

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 453 953**

51 Int. Cl.:

G01D 5/26 (2006.01)

G02B 6/32 (2006.01)

H01S 5/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.01.2010 E 10702436 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.01.2014 EP 2391870**

54 Título: **Dispositivo de medición de fibra óptica**

30 Prioridad:

02.02.2009 DE 102009007142

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

09.04.2014

73 Titular/es:

**DRAKA CABLE WUPPERTAL GMBH (100.0%)
Dickestrasse 23
42369 Wuppertal, DE**

72 Inventor/es:

**OSENBERG, REINHARD;
EMDE, NICO y
FUNKEN, PETER**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 453 953 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

Dispositivo de medición de fibra óptica

Campo técnico

5 La invención se refiere a un dispositivo de medición de fibra óptica con un número de sensores que están integrados en un cable de energía eléctrica para detectar una carga mecánica, una temperatura y/o gases corrosivos que actúan sobre el cable de energía eléctrica, existiendo, partiendo de una fuente de radiación, al menos una fibra óptica en la que o dentro de la que existen los sensores y estando los sensores alimentados con luz de la fuente de radiación, existiendo un primer sensor para detectar la deformación mecánica y un segundo sensor para detectar la temperatura en una fibra óptica, así como un tercer sensor para detectar una flexión, a una fuente de radiación y a un procedimiento para ello.

Estado de la técnica

15 A la hora de operar por ejemplo plantas eólicas en alta mar se alcanzan en las mismas estados de carga que también influyen absolutamente de manera negativa en las propias plantas eólicas, que pueden llevar hasta una parada de la planta o a la destrucción de componentes constructivos de la planta eólica.

15 Para operar de manera eficaz planta eólicas en alta mar es importante por tanto prever un sistema de sensores adecuado para realizar una detección permanente a largo plazo de los estados de carga de los componentes constructivos más diversos de la planta con el fin de optimizar la disponibilidad de las plantas o minimizar la parte del mantenimiento.

20 Mientras que en el pasado los estados de carga de las palas de rotor y de los engranajes de turbina ya se han detectado mediante sensores, prácticamente no existe información acerca de los estados de carga de los cables de baja y media tensión.

25 En particular para los operadores de plantas eólicas es por tanto deseable básicamente obtener dado el caso también información en línea e in situ acerca de diferentes parámetros de cable, como por ejemplo cargas mecánicas, temperaturas, corrosión, etc., para dado el caso relacionar la sustitución o reparaciones con intervalos de inspección regulares. De manera ventajosa, esta información tiene que estar también disponible a través de una red de sensores y se debe poder gestionar en una central de datos central.

30 Algo similar ocurre con los contenedores de refrigeración. También en este caso resulta a menudo problemático detectar de forma continua y con una resolución local una carga mecánica de los conductos de cable, provocada por ejemplo mediante aplastamientos. Cargas mecánicas locales pueden llevar a un corte de corriente, lo que en casos extremos puede llevar a una destrucción completa de la carga del contenedor.

35 El documento WO 99/32862 A1 ya describe un dispositivo para medir cargas de flexión que comprende un primer sensor para la medición de una carga de flexión, presentando el primer sensor un primer elemento que se puede exponer a una flexión, y una fibra óptica que con respecto al primer elemento está dispuesta en unos puntos de anclado primero y segundo de modo que la fibra está pretensada, comprendiendo la fibra una primera retícula de Bragg que está dispuesta en la fibra pretensada, y estando el primer elemento dispuesto de modo que en caso de una flexión del primer elemento se reduce la tensión en la fibra. Además, el dispositivo presenta un segundo sensor para detectar la temperatura en una fibra óptica y un tercer sensor para detectar una flexión. Además, se describe un dispositivo de medición de fibra óptica con un número de sensores que están integrados en un cable de energía eléctrica para detectar una carga mecánica, una temperatura y/o gases corrosivos que actúan sobre el cable de energía eléctrica, existiendo, partiendo de una fuente de radiación, al menos una fibra óptica en la que o dentro de la que los sensores están alimentados con luz de la fuente de radiación.

Exposición de la invención: Objetivo, solución, ventajas

45 El objetivo de la invención es crear un dispositivo de medición de fibra óptica, una fuente de radiación y un procedimiento para ello, como en particular un sistema de sensores en particular para cables de energía por ejemplo para los campos de aplicación de contenedores de refrigeración e plantas eólicas en alta mar, que posibilite detectar, en particular de forma discreta o continua, el estado de carga de los cables de energía empleados en particular en los contenedores o plantas eólicas para diferentes parámetros y así detectar o pronosticar a tiempo posibles problemas técnicos y/o paradas que se perfilan. Estos resultados se pueden transferir en principio a casi todos los campos de aplicación de cables de energía.

50 Esto se consigue con respecto al dispositivo de medición con las características de la reivindicación 1, según lo que se crea un dispositivo de medición de fibra óptica con un número de sensores que están integrados en cables y que detectan una carga mecánica, una temperatura y/o gases corrosivos, alimentándose los sensores con luz de una fuente y formando los sensores una red de sensores de fibra óptica.

Resulta ventajoso cuando los sensores estén acoplados entre sí de modo que los resultados de los sensores se evalúan mediante una unidad de evaluación central y/o los elementos de sensor se operan con sólo una única fuente de radiación de luz.

5 En este caso está previsto que, partiendo de la fuente de luz, esté previsto un divisor de rayos y que estén previstas al menos dos fibras ópticas en las que o dentro de las que existen los sensores.

Además está previsto que el sensor para detectar la deformación mecánica y el sensor para detectar la temperatura estén previstos en una fibra óptica.

También resulta razonable cuando el sensor para detectar la flexión esté previsto en la misma o en otra fibra óptica.

10 En un ejemplo de realización adicional resulta conveniente cuando la introducción de estructuras de índice de refracción periódicas en la fibra o la guía de ondas se realice mediante un enfoque local de impulsos de luz ultracortos en el núcleo de la fibra, de modo que según el intervalo de periodo se reflejan frecuencias individuales de una fuente de luz blanca o de un emisor de banda ancha.

También resulta ventajoso cuando a partir de un desplazamiento de las partes de frecuencia reflejadas de vuelta se concluya la carga mecánica del cable o de la fibra, por ejemplo por flexión o torsión.

15 Además, resulta ventajoso cuando se realice una medición con resolución temporal de señales de retrodifusión de luz tras haberse acoplado un rayo láser intensivo de impulsos cortos en un cable de fibra óptica sin tratar.

También resulta conveniente cuando la medición de retrodifusión de luz con resolución temporal posibilite para dos componentes de luz difundidas de diferente manera una medición de temperatura local y/o una detección local de cargas mecánicas del cable de energía.

20 En un ejemplo de realización adicional resulta ventajoso cuando las dos componentes de luz difundidas de diferente manera sean la parte Stokes y la parte anti-Stokes.

Resulta ventajoso cuando la fuente de radiación de luz sea un láser con microchip con conmutación de Q pasiva con una siguiente producción de luz blanca.

25 Además, resulta conveniente cuando la producción de luz blanca se realice mediante un elemento constructivo óptico no lineal conectado aguas abajo, preferiblemente una fibra fotónica.

Asimismo, resulta ventajoso cuando del espectro de luz blanca se filtren mediante filtros ópticos intervalos de frecuencia con los que se activan los elementos de sensor individuales.

Además, resulta ventajoso cuando la conexión en red de los sensores o elementos de sensor individuales se realice mediante un multiplexado y cuando la consulta de las señales de medición se realice de forma secuencial.

30 Además, resulta ventajoso cuando el dispositivo de medición esté configurado de modo que se puede acoplar una radiación electromagnética generada por una fuente de radiación en un cable de fibra óptica, en particular para la medición simultánea de temperaturas de resolución temporal y cargas mecánicas, estando el cable de fibra óptica dotado de rejillas de Bragg de fibra (FBG, *Faser Bragg Gitter*).

35 Asimismo, resulta ventajoso cuando el periodo de las FBG se elija de modo que ninguna FBG se corresponde con la longitud de onda láser seleccionada, de modo que la radiación se puede propagar sin perturbaciones con la longitud de onda láser seleccionada en la guía de ondas y de manera ventajosa se puede utilizar para la medición con resolución local de temperatura o aplastamientos.

Además, resulta conveniente cuando las FBG se inscriban con impulsos de luz ultracortos, como por ejemplo impulsos de luz de femtosegundos, en cables de fibra óptica.

40 Asimismo, resulta ventajoso cuando las partes de señal de retorno de los sensores se separen entre sí mediante un acoplador de fibras (218).

45 El objetivo con respecto a la fuente de radiación se consigue mediante una fuente de radiación en particular para un dispositivo de medición de fibra óptica, en particular según una de las reivindicaciones anteriores, para generar una radiación de continuo y una emisión de impulsos cortos con una longitud de onda láser definida, suprimiendo un filtro, tal como un filtro de interferencia, la emisión de continuo en una zona espectral definida alrededor de la longitud de onda láser definida.

En este caso, resulta conveniente cuando el filtro de interferencia sea un denominado filtro supresor o filtro de bloqueo o filtro de muesca.

50 En este caso, resulta asimismo ventajoso cuando la fuente de radiación sirva para acoplar la radiación electromagnética generada en un cable de fibra óptica para la medición simultánea de temperaturas de resolución

local y cargas mecánicas, formando el cable de fibra óptica parte de un dispositivo de medición que está dotado de unas FBG.

El objetivo con respecto al procedimiento se consigue mediante un procedimiento para operar un dispositivo de medición de fibra óptica anteriormente descrito.

- 5 Resulta ventajosa en este caso la detección de las siguientes magnitudes de proceso, como los desarrollos de temperatura de resolución local y las cargas mecánicas de presión en los cables. Esto se puede conseguir de manera ventajosa mediante una medición con resolución temporal de señales de retrodifusión láser. La carga mecánica de cables, tal como la dilatación y/o la torsión, se puede determinar mediante el uso de sensores de Bragg de fibras, y la concentración de ozono que se produce en los transformadores mediante una descarga de corona se puede detectar de forma continua mediante un sensor correspondiente.

10 Todas estas magnitudes de medición se detectan de manera ventajosa mediante sensores individuales de fibra óptica que entonces se conectan entre sí en una red de sensores de fibra óptica. Asimismo, se pueden detectar magnitudes de medición individuales conjuntamente por un sensor cuando éste esté configurado de manera correspondiente. Resulta ventajoso en este caso cuando los datos de los sensores se retransmitan a una unidad de procesamiento central y a continuación se evalúen y se procesen de manera ventajosa en la misma.

15 Para conseguir en este caso una solución con el menor coste posible y por tanto lo más económica posible, se instala de forma central el "hardware" opto-electrónico necesario o el sensor optoelectrónico necesario, y entonces se consultan de forma secuencial los puntos o estaciones de medición individuales, como por ejemplo plantas eólicas o contenedores de refrigeración, a través de la red de fibras.

20 Una configuración ventajosa se refiere en este caso a la puesta a disposición de la red de fibras para el registro de datos y/o la transmisión de información así como a la consulta paralela o secuencial de los puntos de medición individuales. El requisito es para ello de nuevo la puesta a disposición de una única fuente de radiación óptica adecuada.

Breve descripción de los dibujos

25 A continuación se describe la invención en más detalle basándose en un ejemplo de realización mediante los dibujos. Muestran:

La figura 1 una representación esquemática de un dispositivo de medición de fibra óptica,

La figura 2 una representación esquemática de un dispositivo de medición de fibra óptica,

La figura 3 un diagrama,

30 La figura 4 una representación esquemática de un dispositivo de medición de fibra óptica,

La figura 5a una representación esquemática de un dispositivo de medición de fibra óptica,

La figura 5b un diagrama, y

La figura 6 un diagrama.

Realización preferida de la invención

35 La figura 1 muestra una representación esquemática de un dispositivo de medición de fibra óptica 1 con un láser 2. El dispositivo de medición está compuesto en este caso por una pluralidad de sensores 3, 4, 5 para medir el aplastamiento, la temperatura y/o la flexión, preferiblemente de un cable.

40 El dispositivo 1 presenta un divisor de rayos 6 que reparte el rayo de luz o rayo láser por dos fibras 7, 8. En el rayo de la fibra 7 está previsto un dispositivo 9 para el doblado de frecuencia, una lente 17, y un divisor de rayos adicional 18. En el rayo de la fibra 8 está dispuesta una lente 19.

45 El sensor 5 para medir la dilatación y la torsión del cable 20, tal como del cable de corriente eléctrica, está compuesto por varias rejillas de Bragg de fibras (FBG) sucesivas 10, 11, 12 en una fibra de vidrio 13 que reflejan la luz guiada con diferentes longitudes de onda. Con ayuda de una fuente de radiación de banda ancha y un microespectrómetro 14 se mide el desplazamiento espectral de las longitudes de onda FBG reflejadas. Fuentes de radiación de banda ancha se pueden producir de manera económica con diferentes longitudes de onda. De manera ventajosa están disponibles en forma de LED, sobre todo en el espectro visible, en el intervalo de 800 a 850 nm y alrededor de 1550 a 1600 nm.

50 Las FBG están disponibles en el mercado por ejemplo con longitudes de onda alrededor de 1550 nm. Sin embargo, con impulsos láser de femtosegundos potentes se pueden inscribir modulaciones de índice de refracción periódicas en cualquier vidrio, de modo que con este método se pueden producir en particular unas FBG con de 800 a 850 nm

en cables de fibra óptica convencionales. De este modo resulta una reducción considerable de costes para un sistema de sensores FBG 21 correspondiente, ya que en particular para los detectores se puede recurrir a la tecnología de silicio estándar.

5 El sensor de temperatura 4 basado en fibras con resolución local se basa en la medición con resolución temporal de señales de retrodifusión láser. En este caso, resulta fundamental que la línea Raman anti-Stokes se base en un proceso de excitación no lineal y por tanto dependa de la temperatura ambiente. En la fibra 7 se acoplan por tanto impulsos de luz cortos e intensos con una potencia punta elevada y se mide la disminución temporal de la intensidad de los fotones Raman retrodifundidos.

10 Debido a la pequeña sección transversal de difusión se cuentan fotones individuales que se suman por muchos impulsos láser. Dado que la sección transversal de difusión aumenta mucho para longitudes de onda láser cortas, es preferible para este sensor 4 preferiblemente una fuente de luz, como por ejemplo un láser con microchip en el espectro visible o en el espectro próximo al espectro infrarrojo. Para soluciones de sistemas individuales, en este caso láseres semiconductores operados en la operación con impulsos cortos o también diodos emisores de luz ofrecen posibilidades con respecto a soluciones de sistema especialmente interesantes desde el punto de vista económico. La zona espectral visible ofrece la ventaja adicional de que en este caso estén disponibles fotomultiplicadores como contadores de fotones individuales extremadamente sensibles.

15 Como sensor de gas para medir el contenido de ozono del aire ambiente o también otros gases corrosivos se emplea un elemento de sensor basado en diodos emisores de luz (LED). Éste está compuesto por un cilindro hueco cuya superficie interior está conformada de modo que todos los rayos incidentes se acumulan en un punto. Con esta disposición es posible enfocar de manera puntual una fuente de radiación extremadamente divergente, como por ejemplo un LED. En un lado del cilindro está montado un LED que emite en la zona espectral ultravioleta, en el otro lado está montado un detector adecuado, por ejemplo un fotodiodo.

20 Mediante la reproducción geométrica mediante el cilindro hueco conformado de manera adecuada, en particular en forma de hipérbola, se reproduce ahora la luz del LED completamente en el detector. A través del cilindro hueco fluye ahora el gas a examinar y el cilindro hueco funciona en este caso como una célula de absorción óptica. Al elegir de manera adecuada la longitud de onda LED, por ejemplo con 250 nm para mediciones de ozono, se absorbe una parte de esta luz durante la expansión en el cilindro hueco, y con este cambio de intensidad se puede calcular, mediante la ley de absorción de Beer-Lambert, una concentración de partículas, como por ejemplo el ozono. La señal eléctrica de fotodiodo se convierte en una señal óptica y se transmite mediante conductores de luz al punto de guiado. De este modo resulta la posibilidad de producir con componentes relativamente sencillos un elemento de sensor en miniatura, integrado en la red para la detección permanente de huellas por ejemplo de concentraciones de ozono.

25 Los sensores individuales son en este caso componentes individuales independientes, ya que la radiación ultravioleta se puede transmitir fundamentalmente sólo en fibras de cuarzo que sin embargo no se emplean actualmente por estándar para la transmisión de datos. La conexión en red de fibras ópticas se realiza por tanto sólo mediante la transmisión óptica de datos en conductores de luz estándares.

30 Un aspecto de un ejemplo de realización de la invención es la conexión en red de diferentes sensores para formar una red de fibras 21 para supervisar el estado de carga de cables, como por ejemplo de cables de energía. Ésta se puede implementar de manera económica en particular cuando se puede reducir el número de los componentes caros, lo que se consigue mediante el enfoque de red anteriormente descrito.

35 Este aspecto de la invención se puede implementar de manera ventajosa cuando se identifica una única fuente de radiación para los diferentes sensores. Esto se realiza de manera ventajosa mediante el uso de una fuente de impulsos ultracortos con un bando de ancha espectral correspondiente. La forma de realización preferida de una fuente de radiación de este tipo es un láser con microchip con una fibra fotónica 15 conectada aguas abajo para generar luz blanca (radiación de continuo), pudiendo filtrarse a continuación del espectro de luz blanca, mediante una elección adecuada de filtros de color, las zonas espectrales que son de interés con respecto al sistema de sensores. De este modo, una única fuente de radiación 2 se puede utilizar tanto para el sistema de sensores FBG 5 (por ejemplo con una zona espectral de 800 a 850 nm) como para la medición de temperatura 4 y carga mecánica en caso de aplastamientos 3 mediante mediciones de retrodifusión Raman con resolución temporal.

40 Según el estado de la técnica, cada principio de sensores de fibra óptica requiere respectivamente fuentes de radiación especiales, de modo que la producción de una red de sensores de fibra óptica no es practicable bajo aspectos económicos.

45 Láseres con microchip con conmutación de Q pasiva son fuentes de radiación tecnológicamente sencillas que emiten impulsos de luz en el intervalo de los nanosegundos con tasas de repetición hasta en el intervalo de kHz, y que debido a las potencias punta elevadas son muy adecuadas para generar luz blanca aprovechando efectos ópticos no lineales por ejemplo en fibras fotónicas. De este modo, se puede realizar entonces una red de sensores de fibra óptica con las propiedades anteriormente descritas bajo aspectos económicos.

La figura 1 muestra el principio de una red de fibra óptica de sensores 1 de este tipo, tal como se puede emplear para la supervisión en tiempo real de cargas térmicas y mecánicas. Se muestra el láser con microchip 2 como fuente de radiación primaria, una parte de la radiación se bifurca con un divisor de rayos 6, dado el caso se somete a un doblado de frecuencia 9, y a continuación se acopla en una fibra habitual de telecomunicación 16 para detectar con una resolución local perturbaciones térmicas y mecánicas en el cable mediante la detección de señales de retrodifusión Raman.

El propio cable de fibra óptica está integrado en un cable de energía. La otra parte de la radiación láser se acopla en una fibra fotónica 15 para la producción de continuo. Esta fibra está empalmada a su vez con una fibra de telecomunicación adicional en la que se han registrado anteriormente en posiciones adecuadas unas FBG 10, 11, 12 con impulsos de luz de femtosegundos. La medición de las partes de frecuencias retrodifundidas permite la detección de cargas mecánicas, por ejemplo torsiones y flexiones del cable.

Como componente individual para el sistema de sensores cabe mencionar la detección de los estados de carga mecánicos en cables de energía con guías de onda estándares integradas mediante una medición con resolución temporal de señales de retrodifusión de luz. La excitación de luz se puede realizar con un intervalo de frecuencia seleccionado de la fuente de luz blanca anteriormente descrita y de este modo se puede integrar en una red de sensores 21.

Un ejemplo de realización de una solución individual de este dispositivo 101 se muestra en la figura 2. En este caso, se utiliza la emisión verde de un láser con microchip 102 para la excitación óptica. Detrás del láser 102 se realiza un doblado de frecuencia 103 al que está conectado aguas abajo un filtro gris 104.

Si se guía luz con una intensidad suficiente en un conductor de luz 105, entonces se puede observar una componente de difusión desplazada a la zona espectral roja (componente Stokes 106), así como una componente claramente menos intensa y desplazada a la zona espectral azul (componente anti-Stokes 107). La componente anti-Stokes 107 depende en este caso de la intensidad de luz irradiada al cuadrado:

$$I_{AS} \sim I_L^2 \quad (1)$$

Si el cable o cable de energía 108 se expone en un punto a cargas mecánicas especialmente elevadas, por ejemplo por aplastamientos, entonces en este punto en el conductor de luz 105 integrado en el cable de energía 108 se forman de forma incrementada centros de difusión que se pueden identificar mediante una medición con resolución de tiempo de señales de retrodifusión Stokes y anti-Stokes. Además, se puede ver un divisor de rayos 109 y un diodo de disparo 110 correspondiente, una lente esférica 111. En la trayectoria de rayos detrás del divisor de rayos 109 existe un filtro de muesca 112, un filtro de gris 113 y un diafragma de iris 114 con un siguiente divisor de rayos 115 así como un sistema electrónico de evaluación detrás de los fotomultiplicadores 107.

La figura 3 muestra la relación de señal anti-Stokes a Stokes para diferentes posiciones de fibra, habiéndose expuesto la posición de fibra 16.5 m a una carga mecánica por aplastamiento. La zona de aplastamiento se puede identificar localmente de forma unívoca.

En particular la medición de la intensidad de línea Raman anti-Stokes ofrece en este caso la posibilidad de realizar una detección muy sensible de valores de medición debido a la dependencia al cuadrado de la intensidad. La intensidad de línea Stokes puede servir entonces por ejemplo para la normalización de señales. Resulta especialmente ventajoso el uso de láseres semiconductores pulsados o también de unos LED en lugar del láser con microchip por ejemplo en la variante de red, ya que esto puede resultar económico.

En el caso de redes de sensores se utiliza según la invención un láser con microchip con luz intensa dado el caso con una siguiente producción de luz blanca o de continuo como fuente de luz central que entonces se guía a través de un multiplexado hacia los puntos de medición individuales. La luz de retrodifusión (Stokes y anti-Stokes) se puede volver a procesar entonces mediante una consulta secuencial de los diferentes conductores de luz por una unidad central de registro y evaluación de datos 22. Mediante este tipo de conexión en red se pueden reducir claramente los costes para una fibra de medición individual.

Una forma de realización especialmente ventajosa adicional del dispositivo de medición 200 según la invención se representa en la figura 4. La fuente de luz 201 se representa de forma más detallada en la figura 5a. La figura 4 muestra un sistema de sensores de fibra óptica con una fuente combinada de continuo/impulsos cortos y con sólo una guía de onda (LWL, *Lichtwellenleiter*) para la medición simultánea con resolución local de retrodifusión Raman y la medición FBG en particular para detectar cargas mecánicas de un cable de energía cuando en el mismo está integrada la guía de ondas.

La figura 5a muestra una fuente combinada de banda ancha e impulsos cortos para un sistema de medición de fibra óptica. En este caso, la figura 5a muestra la estructura y los componentes de la fuente de radiación. La figura 5b muestra la distribución de intensidad espectral de la fuente de radiación como función de la longitud de onda.

- La fuente de luz 201 está compuesta de manera ventajosa por un láser con microchip 202 con una fibra fotónica (fibra PCF) 203 siguiente para generar radiación de continuo, en particular con un ensanchamiento espectral. Detrás del láser con microchip 202 está dispuesto un divisor de rayos 204 que divide el rayo en el rayo 205 y el rayo 206. De manera ventajosa, la fuente de luz 201 es una fuente para un continuo pulsado de una radiación láser de frecuencia individual. Además, están dispuestas lentes 207, 208 en el rayo 205. Con un denominado filtro supresor 209 (por ejemplo con 532 nm +/- 15 nm) se bloquea la zona espectral de la segunda armónica del láser utilizado, tal como del láser con microchip, (532 nm) en el intervalo de +/- 15 nm para la emisión de continuo, véase el diagrama de la figura 5b en el que se indica la intensidad de la radiación como función de la longitud de onda.
- Un fragmento de la radiación de continuo generada con esta disposición en la zona espectral infrarroja para longitudes de onda por encima de 1064 nm se muestra en la figura 6. La figura 6 muestra en particular la generación de luz blanca en la emisión de continuo por encima de una longitud de onda de 1064 nm al utilizar un láser, tal como un láser con microchip con una longitud de onda de 1064 nm y al aplicar una fibra fotónica.
- Con respecto a una parte de la parte fundamental de la emisión de láser con microchip (1064 nm) se dobla la frecuencia en un fragmento de rayo 206 bifurcado con un cristal no lineal 210 (por ejemplo un cristal KDP) de modo que se obtiene la longitud de onda de 532 nm, y a continuación se vuelve a solapar con la salida de la fibra PCF. Para ello están previstos los dos dispositivos 211, 212. De este modo resulta una emisión del tipo mostrado en la figura 5b en la salida de la fuente de radiación: Resulta una emisión de banda ancha con un hueco a 532 nm que se solapa con una línea láser intensa a 532 nm.
- Las ventajas de esta disposición son en este caso que sólo se proporciona una única fuente de radiación 201 que es adecuada tanto para excitar sensores FBG 213 con una radiación de continuo como para mediciones Raman 214 con la línea láser de 532 nm en una única fibra.
- En la fibra óptica se inscriben preferiblemente mediante una iluminación láser de femtosegundos estructuras de rejilla de Bragg de fibras (FBG) 213 con longitudes de onda de rejilla definidas, que entonces sirven como sensores FBG. Siempre que la longitud de onda de rejilla de las FBG 213 no se corresponda con la longitud de onda de 532 nm, las FBG 213 no influyen en el impulso de luz de 532 nm.
- De este modo, en la misma fibra 215 que contiene también las FBG 213 se puede realizar una medición de retrodifusión Raman 214 para determinar temperaturas o aplastamientos con resolución local.
- Las señales de retorno 216 de longitudes de onda reflejadas de los sensores FBG 213 y las señales Raman 217 se separan entre sí mediante un acoplador de fibras 218 y se evalúan independientemente.
- Este principio posibilita de este modo según la invención la detección simultánea de temperaturas, aplastamientos y/o cargas mecánicas, como por ejemplo flexiones y torsiones por ejemplo de un cable de energía que está dotado preferiblemente de un único cable de fibra óptica y en el que se han inscrito unas FBG con el método láser de femtosegundos.
- El método anteriormente descrito no está limitado a la longitud de onda de 532 nm sino que se puede emplear también para cualquier otra longitud de onda, siempre que esté disponible una longitud de onda intensa de impulsos láser en la zona espectral seleccionada.
- Resulta ventajoso en este principio de medición cuando se utilice un denominado filtro supresor, como un filtro de muesca o un filtro de bloqueo, para la longitud de onda láser seleccionada de por ejemplo 532 nm con una supresión de $> 10^3$ en un intervalo de longitud de onda de por ejemplo +/- 15 nm para la longitud de onda láser seleccionada en la trayectorias de rayos de la emisión de continuo. Esto posibilita una medición sensible de la emisión Stokes y anti-Stokes a la hora de determinar la temperatura, ya que entonces apenas se produce o no se produce un solapamiento con longitudes de onda correspondientes del emisor de continuo.

Lista de números de referencia

- | | | |
|----|---|-------------------------|
| | 1 | Dispositivo de medición |
| 45 | 2 | Láser |
| | 3 | Sensor |
| | 4 | Sensor |
| | 5 | Sensor |
| | 6 | Divisor de rayos |
| 50 | 7 | Fibra |
| | 8 | Fibra |

	9	Dispositivo
	10	Rejilla de Bragg de fibras
	11	Rejilla de Bragg de fibras
	12	Rejilla de Bragg de fibras
5	13	Fibra de vidrio
	14	Microespectrómetro
	15	Fibra fotónica
	16	Fibra de telecomunicación
	17	Lente
10	18	Divisor de rayos
	19	Lente
	20	Cable
	21	Sistema de sensores/red de fibras/red de sensores
	22	Unidad de registro y evaluación de datos/unidad de evaluación central
15	101	Dispositivo
	102	Láser
	103	Doblado de frecuencia
	104	Filtro de gris
	105	Conductor de luz
20	106	Componente Stokes
	107	Componente anti-Stokes/fotomultiplicador
	108	Cable de energía
	109	Divisor de rayos
	110	Diodo de disparo
25	111	Lente esférica
	112	Filtro de muesca
	113	Filtro de gris
	114	Diafragma de iris
	115	Divisor de rayos
30	200	Dispositivo de medición
	201	Fuente de luz
	202	Láser con microchip
	203	Fibra fotónica
	204	Divisor de rayos
35	205	Rayo
	206	Fragmento de rayo
	207	Lente

	208	Lente
	209	Filtro supresor
	210	Cristal
	211	Dispositivo
5	212	Dispositivo
	213	Rejilla de Bragg de fibras
	214	Retrodifusión Raman
	215	Fibra
	216	Señal
10	217	Señal Raman
	218	Acoplador de fibras

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de medición de fibra óptica (1) con un número de sensores (3, 4, 5) que están integrados en un cable de energía eléctrica (20) para detectar una carga mecánica, una temperatura y/o gases corrosivos que actúan sobre el cable de energía eléctrica, existiendo, partiendo de una fuente de radiación (2, 102, 202), al menos una fibra óptica (7, 8) en la que o dentro de la que existen los sensores (3, 4, 5) y estando los sensores (3, 4, 5) alimentados con luz de la fuente de radiación (2, 102, 202), existiendo un primer sensor (3) para detectar la deformación mecánica y un segundo sensor (4) para detectar la temperatura en una fibra óptica (7), así como un tercer sensor (5) para detectar una flexión,
caracterizado porque, partiendo de la fuente de radiación (2, 102, 202), existen un divisor de rayos (6) y al menos dos fibras ópticas (7, 8), en las que o dentro de las que existen los sensores (3, 4, 5), de modo que los sensores (3, 4, 5) forman una red de sensores de fibra óptica.
2. Dispositivo de medición de fibra óptica según la reivindicación 1, **caracterizado porque** los sensores (3, 4, 5) están acoplados entre sí de modo que las señales de los sensores (3, 4, 5) se evalúan mediante una unidad de evaluación central (22) y/o los elementos de sensor (3, 4, 5) se operan con sólo una única fuente de radiación (2, 102, 202).
3. Dispositivo de medición de fibra óptica según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el tercer sensor (5) existe para detectar la flexión en la misma fibra óptica (7) en la que también existen los sensores primero (3) y segundo (4), o en la que existe al menos otra fibra óptica (7, 8).
4. Dispositivo de medición de fibra óptica según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el dispositivo de medición está diseñado de modo que existe una introducción de estructuras de índice de refracción periódicas en la fibra óptica (7, 8) mediante un enfoque local de impulsos de luz ultracortos en el núcleo de la fibra óptica (7, 8), de modo que según el intervalo de período se reflejan frecuencias individuales de una fuente de luz blanca o de un emisor de banda ancha.
5. Dispositivo de fibra óptica según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el dispositivo de medición está diseñado de modo que a partir de un desplazamiento de partes de frecuencia reflejadas de vuelta se puede concluir la carga mecánica de la fibra óptica (7, 8), por ejemplo por flexión o torsión y de este modo la carga mecánica del cable de energía eléctrica en el que está integrada la fibra óptica (7, 8).
6. Dispositivo de medición de fibra óptica según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** se posibilita una medición con resolución temporal de señales de retrodifusión de luz tras haberse acoplado un rayo láser intensivo de impulsos cortos en una fibra óptica (7, 8) sin tratar.
7. Dispositivo de medición de fibra óptica según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** una medición de retrodifusión de luz con resolución temporal para dos componentes de luz difundidas de diferente manera posibilita una medición de temperatura local y/o una detección local de cargas mecánicas de la fibra (7, 8) y de este modo del cable de energía eléctrica.
8. Dispositivo de medición de fibra óptica según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la fuente de radiación (2, 102, 202) es un láser con microchip con conmutación de Q pasiva con subsiguiente producción de luz blanca.
9. Dispositivo de medición de fibra óptica según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** la producción de luz blanca se realiza mediante un elemento constructivo óptico no lineal conectado aguas abajo, preferiblemente una fibra fotónica.
10. Dispositivo de medición de fibra óptica según la reivindicación 8 o 9, pudiendo filtrarse del espectro de luz blanca mediante filtros ópticos intervalos de frecuencia con los que se pueden activar los elementos de sensor individuales.
11. Dispositivo de medición de fibra óptica según una de las reivindicaciones anteriores 9 o 10, **caracterizado porque** la conexión en red de los sensores individuales (3, 4, 5) se realiza mediante un multiplexado y la consulta de las señales de medición se realiza de forma secuencial.
12. Dispositivo de medición de fibra óptica según una de las reivindicaciones anteriores con una fuente de radiación (2, 102, 202), **caracterizado porque** la fuente de radiación (2, 102, 202) es un láser para generar una radiación de continuo y una emisión de impulsos cortos con una longitud de onda láser definida, suprimiendo un filtro, como por ejemplo un filtro de interferencia, la emisión de continuo fuera de una zona espectral definida alrededor de la longitud de onda láser definida.
13. Fuente de radiación según la reivindicación 12, siendo el filtro de interferencia un filtro supresor (209) o un filtro de bloqueo o un filtro de muesca.
14. Fuente de radiación según la reivindicación 13, sirviendo la fuente de radiación (2, 102, 202) para acoplar la radiación electromagnética generada en la fibra óptica (7, 8) para la medición simultánea de temperaturas y cargas

mecánicas de resolución local, formando la fibra óptica (7, 8) parte de un dispositivo de medición que está dotado de rejillas de Bragg de fibra óptica (10, 11, 12, 213).

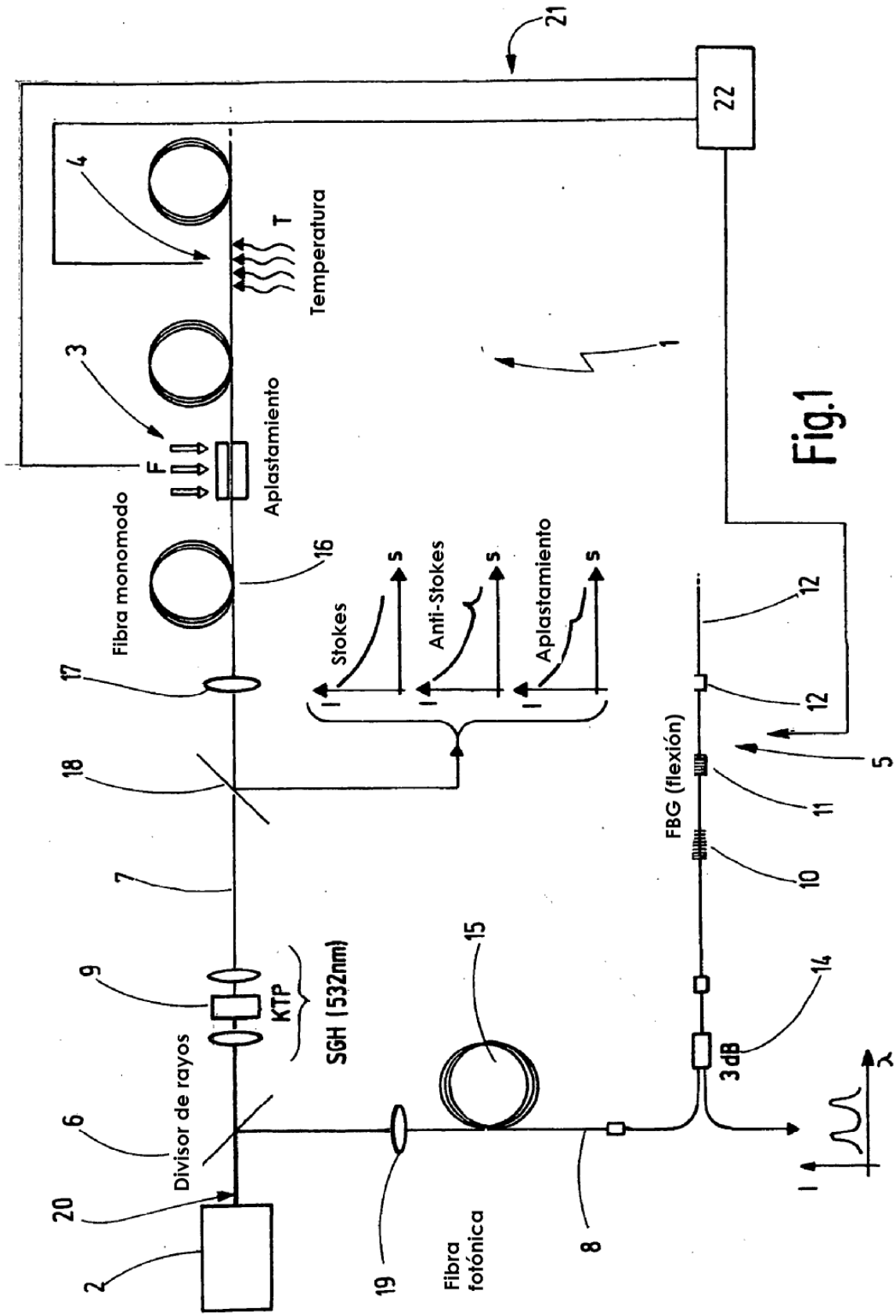
5 15. Dispositivo de medición de fibra óptica según una de las reivindicaciones anteriores, en el que se puede acoplar una radiación electromagnética generada por la fuente de radiación (2, 102, 202) en la fibra óptica (7, 8), en particular para la medición simultánea de temperaturas y cargas mecánicas de resolución local, estando la fibra óptica (7, 8) dotada de rejillas de Bragg de fibra óptica (10, 11, 12, 213).

10 16. Dispositivo de medición de fibra óptica según la reivindicación 15, eligiéndose el periodo de las rejillas de Bragg de fibra óptica (10, 11, 12, 213) de modo que ninguna rejilla de Bragg de fibra óptica (10, 11, 12, 213) se corresponde con la longitud de onda láser seleccionada, de modo que la radiación se puede propagar sin perturbaciones con la longitud de onda láser seleccionada en la fibra óptica (7, 8) y de manera ventajosa se puede utilizar para la medición de aplastamiento o temperatura con resolución local.

17. Dispositivo de medición de fibra óptica según la reivindicación 15 o 16, inscribiéndose las rejillas de Bragg de fibra óptica (10, 11, 12, 213) con impulsos de luz ultracortos, como por ejemplo impulsos de luz de femtosegundos, en la fibra óptica (7, 8).

15 18. Dispositivo de medición de fibra óptica según la reivindicación 15, 16 o 17, separándose entre sí las partes de señal de retorno de los sensores (3, 4, 5) mediante un acoplador de fibras (218).

19. Procedimiento para operar un dispositivo de medición de fibra óptica según una de las reivindicaciones anteriores.



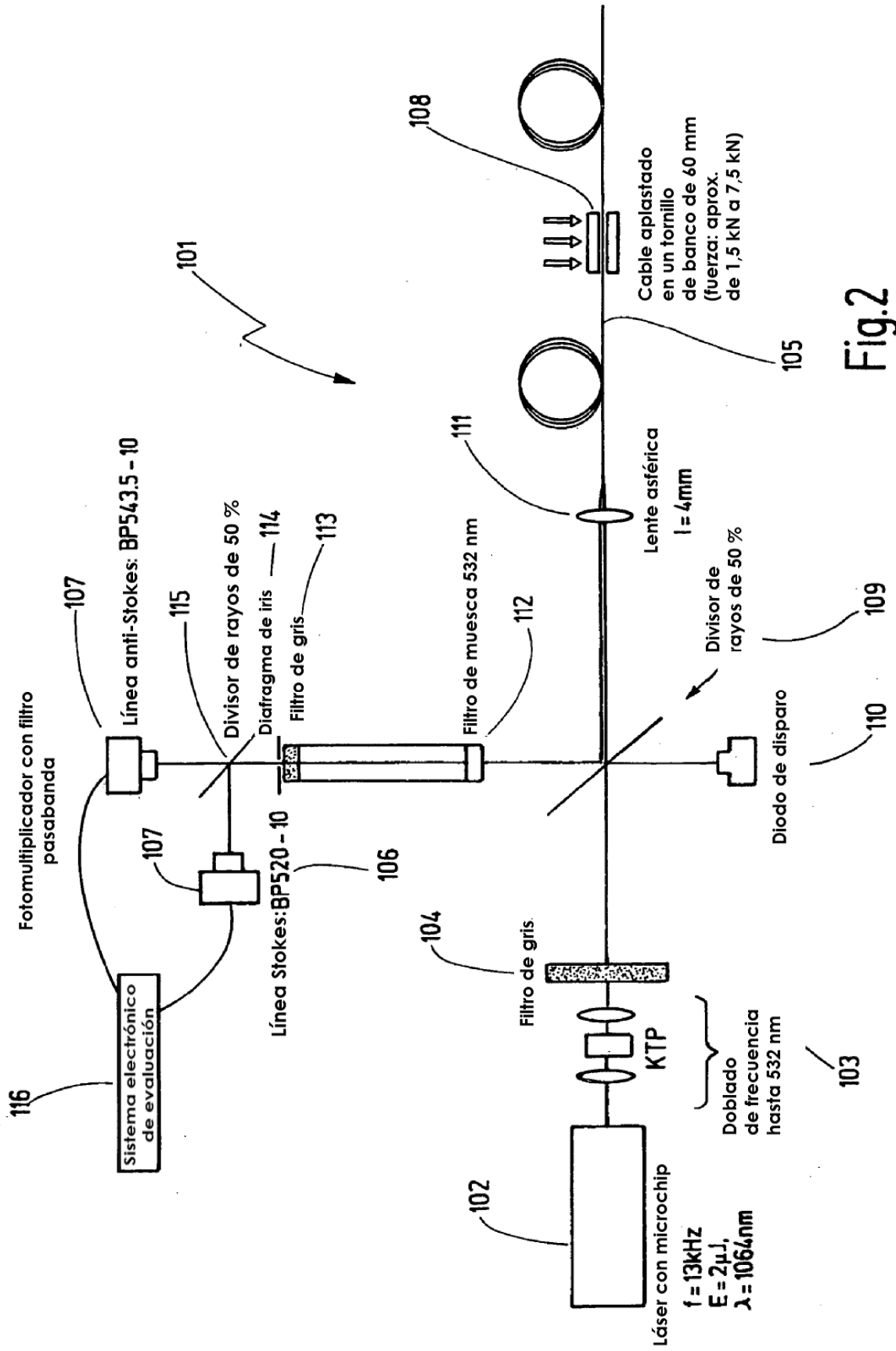


Fig.2

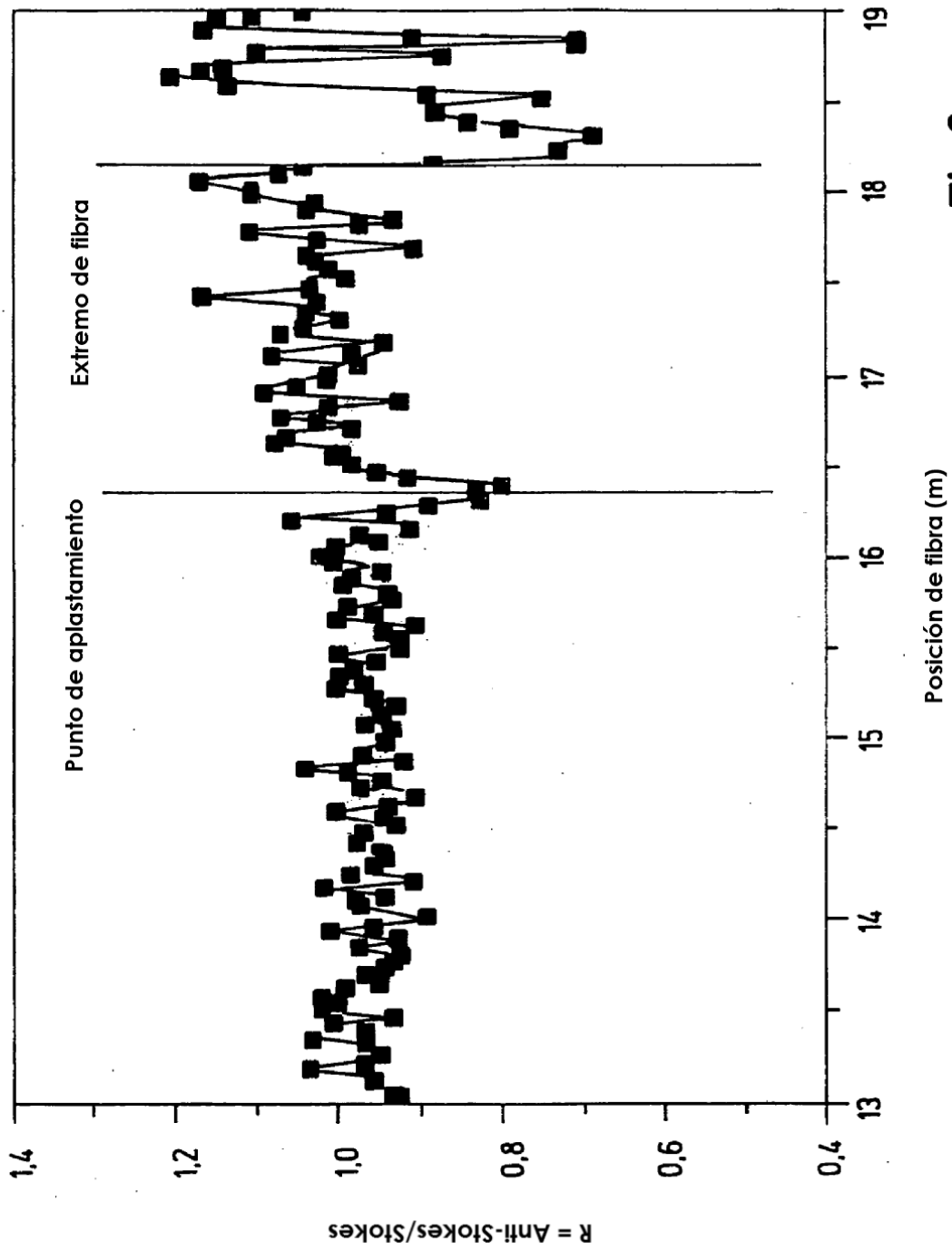


Fig.3

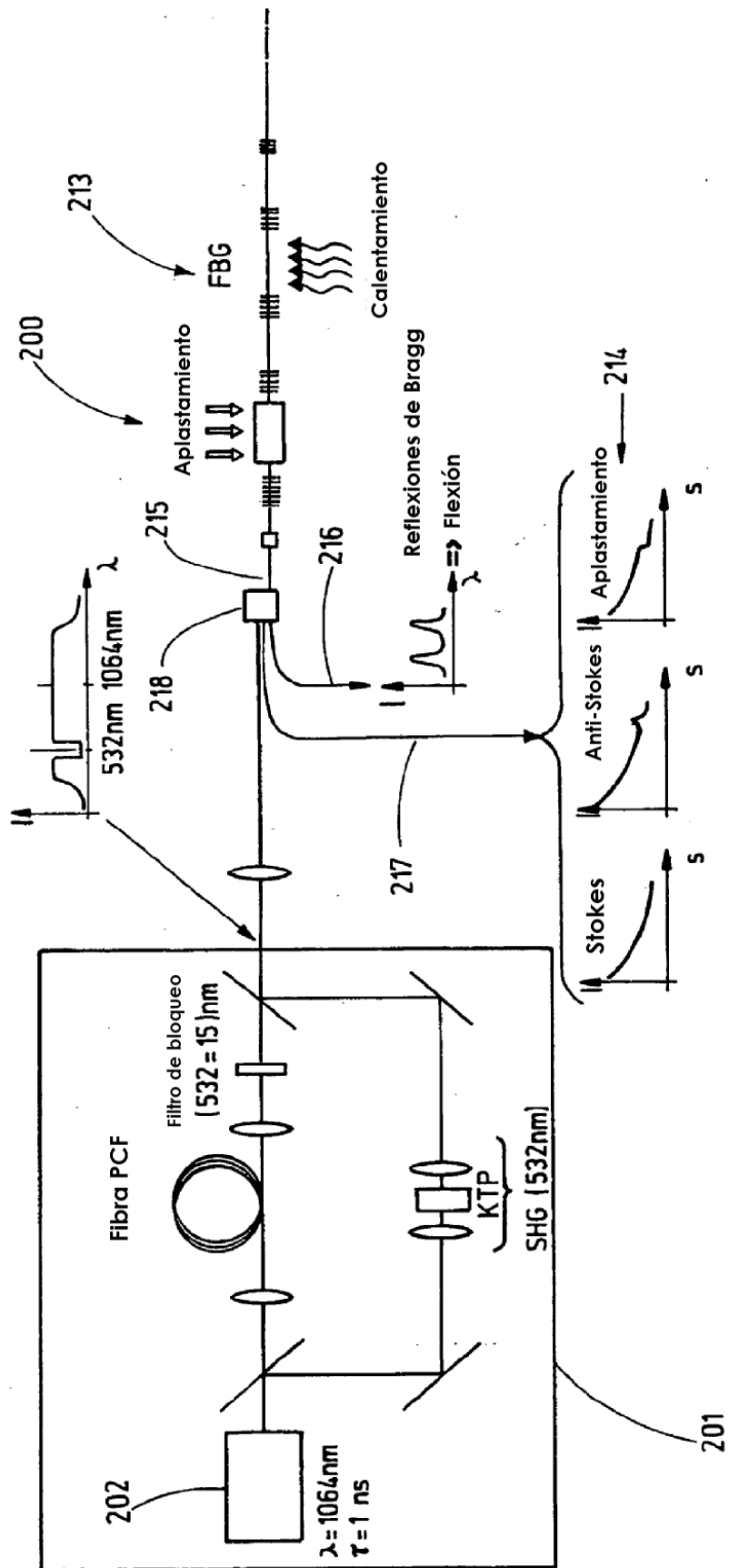


Fig.4

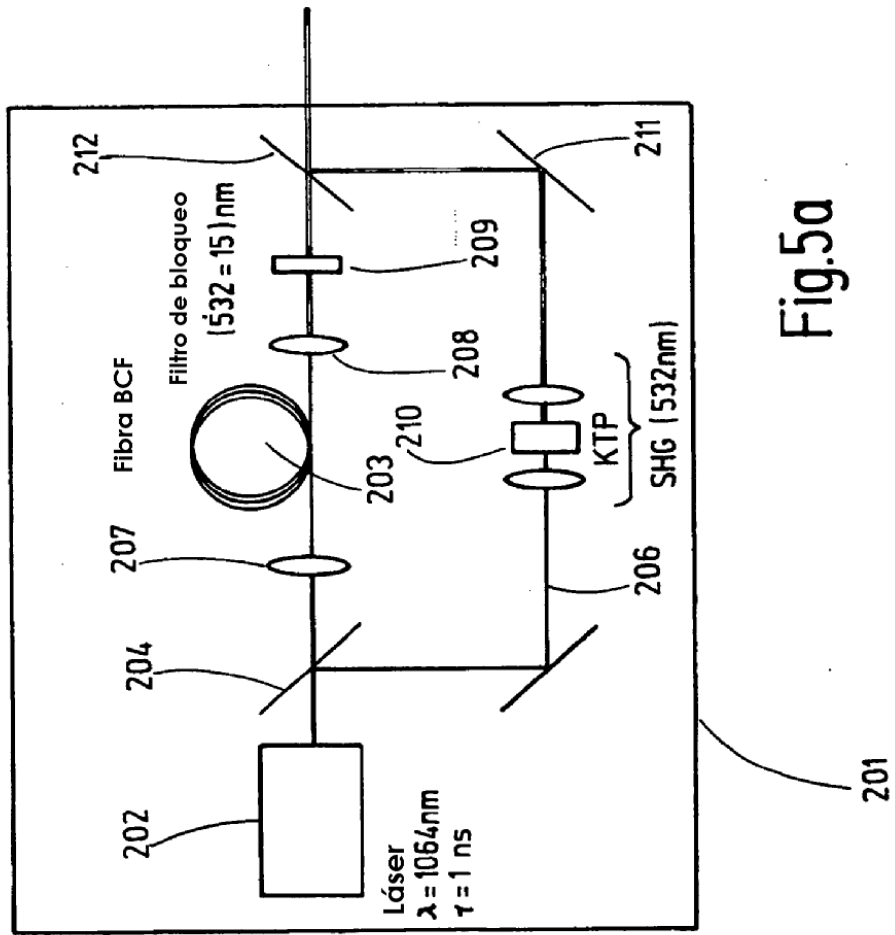


Fig.5a

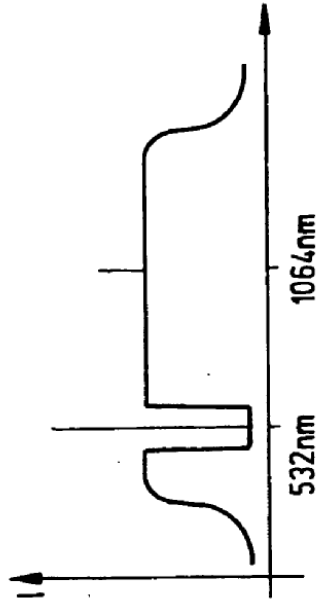


Fig.5b

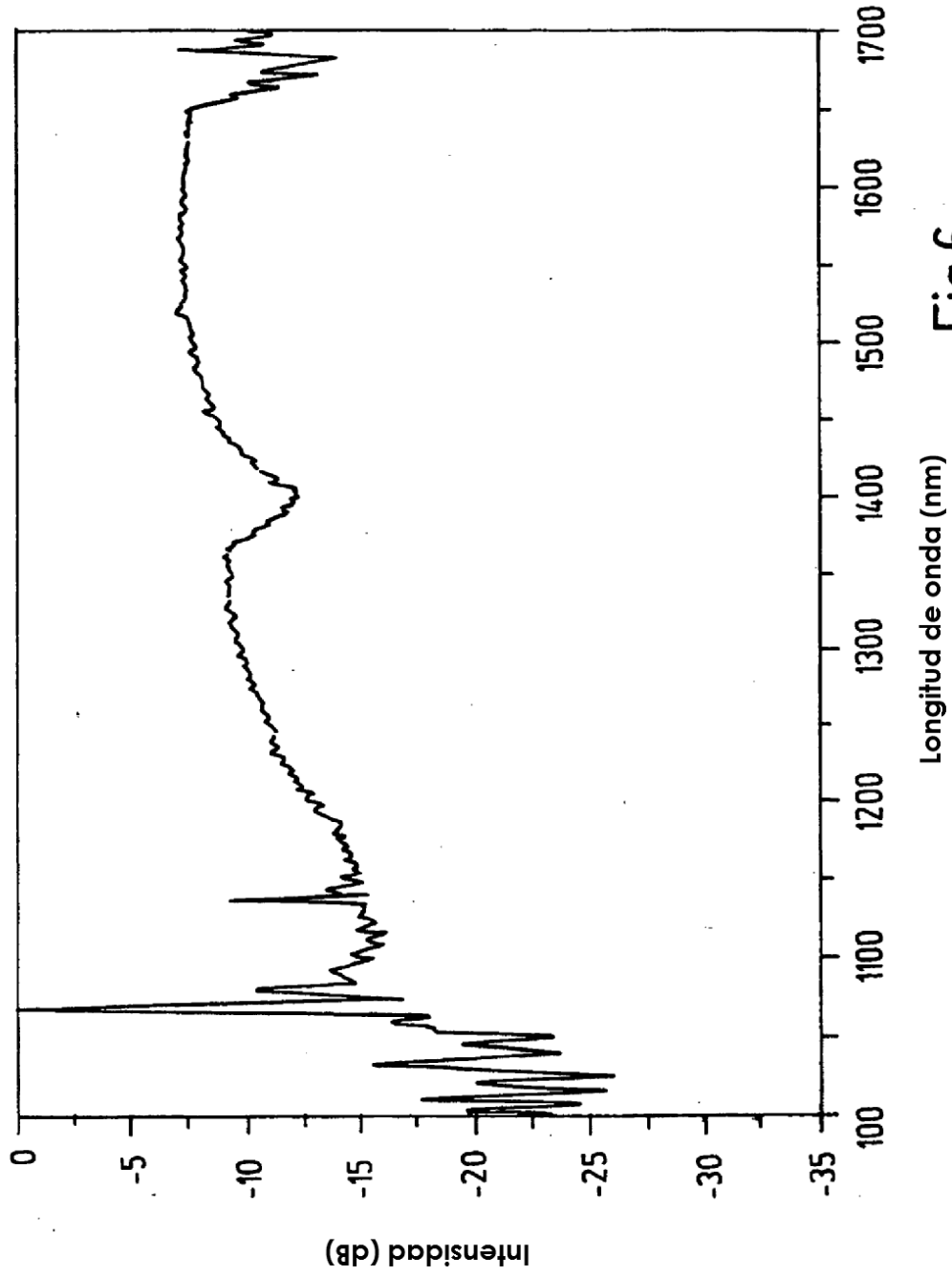


Fig.6