prioridad:

18.01.2016 NL 2016112

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

09.07.2018

73 Titular/es:

**DRAKA COMTEQ B.V. (100.0%)
De Boelelaan 7
1083 HJ Amsterdam, NL**

72 Inventor/es:

**ACHTEN, FRANCISCUS JOHANNES;
MOLIN, DENIS y
NGUYEN THANG, NAM**

74 Agente/Representante:

ARPE FERNÁNDEZ, Manuel

ES 2 675 180 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

Procedimiento para medición de retardos temporales respecto al retardo del modo diferencial, DMD, de una fibra de múltiples modos, MMF, o una fibra de pocos modos, FMF

5

Campo de la invención

[0001] La presente invención se refiere al campo de las transmisiones de fibra óptica, y más específicamente, a fibras de modos múltiples, MMF y/o fibras de pocos modos, FMF.

10 **[0002]** Más específicamente, la invención se refiere a un procedimiento para medir retardos temporales con respecto al retardo de modo diferencial, DMD, de una fibra de modos múltiples, MMF, o una fibra de pocos modos, FMF, para al menos dos longitudes de onda diferentes en una instalación de medición.

[0003] La invención se aplica, en particular, pero no exclusivamente, a fibras de modos múltiples OM2, OM3 y OM4.

15 **[0004]** Una fibra de modos múltiples de banda ancha, tal como la fibra de modos múltiples OM4, se entiende como una fibra de modos múltiples que tiene un intervalo de longitudes de onda relativamente operativo, en particular, pero no exclusivamente, un rango de longitud de onda comprendido entre 850 nm y 950 nm.

Antecedentes técnicos

20

[0005] Las fibras de modos múltiples se usan con éxito en redes de datos de alta velocidad junto con fuentes de alta velocidad que típicamente usan láseres emisores de superficie de cavidad vertical de modos múltiples transversalmente, más simplemente llamados VCSEL. Sin embargo, las fibras de modos múltiples se ven afectadas por la dispersión intermodal, que resulta del hecho de que, para una longitud de onda particular, varios modos ópticos se propagan simultáneamente a lo largo de la fibra, llevando la misma información, pero viajando con diferentes velocidades de propagación. La dispersión modal se expresa en términos de retardo de modo diferencial, DMD, que es una medida de la diferencia en el retardo de impulsos entre los modos más rápidos y los más lentos que atraviesan la fibra de modos múltiples.

25

[0006] Para minimizar la dispersión modal, las fibras ópticas de modos múltiples utilizadas en las comunicaciones de datos generalmente comprenden un núcleo que muestra un índice de refracción que disminuye progresivamente desde el centro de la fibra hasta su unión con un revestimiento.

30

[0007] Cuando una señal de luz se propaga en dicho núcleo que tiene un índice gradual, los diferentes modos experimentan un diferente medio de propagación, que afecta su velocidad de propagación de manera diferente. Es posible obtener teóricamente una velocidad de grupo, que es virtualmente igual para todos los modos y, por lo tanto, una dispersión intermodal reducida para una longitud de onda particular.

35

[0008] Potenciado por la tecnología VCSEL, fibras ópticas de modos múltiples de alta velocidad, tales como fibras OM4 (que están optimizadas para láser, fibras de modos múltiples de 50 μm de ancho de banda alto, estandarizadas por la Organización Internacional de Normalización en el documento IEC 60793-2-10 Ed. 5, publicado el 19-11-2015, tipo de fibra A1a.3), han demostrado ser el medio elegido para comunicaciones de alta velocidad de datos, proporcionando soluciones de 10 a 100 Gbps rentables y fiables. La combinación de fibras de modos múltiples de banda ancha (WB) con longitudes de onda más largas VCSEL para multiplexado grueso por división de longitud de onda gruesa (CWDM) es una opción interesante que debe considerarse para satisfacer el aumento futuro de la demanda.

40

[0009] Sin embargo, el ancho de banda modal de, por ejemplo, fibras OM4 hasta ahora solo se ha logrado en un rango de longitud de onda estrecha, típicamente 850 nm \pm 10 nm. La viabilidad de las fibras de modos múltiples de banda ancha, WB, que satisfagan los requisitos de rendimiento de OM4 en un rango de longitud de onda más amplio es un desafío a superar para los sistemas de modos múltiples de próxima generación.

45

[0010] Un comportamiento de fibra de modos múltiples se define típicamente por una valoración de ancho de banda modal efectivo, EMB, a una longitud de onda dada. Por ejemplo, las fibras OM4 deben exhibir un EMB superior a 4.700 MHz-km a una longitud de onda de 850 nm \pm 1 nm. El logro de valores tan altos de EMB requiere un control extremadamente preciso del perfil de índice de refracción de las fibras de modos múltiples. Hasta ahora, los procesos de fabricación tradicionales no pueden garantizar un EMB tan alto, y generalmente es difícil predecir con precisión los valores de EMB a partir de las mediciones del perfil de refracción en varilla de núcleo o caña, especialmente cuando se espera un EMB alto, típicamente superior a 2.000 MHz-km., lo que significa que el perfil de índice de refracción de la fibra es próximo al perfil óptimo. De hecho, los EMB se evalúan directamente en las fibras.

50

[0011] Una fibra de pocos modos se define típicamente mediante retardos de grupo de modo diferencial, DMGD. Los DMGD se miden utilizando una técnica de DMD, principalmente a una longitud de onda de 1550 nm. Otras longitudes de onda también pueden ser de interés en el futuro una vez que las fibras de pocos modos se utilizan también en aplicaciones de banda ancha.

55

[0012] El ancho de banda modal efectivo, EMB, se evalúa mediante una medición del retardo debido a la dispersión modal, conocido bajo el acrónimo DMD por "retardo de modo diferencial". Consiste en registrar las respuestas de impulso de la fibra de modos múltiples, o la fibra de pocos modos, para lanzamientos de modo único que exploran radialmente el núcleo. Se proporciona un diagrama de DMD que luego se procesa posteriormente para evaluar el EMB mínimo que puede proporcionar una fibra. El procedimiento de medición DMD ha sido objeto de estandarización y está especificado por la Organización Internacional de Normalización en el documento IEC 60793-1-49, Ed. 2.0, publicado en 26-6-2006. La métrica DMD, también llamado valor

60

65

DMD, se expresa en unidades de picosegundos por metro (ps/m). Evalúa el retardo entre los impulsos más rápidos y los más lentos, considerando una colección de lanzamientos compensados normalizados mediante la longitud de la fibra. Básicamente evalúa una dispersión modal. El bajo valor de DMD, es decir, la baja dispersión modal medida por DMD generalmente da como resultado un EMB más alto.

[0013] El procedimiento de medición de DMD consiste en medir la respuesta de la fibra cuando se lanza un impulso, o un tren de impulsos, con una fibra que es de modo único a la longitud de onda de interés. Los modos excitados en la fibra de modos múltiples o en la fibra de pocos modos, es decir, la fibra sometida prueba, FUT, dependen de la posición lateral de la fibra de modo único con respecto al eje óptico de la FUT. Básicamente, el lanzamiento centrado excita los modos de orden más bajo mientras que lanzamientos con desplazamiento los más altos. Por lo tanto, una colección de registros de respuesta de fibra cuando la fibra de modo único explora el núcleo de la FUT, proporciona una buena visión general de la dispersión modal de la FUT. Se observa que las mediciones de DMD requieren típicamente un procedimiento de alineación para permitir un lanzamiento centrado correcto, es decir, cuando el eje de la fibra probeta de modo único se alinea con el eje óptico de la FUT.

[0014] Una instalación de medición conocida comprende un láser que está dispuesto para emitir un tren de impulsos láser desde unos pocos picosegundos hasta cientos de picosegundos en una sola longitud de onda. El impulso láser se acopla en una fibra de modo único a través de un primer componente que comprende, por ejemplo, espejos y/u ópticas. La fibra de modo único está acoplada a la FUT a través de un segundo componente que comprende un paso de traslación que permite una traslación lateral de la fibra de modo único con respecto al eje óptico de la fibra FUT. La salida de la FUT se acopla en un módulo detector, a través de un tercer componente, cuyo módulo detector está dispuesto para convertir la forma de onda óptica en una forma de onda eléctrica. El módulo detector está además dispuesto para muestrear la forma de onda eléctrica recibida y para permitir la grabación de la señal. Hasta ahora, las mediciones de DMD se realizan en una sola longitud de onda.

[0015] Actualmente, el multiplexado por división de longitud de onda, WDM, se usará en sistemas de comunicación de datos para extender la capacidad de fibra de modos múltiples. Por ejemplo, cuatro canales a 10Gbps o 40Gbps espaciados dentro del rango de 850 a 950nm van a ser usados para entregar 100Gbps o 400Gbps a través de una sola fibra de modos múltiples. Como consecuencia, las mediciones de DMD en todo el rango de 850 a 950nm son necesarias para evaluar la dispersión modal de las fibras de modos múltiples.

[0016] Además, las comunicaciones ópticas regulares que usan fibras de modo único van a reemplazar las fibras de modo único por al menos fibras de pocos modos con el fin de aumentar la capacidad de la fibra a través del multiplexado en modo espacial. La dispersión modal de las fibras de pocos modos también es relevante y, por lo tanto, la necesidad de mediciones de DMD precisas a varias longitudes de onda aumenta rápidamente.

[0017] La solicitud de patente estadounidense US 2014/0368809 describe un sistema de medición de retardo de modo diferencial para una fibra óptica. El sistema incluye una fibra de prueba óptica con una pluralidad de modos, una fuente de luz de modo único que proporciona una señal de onda de luz continua, a un modulador y un generador de impulsos que proporciona una señal de tren de impulsos eléctrico al modulador y una señal de activación a un receptor. El modulador está configurado para generar una señal de prueba óptica modulada a través de la fibra óptica basada, al menos en parte en las señales recibidas de onda de luz y tren de impulsos, y estando configurado el receptor para recibir la señal de prueba transmitida a través de la fibra y evaluar la señal de prueba al menos en parte en la señal de disparo.

[0018] La solicitud de patente europea EP 1.705.471 describe un aparato para medir el retardo de modo diferencial de fibras ópticas de modos múltiples. El aparato incluye una fuente de láser sintonizable, un interferómetro, un dispositivo de recopilación de datos y un ordenador. La fuente de láser sintonizable emite luz, cuya frecuencia varía linealmente. El interferómetro genera luz de modos múltiples y luz de modo único separando la luz que se emite desde la fuente láser sintonizable, transmitiendo la luz de modos múltiples y la luz de modo único a la fibra óptica de modos múltiples, que es un objetivo de medición, y una trayectoria de modo único, que es una referencia, y genera una señal de batido haciendo que la luz de modos múltiples y la luz de modo único interfieran entre sí.

[0019] Un aspecto de la presente invención es proporcionar un procedimiento para medir, de manera precisa, retardos temporales con respecto al retardo de modo diferencial, DMD, de una fibra de modos múltiples, MMF, o una fibra de pocos modos, FMF, para al menos dos diferentes longitudes de onda en una instalación de medición.

[0020] Otro aspecto de la presente invención es proporcionar un soporte legible por ordenador no transitorio que almacene un producto de programa de ordenador que sea capaz de soportar el procedimiento de acuerdo con la presente invención.

Resumen de la invención

[0021] La presente invención proporciona, en un primer aspecto de la misma, un procedimiento para medir retardos temporales con respecto al retardo de modo diferencial, DMD, de una fibra de modos múltiples, MMF, o una fibra de pocos modos, FMF, para, al menos, dos longitudes de onda diferentes en una instalación de medición, comprendiendo dicha instalación de medición un dispositivo de láser dispuesto para emitir impulsos láser en dichas, al menos, dos longitudes de onda diferentes, hasta una fibra de modo único, SMF, dispuesta para acoplar impulsos láser emitidos en dicha MMF o dicha FMF, un primer componente dispuesto para acoplar impulsos láser emitidos por dicho dispositivo láser en dicha SMF, un segundo componente dispuesto para alinear dicha SMF con dicha MMF o dicha FMF, un módulo detector dispuesto para detectar impulsos láser emitidos salientes de dicha MMF o dicha FMF, y un tercer componente dispuesto para acoplar dichos impulsos láser emitidos, salientes de dicha MMF o dicha FMF a dicho módulo detector, comprendiendo dicho procedimiento las siguientes etapas a), b), c):
a) proporcionar dicha MMF o dicha FMF en dicha instalación de medición, y alinear, mediante dicho segundo

componente, dicha SMF con dicha MMF o dicha FMF;

b) llevar a cabo primeras mediciones con respecto a un primer valor de desplazamiento radial, por medio de:

- posicionar, mediante dicho segundo componente, dicha SMF en dicha MMF o dicha FMF en dicho primer valor de desplazamiento radial;

5 - emitir, mediante dicho dispositivo láser, dichos impulsos láser a dichas al menos dos longitudes de onda diferentes;
 - medir, mediante dicho módulo detector, dichos retardos temporales de dichos impulsos láser emitidos, salientes de dicha MMF o dicha FMF, individualmente para cada una de dichas, al menos, dos longitudes de onda diferentes;

c) llevar a cabo segundas mediciones con respecto a un valor de desplazamiento radial adicional, por medio de:

10 - posicionar, mediante dicho segundo componente, dicha SMF en dicha MMF o dicha FMF en dicho valor de desplazamiento radial adicional, siendo dicho desplazamiento radial adicional diferente de dicho primer valor de desplazamiento radial;

- emitir, mediante dicho dispositivo láser, dichos impulsos láser a dichas, al menos, dos longitudes de onda diferentes;

15 - medir, mediante dicho módulo detector, dichos retardos temporales de dichos impulsos láser emitidos, salientes de dicha MMF o dicha FMF, individualmente para cada una de dichas al menos dos longitudes de onda diferentes.

[0022] Los inventores entendieron que el dispositivo láser debería emitir impulsos láser en dichas, al menos, dos longitudes de onda diferentes, y el módulo detector debería medir los retardos temporales de dichos impulsos láser emitidos, salientes de dicha MMF o dicha FMF, individualmente para cada una de dichas al menos dos longitudes de onda diferentes, antes el segundo componente coloca la SMF en dicha MMF o dicha FMF en un valor de desplazamiento radial adicional.

20 [0023] Lo anterior implica que los retardos temporales para cada longitud de onda se miden sustancialmente en el mismo desplazamiento radial ya que el segundo componente solo posicionará la SMF en la MMF o FMF una vez que se hayan realizado los retardos temporales para todas las longitudes de onda.

25 [0024] Los inventores observaron que los modos acoplados a la MMF o FMF son sensibles a la posición de desplazamiento radial exacta, es decir, la alineación de la SMF a la MMF o a la FMF. Esto es especialmente cierto en posiciones de desplazamiento radial aproximadamente entre la mitad del centro del núcleo y el revestimiento. El posicionamiento, es decir, el "bloqueo", de la posición de desplazamiento radial mientras se cambian las longitudes de onda evitará las diferencias de posición debidas, por ejemplo, a los efectos de histéresis del segundo componente. Por lo tanto, "bloquear" la posición de desplazamiento aumentará significativamente la fiabilidad de la medición con respecto a la dependencia de la longitud de onda.

30 [0025] Una de las ventajas de esto es que se aumenta significativamente la fiabilidad de la medición respecto de la DMD dependiente de la longitud de onda.

35 [0026] De acuerdo con la presente invención, el módulo detector puede estar dispuesto para determinar los retardos relativos de los impulsos láser recibidos usando algún tipo de técnica de localización de impulsos, es decir, amplitud pico, centro de gravedad, porcentaje de potencia máxima sobre el borde de inicio o final, etc. Los retardos temporales medidos obtenidos forman la base para determinar la dispersión modal dependiente de la longitud de onda de la SMF o FMF.

40 [0027] Las etapas de posicionamiento, mediante dicho segundo componente, de dicha SMF en dicha MMF o dicha FMF en un valor de desplazamiento radial particular, implican que el eje óptico de la SMF esté desplazado respecto del eje óptico de la MMF o la FMF en el particular valor de desplazamiento radial. Esto significa que los impulsos láser emitidos entran en la MMF o FMF con un desplazamiento radial respecto del núcleo central de la misma.

[0028] Primero se inicia un procedimiento de alineación, mediante el segundo componente, de manera que el eje óptico de la SMF coincida con el eje óptico de la MMF o FMF, antes de realizar las etapas de procedimiento b) y c) según la presente invención.

45 [0029] Usando el procedimiento de acuerdo con la presente invención puede determinarse con precisión la dependencia de la longitud de onda respecto del retardo de modo diferencial en una MMF o FMF.

50 [0030] La principal diferencia entre una MMF y una SMF es que la MMF tiene un diámetro de núcleo mucho mayor, típicamente de 50 a 100 micrómetros, que típicamente es más grande que la longitud de onda, o las longitudes de onda, de los impulsos láser transportados en ella. Los impulsos láser emitidos se acoplan a la MMF en diferentes desplazamientos radiales con el fin de determinar con precisión la dependencia de la longitud de onda respecto del retardo del modo diferencial de la MMF. Como tal, inicialmente, el desplazamiento radial puede ser sustancialmente igual a cero, de modo que el eje óptico de la SMF esté en línea, es decir, alineado, con el eje óptico de la MMF. El desplazamiento radial puede entonces aumentar gradualmente, con escalones de, por ejemplo, entre 0,5 a 10 micrómetros, más preferiblemente entre 1 a 5 micrómetros, incluso más preferiblemente entre 1 y 2 micrómetros hacia el exterior del núcleo de la MMF. El aspecto clave de la invención es que todas las mediciones de longitud de onda se realizan antes de que el desplazamiento radial aumente gradualmente con el siguiente escalón.

[0031] En una realización, dichas etapas de emisión comprenden:

- emitir individual y posteriormente, mediante dicho dispositivo láser, dichos impulsos láser a dichas al menos dos longitudes de onda diferentes.

60 [0032] La realización anterior implica que el dispositivo láser primero emite un impulso láser a una primera longitud de onda. Los retardos temporales con respecto a este impulso láser emitido en la primera longitud de onda son medidos por el módulo detector. Posteriormente, el dispositivo láser emite un impulso láser a una segunda longitud de onda. Los retardos temporales con respecto a este impulso láser emitido en la segunda longitud de onda son luego medidos por el módulo detector. Este proceso se repite hasta que se hayan emitido y medido los retardos temporales relacionados con los impulsos láser a todas las longitudes de onda previstas.

65 [0033] Como alternativa, las etapas de emisión pueden comprender:

- emitir simultáneamente dichos impulsos láser a dichas al menos dos longitudes de onda diferentes mediante dicho dispositivo láser.

[0034] Aquí, el tercer componente, o el primer componente, puede comprender medios de filtro, dispuestos para dejar pasar selectivamente una de dichas, al menos, dos longitudes de onda diferentes y para filtrar el resto de dichas al menos dos longitudes de onda diferentes, en el que dichas etapas de medición comprenden:

- medir, mediante dicho módulo detector, dichos retardos temporales de dichos impulsos láser emitidos, salientes de dicha MMF o dicha FMF, individualmente para cada una de dichas al menos dos longitudes de onda diferentes utilizando dichos medios de filtro.

[0035] En este caso, los medios de filtro se sintonizarían inicialmente a una primera longitud de onda. Es decir, los medios de filtro filtrarán todas las longitudes de onda excepto la primera longitud de onda. Entonces solo los impulsos láser con la primera longitud de onda llegarán al módulo detector. El módulo detector mide luego cualquier retardo temporal de dichos impulsos láser emitidos salientes, de dicha MMF o dicha FMF. Los medios de filtro se sintonizan entonces a una segunda longitud de onda, y el proceso se repite, etc.

[0036] El módulo detector también puede comprender una pluralidad de detectores, en el que dicho tercer componente está dispuesto para demultiplexar dichos impulsos láser de modo que cada una de dichas, al menos, dos longitudes de onda diferentes se acople a un detector diferente.

[0037] Lo anterior implica que el impulso láser a la entrada del tercer componente es demultiplexado en una pluralidad de detectores diferentes. Es decir, cada longitud de onda se envía a un detector diferente.

[0038] Como alternativa, el módulo detector comprende una pluralidad de detectores, cada uno de los cuales es sensible a longitud de onda para una sola longitud de onda, donde dicho tercer componente está dispuesto para acoplar dichos impulsos láser emitidos, salientes de dicha MMF o dicha FMF a cada uno de dicha pluralidad de detectores.

[0039] Aquí, el tercer componente actúa como un divisor de manera que los impulsos láser entrantes se dividen, y se envían a cada uno de la pluralidad de detectores. Cada uno de los detectores son sensibles a la longitud de onda para una longitud de onda particular, diferente, de modo que los retardos temporales de dichos impulsos láser emitidos, salientes de dicha MMF o dicha FMF, pueden medirse individualmente para cada una de dichas, al menos, dos longitudes de onda diferentes.

[0040] De acuerdo con la presente invención, el tercer componente puede comprender cualquiera entre filtros ópticos y divisores de haz. Un filtro óptico es, por ejemplo, un dispositivo que transmite selectivamente luz de diferentes longitudes de onda, normalmente realizado como un dispositivo plano de vidrio o plástico dispuesto en la trayectoria óptica que está teñido en masa o tiene revestimientos de interferencia. Los filtros ópticos se describen por su respuesta de frecuencia, que especifica cómo el filtro modifica la magnitud y la fase de cada componente de frecuencia de una señal entrante.

[0041] De acuerdo con la presente invención, el primer componente puede comprender cualquiera de entre espejos giratorios, *choppers*, divisores de fibra óptica y una linterna fotónica. Un *chopper* es, por ejemplo, un dispositivo que interrumpe periódicamente un haz de luz, es decir, el impulso láser. En la actualidad, hay tres tipos disponibles en el mercado: *choppers* de discos giratorios de frecuencia variable, *choppers* de horquilla de sintonización de frecuencia fija y obturadores ópticos.

[0042] En un segundo aspecto, la invención proporciona en un soporte legible por ordenador no transitorio que almacena un producto de programa de ordenador que comprende instrucciones de código de programa para llevar a cabo el procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores cuando dicho programa es ejecutado en un ordenador o un procesador.

[0043] En un tercer aspecto, la invención proporciona en una instalación de medición para medir retardos temporales respecto del retardo de modo diferencial, DMD, de una fibra de modos múltiples, MMF, o una fibra de pocos modos, FMF, para al menos dos diferentes longitudes de onda, comprendiendo dicha instalación de medición:

- un dispositivo láser dispuesto para emitir impulsos láser a dichas al menos dos longitudes de onda diferentes,
 - una fibra de modo único, SMF, dispuesta para acoplar impulsos láser emitidos a dicha MMF o dicha FMF,
 - un primer componente dispuesto para acoplar impulsos láser emitidos por dicho dispositivo láser a dicha SMF,
 - un segundo componente dispuesto para alinear dicha SMF con dicha MMF o dicha FMF,
 - un módulo de detector dispuesto para detectar impulsos de señal emitidos, salientes de dicha MMF o dicha FMF,
 - un tercer componente dispuesto para acoplar dichos impulsos láser emitidos, salientes de dicha MMF o dicha FMF, a dicho módulo detector, y

- un dispositivo de control dispuesto para controlar las siguientes etapas b) y c):

b) llevar a cabo primeras mediciones con respecto a un primer valor de desplazamiento radial, por medio de:

- posicionar, mediante dicho segundo componente, dicha SMF en dicha MMF o dicha FMF en dicho primer valor de desplazamiento radial;

- emitir, mediante dicho dispositivo láser, dichos impulsos láser a dichas al menos dos longitudes de onda diferentes;

- medir, mediante dicho módulo detector, dichos retardos temporales de dichos impulsos láser emitidos, salientes de dicha MMF o dicha FMF, individualmente para cada una de dichas, al menos, dos longitudes de onda diferentes;

c) llevar a cabo segundas mediciones con respecto a un valor de desplazamiento radial adicional, por medio de:

- posicionar, mediante dicho segundo componente, dicha SMF en dicha MMF o dicha FMF en dicho valor de desplazamiento radial adicional, siendo dicho desplazamiento radial adicional diferente de dicho primer valor de desplazamiento radial;

- emitir, mediante dicho dispositivo láser, dichos impulsos láser a dichas al menos dos longitudes de onda

diferentes;

- medir, mediante dicho módulo detector, dichos retardos temporales de dichos impulsos láser emitidos, salientes de dicha MMF o dicha FMF individualmente para cada una de dichas al menos dos longitudes de onda diferentes.

5 **[0044]** El dispositivo de control puede ser un ordenador que comprende un procesador dispuesto para facilitar las siguientes etapas b) y c) de la presente invención.

[0045] Las características y ventajas mencionadas anteriormente y otras de la invención se comprenderán mejor a partir de la siguiente descripción que se refiere a los dibujos adjuntos. En los dibujos, los mismos números de referencia indican partes o partes idénticas que realizan una función u operación idéntica o comparable.

10 **[0046]** La invención no está limitada a los ejemplos particulares descritos a continuación o a un procedimiento particular para medir retardos temporales con respecto al retardo de modo diferencial, DMD, de una fibra de modos múltiples, MMF, o una fibra de pocos modos, FMF, para al menos dos longitudes de onda diferentes.

[0047] La presente invención no requiere cambios significativos en la instalación de medición que ya están en uso. Por lo tanto, la solución al problema presentado en la presente invención es simple y rentable de ejecutar.

15 Breve descripción de los dibujos

[0048]

La figura 1 describe una instalación de medición de acuerdo con la técnica anterior.

La figura 2 describe un ejemplo de una instalación de medición de acuerdo con la presente invención.

20 La figura 3 describe otro ejemplo de una instalación de medición de acuerdo con la presente invención.

La figura 4 describe un ejemplo de un primer componente utilizado en una instalación de medición de acuerdo con la presente invención.

La figura 5 describe otro ejemplo de un primer componente utilizado en una instalación de medición de acuerdo con la presente invención.

25

Descripción detallada de la invención

[0049] La figura 1 describe una instalación de medición 1 de acuerdo con la técnica anterior. Típicamente, se proporciona un dispositivo láser 2 que podría ser un láser de estado sólido o un láser de fibra que está dispuesto para emitir impulsos láser desde unos pocos picosegundos hasta cientos de picosegundos en una sola longitud de onda. Un impulso láser emitido se acopla en una fibra de modo único, SMF, 4. El acoplamiento se realiza mediante un primer componente 3 en el espacio libre utilizando espejos.

30

[0050] La fibra de modo único se acopla a la fibra sometida a prueba, es decir, la fibra de modos múltiples 6. El acoplamiento entre la SMF 4 y la fibra sometida a prueba 6 se realiza mediante un segundo componente 5. El segundo componente 5 permite la exploración del núcleo de la fibra de modos múltiples, MMF, 6 por la SMF 4. El segundo componente 5 puede ser un acoplamiento de tope controlado por una etapa de traslación que permite una traslación lateral de la SMF 4 con respecto al eje óptico de la MMF 6.

35

[0051] La salida de la MMF 6 está acoplada a un módulo detector 8, que es capaz de convertir la forma de onda óptica en una forma de onda eléctrica. La forma de onda eléctrica se envía luego a un módulo de muestreo 9 para muestrear el tren de forma de onda recibido y para permitir la grabación de la señal. El acoplamiento entre la MMF 6 y el módulo detector 8 se realiza mediante el tercer componente 7.

40

[0052] La figura 2 describe un ejemplo de una instalación de medición 101 de acuerdo con la presente invención.

45

[0053] La instalación de medición 101 es adecuada para medir retardos temporales con respecto al retardo de modo diferencial de una fibra de modos múltiples, MMF, o una fibra de pocos modos, FMF, para al menos dos longitudes de onda diferentes. Como tal, usando la invención, la dependencia de longitud de onda con respecto al retardo de modo diferencial de una MMF o FMF puede determinarse con precisión.

[0054] En el presente ejemplo, el dispositivo láser comprende una pluralidad de láseres, es decir, un primer láser 102, un segundo láser 103 hasta un N-ésimo láser 104, cada uno de los cuales está dispuesto para emitir impulsos láser a una longitud de onda diferente. La invención no está limitada a un número particular de láseres. Alternativamente, se puede usar un único láser sintonizable dispuesto para emitir impulsos láser posteriormente a múltiples longitudes de onda.

50

[0055] En una primera etapa, la MMF o FMF 108, se proporciona a la instalación de medición 101, y la SMF se alinea con la MMF o FMF, mediante el segundo componente. Posteriormente, se realiza un primer conjunto de mediciones con respecto a un primer valor de desplazamiento radial.

55

[0056] Lo anterior implica que un segundo componente 107, coloca la SMF 106 en la MMF o en la FMF 108, o viceversa, en un primer valor de desplazamiento radial. Por ejemplo, el eje óptico de la SMF 106 está posicionado con un desplazamiento radial particular con respecto al eje óptico de la MMF o la FMF 108. Posteriormente, un primer impulso láser es emitido por el primer láser 102, cuyo primer impulso láser es acoplado a la SMF 106 por el primer componente 105. El primer impulso láser emitido se acopla luego a la MMF o a la FMF 108, usando el segundo componente 107. El primer impulso láser saliente de la MMF o la FMF 108 se acopla entonces, usando el tercer componente 109, a un detector 110. El detector 110 así como el módulo de muestreo 111 están comprendidos por un módulo detector que está dispuesto para medir los retardos temporales de cualquier impulso láser emitido que sale de la MMF o FMF 108.

60

65

[0057] Una vez que se ha completado el proceso anterior, mediante un segundo laser 103 se emite un segundo impulso láser con una segunda longitud de onda. Los retardos temporales relacionados con este segundo impulso

láser que tiene la segunda longitud de onda, es decir, diferente de la primera longitud de onda, se miden de la misma manera que la descrita para el impulso láser con la primera longitud de onda. Este proceso se repite hasta haber emitido impulsos láser con todas las longitudes de onda previstas, y haber medido los retardos de tiempo de todos estos impulsos láser.

5 **[0058]** Solamente entonces se realizan segundas mediciones con respecto a un valor de desplazamiento radial adicional, mediante: posicionamiento, por el segundo componente 107, de la SMF 106 en la MMF o la FMF 108 en el valor de desviación radial adicional, en donde el valor adicional el desplazamiento radial es diferente de cualquier valor de desplazamiento radial anterior. Cada dispositivo láser 102, 103, 104, emite impulsos láser a diferentes longitudes de onda, y el módulo detector mide los retardos temporales de los impulsos láser emitidos, salientes de la MMF o la FMF 108 individualmente para cada una de las longitudes de onda.

10 **[0059]** El aspecto clave de la presente invención es que los retardos temporales de los impulsos láser se miden para cada una de las longitudes de onda antes de que el segundo componente 107 coloque la SMF 106 en la MMF o la FMF en un desplazamiento radial adicional.

15 **[0060]** Una de las ventajas de la presente invención es que la fiabilidad de medición aumenta significativamente cuando se investiga el retardo de modo diferencial dependiente de la longitud de onda, ya que todas las longitudes de onda previstas se miden con un mismo desplazamiento radial, es decir, el acoplamiento entre la SMF 106 y la MMF o la FMF 108 no cambia entre longitudes de onda.

20 **[0061]** Otra ventaja del presente ejemplo es que los costes del lado receptor no aumentan con el número de longitudes de onda. Por ejemplo, solo un módulo detector puede medir cada uno de los deseados impulsos láser.

[0062] Otra ventaja más es que el tiempo de preparación para la SMF o FMF 108 no aumenta con el número de longitudes de onda. La preparación de SMF o FMF 108 debe realizarse solo una vez.

[0063] La figura 3 describe otro ejemplo de una instalación de medición 201 de acuerdo con la presente invención.

25 **[0064]** La principal diferencia entre la instalación de medición 201 mostrada en la figura 3 y la instalación de medición 101 mostrada en la figura 2 es que los impulsos láser salientes de los dispositivos de láser 102, 103, 104 están cada uno acoplados, por el primer componente 105, a la SMF 106 simultáneamente. El primer componente 105 en la instalación de medición 101 que se muestra en la figura 2 está dispuesto para acoplar solo uno de los impulsos láser emitidos a la SMF 106 a la vez.

30 **[0065]** El tercer componente 202 de la instalación de medición 201 mostrada en la figura 3 actúa como un demultiplexor de longitud de onda. Es decir, el tercer componente 202 es capaz de dividir los impulsos láser recibidos en longitud de onda, y para enviar cada uno de las longitudes de onda a un detector diferente 203, 204, 205, en el que cada detector está acoplado a un único módulo de toma de muestras 206, 207, 208. El resultado de esto es que un impulso láser a una primera longitud de onda se envía al primer detector 203, un impulso láser a una segunda longitud de onda se envía al segundo detector 204, un impulso láser a una longitud de onda N-ésima se envía a el tercer detector 205, etc.

35 **[0066]** Las ventajas del ejemplo descrito anteriormente es que todas las mediciones se realizan en paralelo, lo que da como resultado que el tiempo de medición es sustancialmente igual al tiempo de medición que en caso de investigar una sola longitud de onda.

40 **[0067]** Como alternativa, el módulo detector puede comprender una pluralidad de detectores, cada uno sensible a longitud de onda una longitud de onda única particular, en donde el tercer componente 202 está dispuesto para acoplar los impulsos láser emitidos, salientes de la MMF o la FMF 108 a cada uno de la pluralidad de detectores.

45 **[0068]** La figura 4 describe un ejemplo de un primer componente 301 utilizado en una instalación de medición de acuerdo con la presente invención.

50 **[0069]** Aquí, el primer componente 301 comprende un espejo giratorio 302 para seleccionar la longitud de onda a acoplar a la SMF 106. En una primera posición, mostrada en el lado izquierdo de la figura 4, el espejo giratorio 302 refleja, es decir, acopla, los impulsos láser emitidos desde el segundo láser 103 a la SMF 106. Los impulsos láser emitidos por el primer dispositivo láser 102 son reflejados, por el espejo giratorio 302, a un absorbedor 303. En una segunda posición, mostrada en el lado derecho de la figura 4, el espejo giratorio 302 se gira de manera que no influye en ninguno de los impulsos láser emitidos del primer láser 102 y el segundo láser 103. Como tal, los impulsos láser emitidos por el primer láser 102, se acoplan directamente a la SMF 106, y los impulsos láser emitidos por el segundo láser 103 son absorbidos por el absorbedor 303. Utilizando el espejo giratorio 302, solo se puede acoplar a la vez un impulso láser a la SMF 106.

55 **[0070]** La figura 5 describe otro ejemplo de un primer componente 401 usado en una instalación de medición de acuerdo con la presente invención.

60 **[0071]** Un acoplador de fibra 404, como se muestra en el lado izquierdo de la figura 5, se puede usar para acoplar impulsos láser emitidos por el primer dispositivo láser 102 y el segundo dispositivo láser 103 a la SMF 106. Opcionalmente se pueden proporcionar *choppers* 403, por ejemplo en el espacio libre, para filtrar una de las longitudes de onda y para dejar pasar todas las restantes longitudes de onda.

[0072] Una linterna fotónica 405, como se muestra en el lado derecho de la figura 5, también se puede usar para acoplar todos los láseres emitidos desde cada uno de los dispositivos láser 102, 103, 104 a la SMF 106.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para medición de retardos temporales respecto del retardo de modo diferencial, DMD, de una fibra de modos múltiples, MMF (6), o fibra de pocos modos, FMF (6), para, al menos, dos longitudes de onda diferentes en una instalación de medición (1), comprendiendo dicha instalación de medición un dispositivo láser (2) dispuesto para emitir impulsos láser en dichas, al menos, dos longitudes de onda diferentes, una fibra de modo único, SMF (4), dispuesta para acoplar impulsos láser emitidos en dicha MMF o dicha FMF, un primer componente (3) dispuesto para acoplar impulsos láser emitidos por dicho dispositivo láser a dicha SMF, un segundo componente (5) dispuesto para alinear dicha SMF con dicha MMF o dicha FMF, un módulo detector (8) dispuesto para detectar impulsos láser emitidos salientes de dicha MMF o dicha FMF, y un tercer componente (7) dispuesto para acoplar dichos impulsos láser emitidos, salientes de dicha MMF o dicha FMF, a dicho módulo detector, comprendiendo dicho procedimiento las siguientes etapas a), b), c):
- a) proporcionar dicha MMF o dicha FMF a dicha instalación de medición y alinear, mediante dicho segundo componente, dicha SMF con dicha MMF o dicha FMF;
- b) llevar a cabo primeras mediciones con respecto a un primer valor de desplazamiento radial, mediante:
- posicionar, mediante dicho segundo componente, dicha SMF en dicha MMF o dicha FMF en dicho primer valor de desplazamiento radial;
 - emitir, mediante dicho dispositivo láser, dichos impulsos láser en dichas, al menos, dos longitudes de onda diferentes;
 - medir, mediante dicho módulo detector, dichos retardos temporales de dichos impulsos láser emitidos, salientes de dicha MMF o dicha FMF, individualmente para cada una de dichas al menos dos longitudes de onda diferentes;
- c) llevar a cabo segundas mediciones con respecto a un valor de desplazamiento radial adicional, por medio de:
- posicionar, mediante dicho segundo componente, dicha SMF en dicha MMF o dicha FMF, en dicho valor de desplazamiento radial adicional, siendo dicho desplazamiento radial adicional diferente de dicho primer valor de desplazamiento radial;
 - emitir, por medio de dicho dispositivo láser, dichos impulsos láser en dichas al menos dos longitudes de onda diferentes;
 - medir, mediante dicho módulo detector, dichos retardos temporales de dichos impulsos láser emitidos, salientes de dicha MMF o dicha FMF, individualmente para cada una de dichas, al menos dos, longitudes de onda diferentes.
2. Procedimiento para medir retardos temporales de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dichas etapas de emisión comprenden emitir individualmente y a continuación emitir dichos impulsos láser en dichas al menos dos longitudes de onda diferentes mediante dicho dispositivo láser.
3. Procedimiento para medir retardos temporales de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dichas etapas de emisión comprenden emitir simultáneamente dichos impulsos láser en dichas al menos dos longitudes de onda diferentes por medio de dicho dispositivo laser.
4. Procedimiento para medir retardos temporales según la reivindicación 3, en el que dicho tercer componente comprende medios de filtro dispuestos para dejar pasar selectivamente una de dichas, al menos, dos longitudes de onda diferentes y para filtrar el resto de dichas al menos dos longitudes de onda diferentes; donde dichas etapas de medición comprenden:
- medir, mediante dicho módulo detector dichos retardos temporales de dichos impulsos láser emitidos, salientes de dicha MMF o dicha FMF, individualmente para cada una de dichas, al menos, dos longitudes de onda diferentes utilizando dichos medios de filtro.
5. Procedimiento para medir retardos temporales de acuerdo con la reivindicación 3, en el que dicho módulo detector comprende una pluralidad de detectores, en el que dicho tercer componente está dispuesto para demultiplexar dichos impulsos láser de manera que cada una de dichas, al menos, dos longitudes de onda diferentes se acopla a un detector diferente
6. Procedimiento para medir retardos temporales según la reivindicación 3, donde dicho módulo detector comprende una pluralidad de detectores, cada uno de los cuales es sensible a longitud de onda en una sola longitud de onda, donde dicho tercer componente está dispuesto para acoplar dichos impulsos láser emitidos, salientes de dicha MMF o dicha FMF, a cada uno de dicha pluralidad de detectores.
7. Procedimiento para medir retardos temporales de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho tercer componente comprende cualquiera de entre filtros ópticos y divisores de haz.
8. Procedimiento para medir retardos temporales según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho primer componente comprende cualquiera de entre espejos giratorios, *choppers*, divisores de fibra óptica y una linterna fotónica.
9. Procedimiento para medir retardos temporales de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha etapa de proporcionar dicha MMF o dicha FMF en dicha instalación de medición comprende:
- proporcionar una fibra de modos múltiples OM2, OM3 u OM4 en dicha instalación de medición.

10. Soporte no transitorio legible por ordenador que almacena un producto de programa de ordenador que comprende instrucciones de código de programa para ejecutar el procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones previas siempre que dicho programa se ejecute en un ordenador o un procesador.

- 5 11. Instalación de medición (1) para medir los retardos temporales con respecto al retardo de modo diferencial, DMD, de una fibra de modos múltiples, MMF (6), o una fibra de pocos modos, FMF (6), para al menos dos diferentes longitudes de onda, comprendiendo dicha instalación de medición:
- un dispositivo láser (2) dispuesto para emitir impulsos láser en dichas al menos dos longitudes de onda diferentes,
 - una fibra de modo único, SMF (4), dispuesta para enviar impulsos láser emitidos a dicha MMF o a dicha FMF,
 - 10 - un primer componente (3) dispuesto para acoplar impulsos láser emitidos por dicho dispositivo láser en dicha SMF,
 - un segundo componente (5) dispuesto para alinear dicha SMF con dicha MMF o dicha FMF,
 - un módulo detector (8) dispuesto para detectar impulsos láser emitidos salientes de dicha MMF o FMF,
 - un tercer componente (7) dispuesto para acoplar dichos impulsos láser emitidos, salientes de dicha MMF o dicha FMF, a dicho módulo detector, y
 - 15 - un dispositivo de control dispuesto para controlar las siguientes etapas b) y c):
- b) llevar a cabo primeras mediciones con respecto a un primer valor de desplazamiento radial, por medio de:
- posicionar, mediante dicho segundo componente, dicha SMF en dicha MMF o dicha FMF en dicho primer valor de desplazamiento radial;
 - emitir, mediante dicho dispositivo láser, dichos impulsos láser a dichas al menos dos longitudes de onda diferentes;
 - 20 - medir, mediante dicho módulo detector, dichos retardos temporales de dichos impulsos láser emitidos, salientes de dicha MMF o dicha FMF, individualmente para cada una de dichas, al menos, dos longitudes de onda diferentes;
- c) llevar a cabo segundas mediciones con respecto a un valor de desplazamiento radial adicional, por medio de:
- posicionar, mediante dicho segundo componente, dicha SMF en dicha MMF o dicha FMF en dicho valor de desplazamiento radial adicional, siendo dicho desplazamiento radial adicional diferente de dicho primer valor de
 - 25 desplazamiento radial;
 - emitir, por medio de dicho dispositivo láser, dichos impulsos láser a dichas al menos dos longitudes de onda diferentes;
 - medir, mediante dicho módulo detector, dichos retardos temporales de dichos impulsos láser emitidos salientes de dicha MMF o dicha FMF individualmente para cada una de dichas al menos dos longitudes de onda diferentes.
 - 30

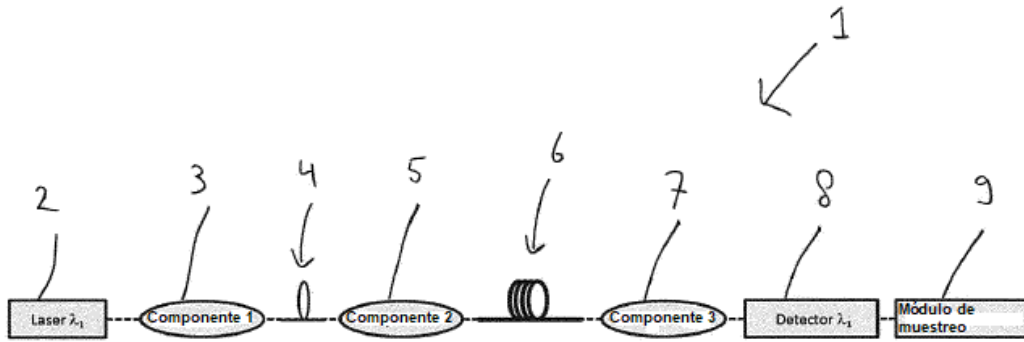


Fig. 1

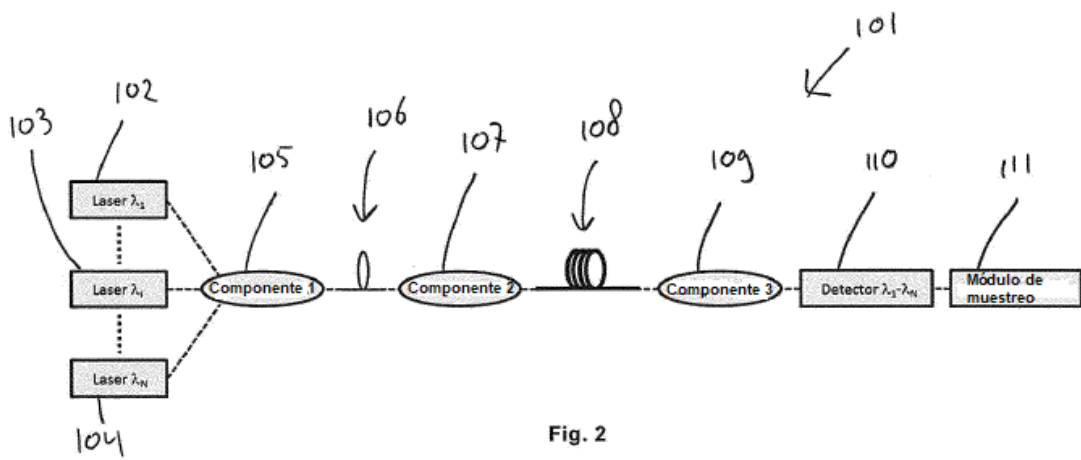


Fig. 2

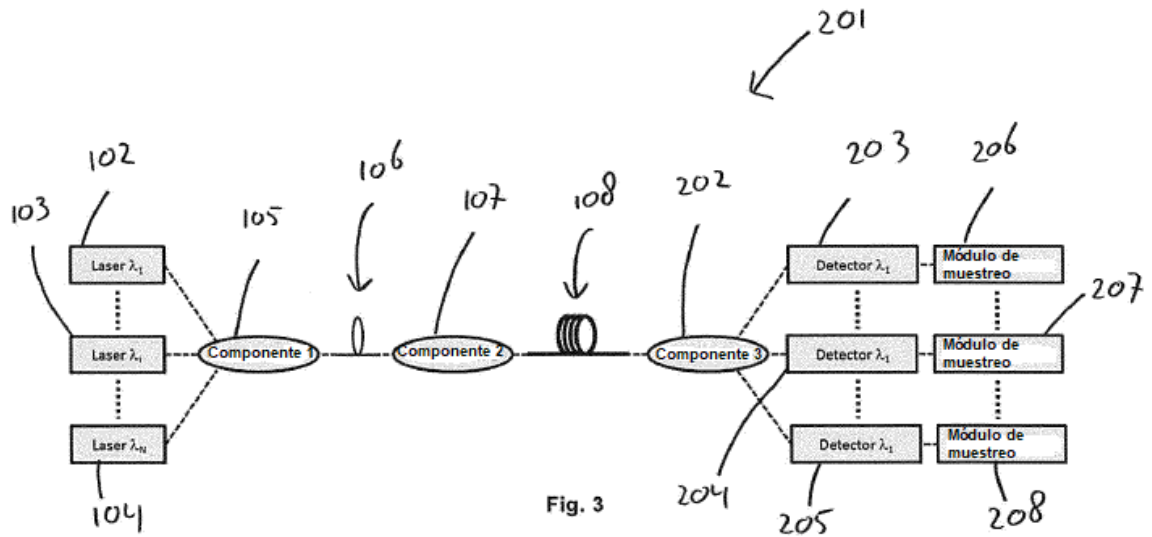
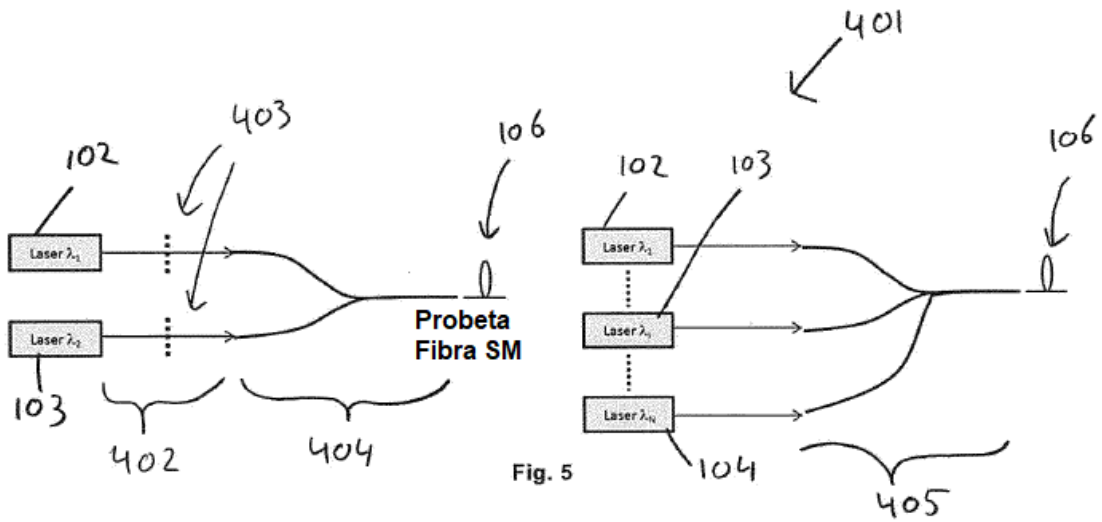
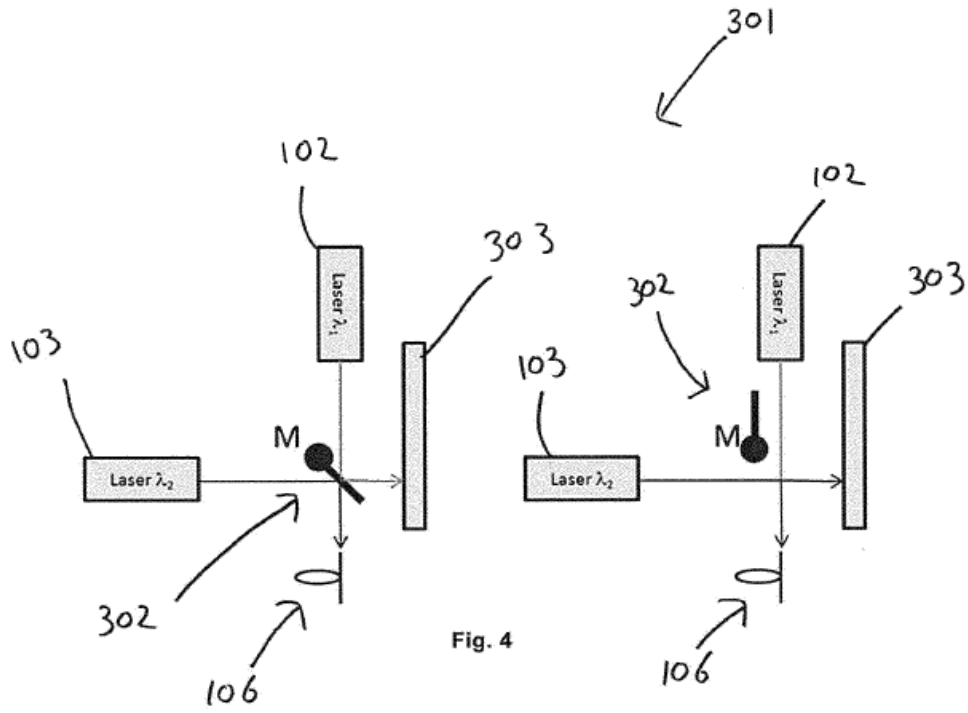


Fig. 3



REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

5 La lista de referencias citada por el solicitante lo es solamente para utilidad del lector, no formando parte de los documentos de patente europeos. Aún cuando las referencias han sido cuidadosamente recopiladas, no pueden excluirse errores u omisiones y la OEP rechaza toda responsabilidad a este respecto.

Documentos de patente citado en la descripción

- US 20140368809 A [0017]
- EP 1705471 A [0018]

10 **Bibliografía no de patentes citada en la descripción**

- International Standardization Organization. *IEC 60793-2-10*, 19 November 2015 [0008]
- International Standardization Organization. *IEC 60793-1-49*, 26 June 2006 [0012]