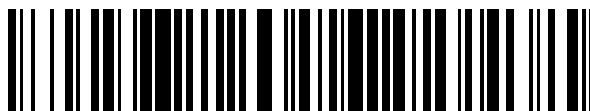


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 062 265**

51 Int. Cl.:

G01D 5/353 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.05.2022 PCT/EP2022/062066**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.11.2022 WO22233983**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.05.2022 E 22727852 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.01.2026 EP 4334685**

54 Título: **Fibra óptica de núcleos acoplados con rejilla de Bragg en fibra, método y dispositivo de detección**

30 Prioridad:

04.05.2021 EP 21382402

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

09.04.2026

73 Titular/es:

UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO/EUSKAL HERRIKO UNIBERTSITATEA (50,00%)

Barrio Sarriena, S/N

48940 Leioa, ES y

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA, SERVICIO DE PROMOCIÓN Y APOYO A LA INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA -I2T (50,00%)

72 Inventor/es:

VILLATORO BERNARDO, AGUSTÍN JOEL; SALES MAICAS, SALVADOR y MADRIGAL MADRIGAL, JAVIER

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 3 062 265 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

Fibra óptica de núcleos acoplados con rejilla de Bragg en fibra, método y dispositivo de detección

5 **Campo técnico**

La presente divulgación se refiere al campo de las fibras ópticas. Más particularmente, la presente divulgación se refiere a fibras ópticas que tienen rejillas de Bragg en fibra, dispositivos de detección que utilizan las mismas, y métodos para proporcionar y utilizar dichas fibras y dispositivos.

10

Estado de la técnica

Los sensores basados en rejillas de Bragg en fibra (FBG) se utilizan ampliamente en distintos campos y sectores técnicos. La tecnología FBG está bien establecida, es madura y comercialmente disponible.

15

Una FBG refleja un pico estrecho centrado en la llamada longitud de onda de Bragg (λ_B). La posición de λ_B cambia cuando la FBG se somete a tensión, o a cualquier fenómeno que pueda convertirse en tensión, como, por ejemplo, presión, fuerza, vibraciones, etc. La posición de λ_B también cambia con la temperatura.

20

En un sensor basado en FBG, se controla la posición de λ_B y se correlaciona con el mensurando. Para hacerlo, se necesita una fuente de luz de banda ancha y un espectrómetro de alta resolución o un láser sintonizable y un fotodetector adecuado. En general, estos sistemas de interrogación son costosos. Por consiguiente, un sensor basado en FBG tiende a ser caro.

25

Las FBG son sensibles a la temperatura, cuando se utilizan FBG como sensores, es necesario un mecanismo para compensar el efecto de la temperatura o un sensor de temperatura de referencia. En el documento de patente US-7512291-B2, los cambios en la posición de λ_B pueden convertirse en cambios de intensidad mediante filtros de borde, interferómetros o dispositivos similares colocados antes de un fotodetector. Sin embargo, la sección lineal de los filtros de longitud de onda es limitada, por lo que no se puede interrogar a ninguna FBG con filtros.

30

En S. S. Yakushin *et al.*, "A study of bending effect on the femtosecond-pulse inscribed fiber Bragg gratings in a dual-core fiber", Tecnología de fibra óptica 43 (2018) 101-105, las FBG pueden inscribirse en una fibra de doble núcleo que mantiene la polarización. Cada núcleo individual y, por tanto, cada FBG individual es interrogada.

35

El documento de patente CN-11121837-A describe un interferómetro Mach-Zehnder de fibra óptica de doble núcleo, considerando que el documento de patente CN-11121838-A describe interferómetros de Michelson de fibra óptica de doble núcleo. Aunque los interferómetros tienen similitudes con los dispositivos de la presente divulgación, no pueden utilizarse para la detección.

40

Las FBG también pueden inscribirse en una fibra multinúcleo (MCF); se trata de una fibra óptica con múltiples núcleos en un revestimiento común. En estas fibras, para recuperar la información de cada núcleo o rejilla se necesitan costosos dispositivos de entrada y salida.

Descripción de la invención

45

Un primer aspecto de la divulgación se refiere a una fibra óptica que comprende: una primera fibra óptica y una segunda fibra óptica; comprendiendo la primera fibra óptica un núcleo que se extiende entre los extremos de la primera fibra óptica, y siendo una fibra monomodo (SMF); comprendiendo la segunda fibra óptica un primer núcleo que se extiende entre el primer y segundo extremos de la segunda fibra óptica, y extendiéndose un segundo núcleo entre el primer y segundo los extremos; siendo la segunda fibra óptica una fibra de dos núcleos acoplados en la que el segundo núcleo está separado del primero de tal manera que existe un acoplamiento óptico entre el primer y segundo núcleos; estando la segunda fibra óptica conectada a la primera fibra óptica en el primer extremo de forma que el primer núcleo está conectado con el núcleo de la primera fibra óptica y no estando el segundo núcleo conectado con ningún núcleo de la primera fibra óptica; el primer núcleo se encuentra en un eje central de la segunda fibra óptica, es decir, el eje central del primer núcleo coincide con el eje central de la segunda fibra óptica; y comprendiendo cada uno del primer y segundo núcleos una fibra con rejilla de Bragg que tiene la misma longitud de onda de reflexión, las dos rejillas de Bragg en fibra tienen la misma longitud y están situadas a la misma distancia del primer extremo.

55

60

La fibra óptica, que incluye las fibras ópticas primera y segunda, permite interrogar a los dos FBG de forma rentable. Para este fin, la segunda fibra óptica está dispuesta como fibras de dos núcleos acoplados, es decir, una TCCF, por lo que la luz puede acoplarse de un núcleo al otro. De forma adicional, las dos FBG comparten la longitud de onda de reflexión, esto significa que las FBG son iguales y potencialmente pueden inscribirse a la vez en forma de una única FBG que se produce en los dos núcleos de la segunda fibra óptica.

65

La interrogación se realiza mediante la excitación del modo fundamental de la primera fibra óptica, que es una SMF, con una fuente de luz que, en algunas realizaciones, también está incluida en la fibra óptica. La luz de la primera fibra

óptica se propaga y llega al primer núcleo de la segunda fibra óptica y se acopla al segundo núcleo de la segunda fibra óptica. En consecuencia, la luz se propaga en el primer y segundo núcleos, interrogando así a las FBG.

5 Además, debido a la disposición de la fibra óptica, la misma puede utilizarse como dispositivo sensor. Particularmente, con la fibra óptica es posible medir las fuerzas aplicadas a la misma, presiones aplicadas a la misma, y/o tensiones a las que está sometida la fibra óptica.

10 La capacidad de la fibra óptica para utilizarse como dispositivo sensor se debe a que la reflectividad de las FBG varía en función de cómo se doble al menos la segunda fibra óptica, tanto en términos de dirección de flexión como de grado de flexión, en concreto, cuánto se ha doblado. La medición de los cambios en la reflectividad es más rápida que la medición de los cambios en la longitud de onda del pico reflejado.

Por otra parte, la reflectividad de las FBG no depende de la temperatura de la segunda fibra óptica.

15 La fibra óptica es sencilla y puede fabricarse de forma rentable. En este sentido, cada núcleo de la segunda fibra óptica comprende preferentemente una única rejilla de Bragg en fibra, es decir, sólo hay una FBG en cada núcleo de la segunda fibra óptica.

20 En algunas realizaciones, la segunda fibra óptica no está acoplada a ninguna fibra óptica en el segundo extremo.

El segundo extremo puede permanecer libre de conexiones a otras fibras ópticas, de modo que pueda utilizarse para medir fuerzas, presiones y/o deformaciones cuando se dobla la segunda fibra óptica.

25 En algunas realizaciones, el primer y segundo núcleos son paralelos entre sí.

De esta manera, la determinación de las magnitudes físicas cuando se utiliza la fibra óptica como dispositivo sensor es más precisa, ya que se caracterizan mejor los cambios de la reflectividad de las FBG.

30 En algunas realizaciones, el primer núcleo y el núcleo de la primera fibra óptica son paralelos entre sí.

De esta manera, el acoplamiento de la luz de la primera fibra óptica a la segunda fibra óptica para la interrogación de las FBG es máximo.

35 En algunas realizaciones, una distancia desde un eje central del segundo núcleo a un eje central del primer núcleo es igual o inferior a 15 μm y es igual o superior a 10 μm .

De este modo se mejora el acoplamiento óptico de los dos núcleos, mejorando así las mediciones obtenidas a partir de la reflectividad de las FBG.

40 En algunas realizaciones, el primer y segundo núcleos son iguales, es decir, son idénticos; esto significa que los núcleos están hechos del mismo material y tienen las mismas dimensiones y geometría.

De esta manera, la determinación de las magnitudes físicas cuando se utiliza la fibra óptica como dispositivo sensor es más precisa, ya que se caracterizan mejor los cambios de la reflectividad de las FBG.

45 En algunas realizaciones, el núcleo de la primera fibra óptica está en un eje central de la primera fibra óptica, es decir, el eje central del núcleo coincide con el eje central de la primera fibra óptica.

50 La disposición de los núcleos en los ejes centrales de las respectivas fibras ópticas facilita aún más la fabricación de la fibra óptica, ya que la primera y la segunda fibras ópticas pueden empalmarse entre sí con máquinas de empalme conocidas en la técnica e incluso pueden empalmarse entre sí de forma automatizada.

También, de esta manera, el acoplamiento de la luz de la primera fibra óptica a la segunda fibra óptica para la interrogación de las FBG es máximo.

55 En algunas realizaciones, la fibra óptica comprende además un fotodetector.

La reflectividad de las FBG puede detectarse y medirse con el fotodetector, de este modo, la medición de la reflectividad puede utilizarse para determinar una o varias de las magnitudes físicas descritas anteriormente.

60 Asimismo, los cambios de temperatura no alteran la reflectividad de las FBG, por lo tanto, la fibra óptica preferentemente no comprende ningún mecanismo de compensación de temperatura ni un sensor de temperatura para mediciones de temperatura de referencia.

65 En algunas realizaciones, la fibra óptica no comprende uno cualquiera de: un espectrómetro óptico, y un analizador de espectro óptico.

la fibra óptica preferentemente no comprende un espectrómetro o un analizador de espectro óptico para que la fibra óptica pueda ser más simple y producida a un coste menor que otras fibras ópticas que comprenden un espectrómetro óptico y/o un analizador de espectro óptico.

5 En algunas realizaciones, la fibra óptica comprende además una fuente de luz acoplada de tal manera que la luz reflejada por las rejillas de Bragg de la fibra llega a un receptor de luz, por ejemplo, un fotodetector, un espectrómetro óptico, etc.

10 En algunas realizaciones, la fibra óptica no comprende ninguno de los dispositivos de polarización de la luz, por ejemplo, un polarizador, y un dispositivo de mantenimiento de la polarización, por ejemplo, la primera fibra óptica no es una fibra monomodo que mantiene la polarización, sino una fibra monomodo convencional.

15 No es necesario mantener la polarización de la luz en la fibra óptica, haciendo así que la fibra óptica sea más sencilla y/o rentable.

En algunas realizaciones, la primera fibra óptica comprende un núcleo único (el núcleo) y la segunda fibra óptica comprende dos núcleos únicos (el primer y segundo núcleos).

20 En algunas realizaciones, cada núcleo de la segunda fibra óptica comprende una única rejilla de Bragg en fibra.

Un segundo aspecto de la divulgación se refiere a un sensor para medir al menos una de fuerza, presión y tensión, comprendiendo el sensor la fibra óptica del primer aspecto de la divulgación.

25 Un tercer aspecto de la divulgación se refiere a un método que comprende: disponer una primera fibra óptica que comprende un núcleo que se extiende entre los extremos de la primera fibra óptica, y siendo una fibra monomodo; disponer una segunda fibra óptica que comprende un primer núcleo que se extiende entre el primer y segundo extremos de la segunda fibra óptica, y extendiéndose un segundo núcleo entre el primer y segundo los extremos; empalmar la segunda fibra óptica con la primera fibra óptica en el primer extremo de forma que el primer núcleo se conecte con el núcleo de la primera fibra óptica, proporcionando así una fibra óptica continua. Además, la segunda
30 fibra óptica es una fibra de dos núcleos acoplados en la que el segundo núcleo está separado del primero de tal manera que existe un acoplamiento óptico entre el primer y segundo núcleos; el segundo núcleo no está conectado con ningún núcleo de la primera fibra óptica; el primer núcleo se encuentra en un eje central de la primera fibra óptica; y cada uno del primer y segundo núcleos comprende una fibra con rejilla de Bragg que tiene la misma longitud de onda de reflexión, las dos rejillas de Bragg en fibra tienen la misma longitud y están situadas a la misma distancia del
35 primer extremo.

El método permite disponer de una fibra óptica continua rentable que incorpora dos FBG que pueden interrogarse a través de una SMF con una única fuente de luz. La reflectividad de las FBG puede utilizarse con fines de detección.

40 Es más, la fibra óptica proporcionada de esta manera no requiere dispositivos de entrada y/o salida para la interrogación y/o recuperación de información de las FBG.

45 En algunas realizaciones, el método comprende además inscribir las dos rejillas de Bragg en fibra en el primer y segundo núcleos al mismo tiempo.

Se puede inscribir una única FBG para formar la FBG en cada uno del primer y segundo núcleos, simplificando así la producción de la fibra óptica, haciéndola más rentable y menos propensa a errores de fabricación, ya que sólo hay que controlar las características y el posicionamiento de una FBG.

50 En algunas realizaciones, el método comprende además excitar la primera fibra óptica con un modo fundamental de la misma, excitando así modos en el primer y segundo núcleos para la interrogación de las respectivas rejillas de Bragg en fibra. La luz puede proceder de una fuente luminosa como un diodo superluminiscente (SLED) o un láser, incluido un láser sintonizable.

55 En algunas realizaciones, el método comprende además la medición de la reflectividad de las dos rejillas de Bragg en fibra con un fotodetector.

60 En algunas realizaciones, el método comprende, además, basándose en la reflectividad medida, determinar al menos uno de los siguientes elementos: fuerza o presión aplicada a la segunda fibra óptica; y la tensión a la que se somete al menos la segunda fibra óptica.

La reflectividad varía en función de las magnitudes físicas mencionadas. Por ende, al establecer la longitud de onda, se pueden determinar una o varias de dichas magnitudes físicas.

65 En algunas realizaciones, el método comprende además doblar la segunda fibra óptica, por ejemplo, una parte del mismo. En algunas de estas realizaciones, la segunda fibra óptica se dobla de forma que una parte de la misma se

desplaza al menos a lo largo de una dirección definida por un punto inicial y un punto final, siendo el punto inicial una intersección de un eje central del segundo núcleo con el segundo extremo, y siendo el punto final una intersección de un eje central del primer núcleo con el segundo extremo.

- 5 Dependiendo de la dirección en la que se doble la fibra óptica, la reflectividad de las FBG cambia más o menos. Por ejemplo, se mide una reducción considerable de la reflectividad cuando la fibra óptica se dobla de forma que su movimiento tiene al menos una componente según la dirección definida por los puntos inicial y final. Esto puede utilizarse ventajosamente para medir ciertas tensiones en la fibra óptica.
- 10 En algunas realizaciones, la fibra óptica continua es la fibra óptica del primer aspecto de la divulgación.

Un cuarto aspecto de la presente divulgación se refiere al uso de la fibra óptica del primer aspecto de la divulgación en un sensor para medir al menos una de fuerza, presión y tensión.

15 **Breve descripción de los dibujos**

Para completar la descripción y con el fin de proporcionar una mejor comprensión de la invención, se proporciona un conjunto de dibujos. Dichos dibujos forman parte integral de la descripción e ilustran realizaciones de la invención, los cuales no deben interpretarse como una restricción del alcance de la invención, sino solo como ejemplos de cómo puede realizarse la invención. Los dibujos comprenden las siguientes figuras:

- 20 La Figura 1 muestra diagramáticamente una fibra óptica de acuerdo con las realizaciones.
 La Figura 2 muestra una sección transversal de una fibra óptica de acuerdo con realizaciones.
 Las Figuras 3 y 4 muestran cambios en la reflectividad de las FBG en fibras ópticas de acuerdo con las realizaciones.
 25 La Figura 5 muestra el cambio en la reflectividad sobre una reflectividad inicial de las FBG frente a la flexión en fibras ópticas de acuerdo con las realizaciones.
 La Figura 6 muestra la variación de la longitud de onda de Bragg λ_B con la temperatura en fibras ópticas de acuerdo con las realizaciones; la reflectividad de FBG no se altera.
 30 Las Figuras 7A y 7B muestran, respectivamente, la tensión detectada en función del tiempo cuando una TCCF oscila entre las direcciones de las Figuras 3 y 4, y una transformada rápida de Fourier, FFT, de la tensión detectada.
 La Figura 8 muestra esquemáticamente un sensor de acuerdo con las realizaciones.

35 **Descripción de formas de realizar la invención**

La Figura 1 muestra diagramáticamente una fibra óptica 1 de acuerdo con las realizaciones.

La fibra óptica 1 es una fibra óptica continua resultante de la conexión, preferentemente mediante empalme, de una primera fibra óptica 10 y, opcionalmente, de una segunda fibra óptica 20. En este sentido, la segunda fibra óptica 20 está conectada en un primer extremo 21 de la misma con un extremo 11 de la primera fibra óptica 10.

La primera fibra óptica 10 es una SMF que comprende un único núcleo 14 dentro de un revestimiento 13. La segunda fibra óptica 20 es una TCCF, y comprende un primer núcleo 24 y un segundo núcleo 25 dentro de un revestimiento 23. En algunas realizaciones preferidas, el primer y segundo núcleos 24, 25 son idénticos, es decir, tienen los mismos rasgos y características estructurales, es decir, los núcleos 24, 25 son idénticos aparte de las tolerancias de fabricación.

Cada uno del primer y segundo núcleos 24, 25 comprende una rejilla de Bragg en fibra 26, 27 respectiva. Las dos FBG 26, 27 están dispuestas a la misma distancia del primer extremo 21, y también del segundo extremo 22, que no es necesariamente plana, ya que las dos FBG 26, 27 presentan una misma longitud en los respectivos núcleos 24, 25.

Como se puede ver, el núcleo 14 de la primera fibra óptica 10 está conectado al primer núcleo 24 de la segunda fibra óptica 20, mientras que el segundo núcleo 25 no está conectado a ningún núcleo de la primera fibra óptica 10. No obstante, la separación entre el primer y segundo núcleos 24, 25 es tal que existe un acoplamiento óptico entre los dos núcleos 24, 25.

El primer núcleo 24 está dispuesto centralmente en la segunda fibra óptica 20, es decir, un eje central del primer núcleo 24 coincide con un eje central de la segunda fibra óptica 20 (como se ve también en la Figura 2). El primer y segundo núcleos 24, 25 son preferentemente paralelos entre sí. El núcleo 14 del primer núcleo 24 es preferentemente paralelo al núcleo 14 de la primera fibra óptica 10, que preferentemente también está dispuesto centralmente en la primera fibra óptica 10.

La Figura 2 muestra una sección transversal de una fibra óptica de acuerdo con realizaciones. En referencia a la descripción de las realizaciones de la Figura 1, la sección transversal representada corresponde a la segunda fibra óptica 20, es decir, la TCCF. Un primer núcleo 24 que se va a conectar al núcleo de una SMF se encuentra

preferentemente en un centro geométrico de la sección transversal y el centro del segundo núcleo 25 está separado del centro del primer núcleo 24 por una distancia D.

5 En algunas realizaciones, el primer y segundo núcleos 24, 25 tienen un diámetro comprendido entre 6 y 10 μm , preferentemente entre 7 y 9 μm , y más preferentemente es de 8 μm . En estas realizaciones, la distancia D se sitúa entre 12 y 18 μm , preferentemente entre 13,5 y 16,5 μm , y más preferentemente es de 15 μm . Los puntos finales de los intervalos también forman parte de dichos intervalos.

10 En la Figura 3 se muestran los cambios en la reflectividad de las FBG cuando la fibra óptica que los comprende se dobla de una determinada manera. Las FBG de este ejemplo y de los siguientes tienen una longitud de onda de Bragg de 1552,5 nm, pero se observará que las FBG con otras longitudes de onda de Bragg también son posibles sin apartarse del alcance de la presente divulgación. En este sentido, en algunas realizaciones, las fibras ópticas y las rejillas de Bragg en fibra tienen una longitud de onda de funcionamiento comprendida entre 1260 nm y 1625 nm, preferentemente entre 1500 nm y 1600 nm; en algunas otras realizaciones, la longitud de onda de funcionamiento está
15 comprendida entre 780 y 970 nm, preferentemente entre 800 nm y 900 nm. Como se observará, otros dispositivos que formen parte de la fibra óptica (o de un sensor que comprenda la misma) o sean acoplables a ella, como una fuente de luz y/o un receptor de luz (como se muestra en la realización de la Figura 8) también tienen una misma longitud de onda de funcionamiento.

20 Como puede apreciarse, hay una reducción de la reflectividad de FBG cuando la fibra óptica se dobla de tal manera que hay al menos una componente vertical negativa cuando se observa con referencia a la sección transversal mostrada en la Figura 2. Teniendo en cuenta la Figura 2, cuando una porción (es decir, un segmento) de la fibra óptica que comprende las FBG se desplaza hacia -Y (es decir, hacia el eje Y negativo), la reflectividad de las FBG disminuye:
25 a 0° de flexión (es decir, cuando no hay flexión) la reflectividad (línea continua) es mayor que la reflectividad (línea discontinua) a -0,92° de flexión, y mucho mayor que la reflectividad (línea de puntos) a -1,72° de flexión.

En la Figura 4 se muestra un gráfico similar al de la Figura 3 pero cuando la flexión de la fibra óptica tiene al menos una componente vertical positiva cuando se observa con referencia a la sección transversal mostrada en la Figura 2.

30 Para el mismo ángulo de flexión que en la Figura 3 pero en sentido contrario, la reflectividad de FBG cambia poco en comparación con una fibra que no está doblada; y la reflectividad medida cambia mucho menos que la reflectividad medida para una fibra doblada, como se explica con referencia a la Figura 3.

35 Las variaciones en la reflectividad de FBG para las dos direcciones de flexión diferentes pueden apreciarse más fácilmente en la Figura 5.

La Figura 5 muestra el cambio en la reflectividad de la FBG frente a la flexión en fibras ópticas de acuerdo con las realizaciones.

40 El ángulo de flexión se representa en el eje X y la variación de la reflectividad en el eje Y. Los marcadores se han ilustrado en el gráfico para mostrar las mediciones reales, y las líneas son una tendencia aproximada del cambio en la reflectividad.

45 Como se puede observar, la variación de la reflectividad es igual o inferior a 0,1, es decir, el 10 %, para ángulos de flexión positivos de hasta 1,7°, mientras que el cambio en la reflectividad es de hasta 0,6, es decir, el 60 %, para ángulos de flexión negativos de hasta (negativo) 1,7°.

50 La Figura 6 muestra la variación de la longitud de onda de Bragg con la temperatura en fibras ópticas de acuerdo con las realizaciones.

La longitud de onda de Bragg por las FBG tiene valores diferentes a distintas temperaturas, lo que permite utilizar la fibra óptica para detectar la temperatura. Para una temperatura de 30 °C, la longitud de onda de Bragg (línea continua) está a 1552,6 nm; para una temperatura de -5 °C, la longitud de onda de Bragg (línea discontinua) está a 1552,4 nm; y para una temperatura de 60 °C, la longitud de onda de Bragg (línea de puntos) se sitúa en 1552,9 nm.

55 Las Figuras 7A y 7B muestran, respectivamente, la tensión detectada en función del tiempo cuando un segmento de una TCCF oscila entre las direcciones de las Figuras 3 y 4, y una transformada rápida de Fourier, FFT, de la tensión detectada.

60 La tensión detectada resulta de medir la reflectividad por las FBG cuando un segmento de una TCCF (por ejemplo, la segunda fibra óptica 20 de las Figuras 1 y 2) oscila a lo largo de la dirección Y representada en la Figura 2. Esto significa que un extremo libre de dicha fibra va y viene entre ángulos de flexión positivos y negativos. Este comportamiento vibratorio de la fibra puede determinarse a partir de la tensión detectada, o de la FFT aplicada a la misma, que muestra un pico dentro del espectro. En este ejemplo, el pico está aproximadamente a 1 kHz. En
65 consecuencia, la TCCF con rejillas de Bragg inscritas en sus núcleos y la fibra óptica que comprende la TCCF pueden utilizarse para medir vibraciones.

La Figura 8 muestra esquemáticamente un sensor 2 de acuerdo con las realizaciones.

5 El sensor 2 incluye una fuente de luz 30, como un SLED o un láser. El sensor 2 comprende un receptor de luz 40, como un fotodiodo. El sensor 2 comprende un circulador o acoplador de fibra óptica 50 conectado tanto con la fuente de luz 30 como con el receptor de luz 40, y también conectado con la fibra monomodo 10 acoplada con la TCCF 20.

10 En este texto, los términos primero, segundo, tercero, etc. se han utilizado en el presente documento para describir varios dispositivos, elementos o parámetros, se entenderá que los dispositivos, los elementos o parámetros no deben estar limitados por estos términos, ya que éstos sólo se utilizan para distinguir un dispositivo, elemento o parámetro de otro. Por ejemplo, la primera fibra óptica también podría denominarse segunda fibra óptica, y la segunda fibra óptica podría denominarse primera fibra óptica sin apartarse del alcance de la presente divulgación.

15 En este texto, el término "comprende" y sus derivados (tales como "comprendiendo", etc.) no deberían entenderse en un sentido excluyente, es decir, no debe interpretarse que estos términos excluyen la posibilidad de que lo que se describe y se define pueda incluir más elementos, etapas, etc.

20 Por otro lado, la invención obviamente no se limita a la o las realizaciones específicas descritas en el presente documento, sino que también abarca cualquier variación que pueda ser contemplada por los expertos en la materia (por ejemplo, en cuanto a la elección de los materiales, dimensiones, componentes, configuración, etc.), dentro del alcance general de la invención como se define en las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Una fibra óptica (1) que comprende: una primera fibra óptica (10) y una segunda fibra óptica (20); comprendiendo la primera fibra óptica (10) un núcleo (14) que se extiende entre los extremos de la primera fibra óptica (10), y siendo una fibra monomodo; comprendiendo la segunda fibra óptica (20) un primer y un segundo núcleos (24, 25) que se extienden cada uno entre un primer y un segundo extremos (21, 22) de la segunda fibra óptica (20); estando la segunda fibra óptica (20) conectada a la primera fibra óptica (10) en el primer extremo (21) de forma que el primer núcleo (24) está conectado con el núcleo (14) de la primera fibra óptica (10); el primer núcleo (24) se encuentra en un eje central de la segunda fibra óptica (20); no estando el segundo núcleo (25) conectado con ningún núcleo (14) de la primera fibra óptica (10); y comprendiendo cada uno del primer y segundo núcleos (24, 25) una rejilla de Bragg en fibra (26, 27) con la misma longitud de onda de reflexión, y extendiéndose las dos rejillas de Bragg en fibra (26, 27) en una misma longitud y situándose a la misma distancia del primer extremo (21); **caracterizada por que:** la segunda fibra óptica (20) es una fibra de dos núcleos acoplados en la que el segundo núcleo (25) está separado del primer núcleo (24) de tal manera que hay acoplamiento óptico entre el primer y segundo núcleos (24, 25).
2. La fibra óptica (1) de la reivindicación 1, que comprende además un fotodetector configurado para medir la reflectividad de las dos rejillas de Bragg en fibra (26, 27).
3. La fibra óptica (1) de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la segunda fibra óptica (20) no está acoplada con ninguna fibra óptica en el segundo extremo (22).
4. La fibra óptica (1) de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el primer y segundo núcleos (24, 25) son paralelos entre sí, y una distancia de un eje central del segundo núcleo (25) a un eje central del primer núcleo (24) es igual o inferior a 15 μm y es igual o superior a 10 μm .
5. La fibra óptica (1) de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el primer y segundo núcleos (24, 25) son idénticos.
6. La fibra óptica (1) de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el núcleo (14) de la primera fibra óptica (10) se encuentra en un eje central de la primera fibra óptica.
7. La fibra óptica (1) de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la fibra óptica (1) no comprende ninguno de los siguientes elementos: un espectrómetro óptico y un analizador de espectro óptico.
8. Un sensor (2) para medir al menos una de fuerza, presión, tensión y temperatura, comprendiendo el sensor la fibra óptica (1) de una cualquiera de las reivindicaciones 1-7.
9. Un método que comprende: disponer una primera fibra óptica (10) que comprende un núcleo (14) que se extiende entre los extremos de la primera fibra óptica (10), y que es una fibra monomodo; disponer la segunda fibra óptica (20) que comprende un primer y un segundo núcleos (24, 25) que se extienden cada uno entre un primer y un segundo extremos (21, 22) de la segunda fibra óptica (20); empalmar la segunda fibra óptica (20) con la primera fibra óptica (10) en el primer extremo, de forma que el primer núcleo (24) se conecte con el núcleo (14) de la primera fibra óptica (10), proporcionando así una fibra óptica continua (1); el primer núcleo (24) se encuentra en un eje central de la primera fibra óptica (10); no estando el segundo núcleo (25) conectado con ningún núcleo (14) de la primera fibra óptica (10); y comprendiendo cada uno del primer y segundo núcleos (24, 25) una rejilla de Bragg en fibra (26, 27) con la misma longitud de onda de reflexión, y extendiéndose las dos rejillas de Bragg en fibra (26, 27) en una misma longitud y situándose a la misma distancia del primer extremo (21); **caracterizado por que:** la segunda fibra óptica (20) es una fibra de dos núcleos acoplados en la que el segundo núcleo (25) está separado del primer núcleo (24) de tal manera que hay acoplamiento óptico entre el primer y segundo núcleos (24, 25).
10. El método de la reivindicación 9, que comprende, además, excitar la primera fibra óptica (10) con un modo fundamental de la misma, excitando así modos en el primer y segundo núcleos (24, 25) para la interrogación de las respectivas rejillas de Bragg en fibra (26, 27).
11. El método de la reivindicación 10, que comprende, además, la medición de la reflectividad de las dos rejillas de Bragg en fibra (26, 27) con un fotodetector.
12. El método de la reivindicación 11, que comprende, además, basándose en la reflectividad de las rejillas de Bragg, determinar al menos uno de los siguientes elementos: fuerza o presión aplicada a la segunda fibra óptica (20); y deformación a la que está sometida al menos la segunda fibra óptica (20).
13. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 9-12, que comprende, además: inscribir las dos rejillas de Bragg en fibra (26, 27) en el primer y segundo núcleos (24, 25) al mismo tiempo.
14. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 9-13, que comprende, además, doblar la segunda fibra óptica (20).

15. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 9-14, en donde la fibra óptica continua (1) es la fibra óptica (1) de cualquiera de las reivindicaciones 1-7.

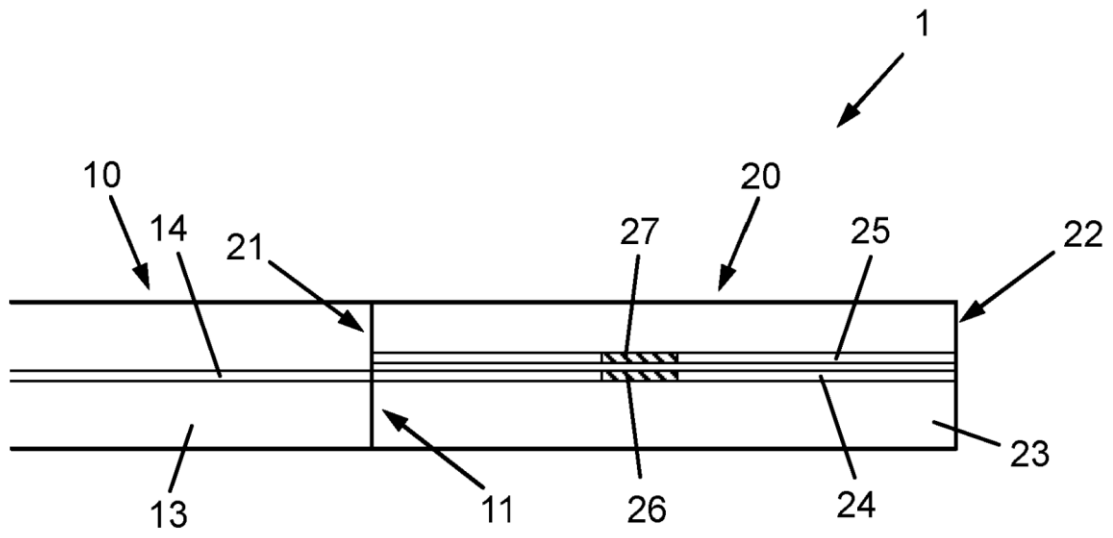


FIG. 1

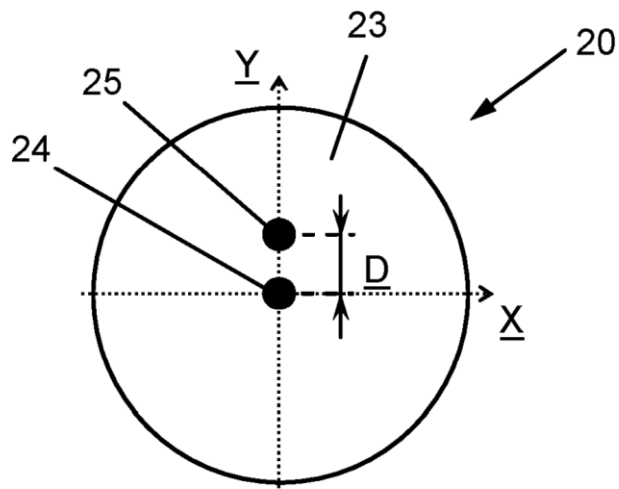


FIG. 2

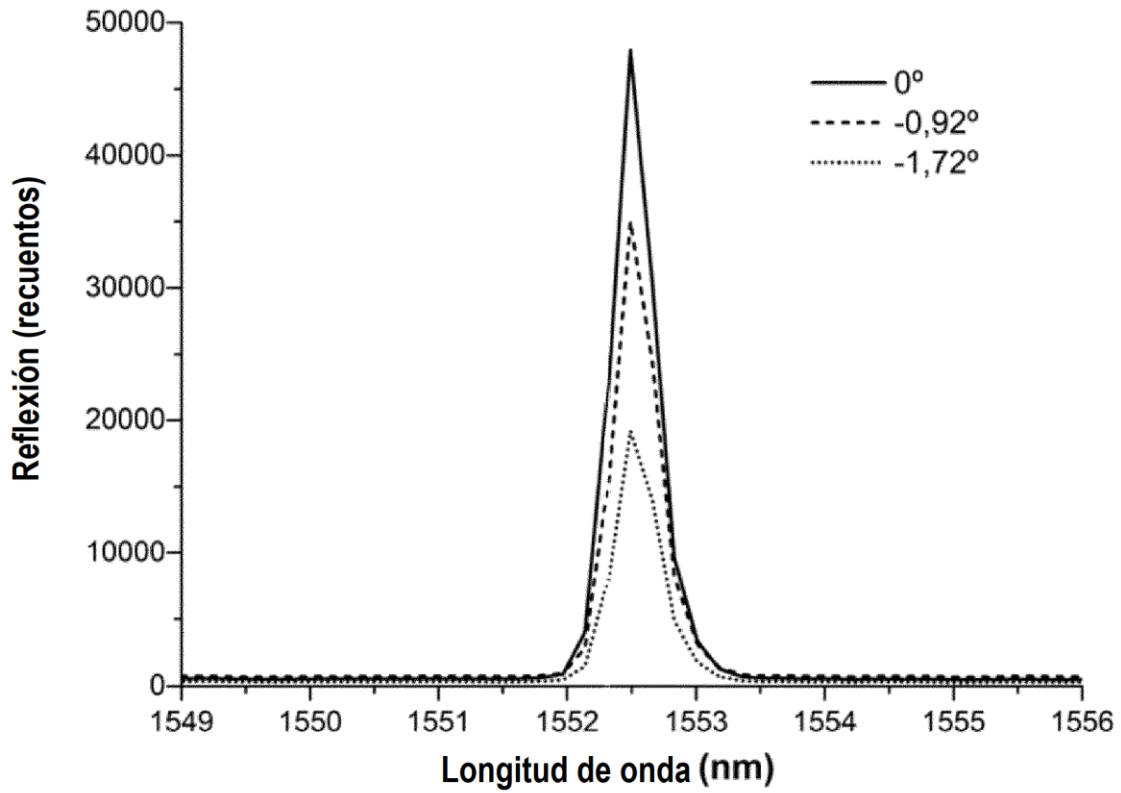


FIG. 3

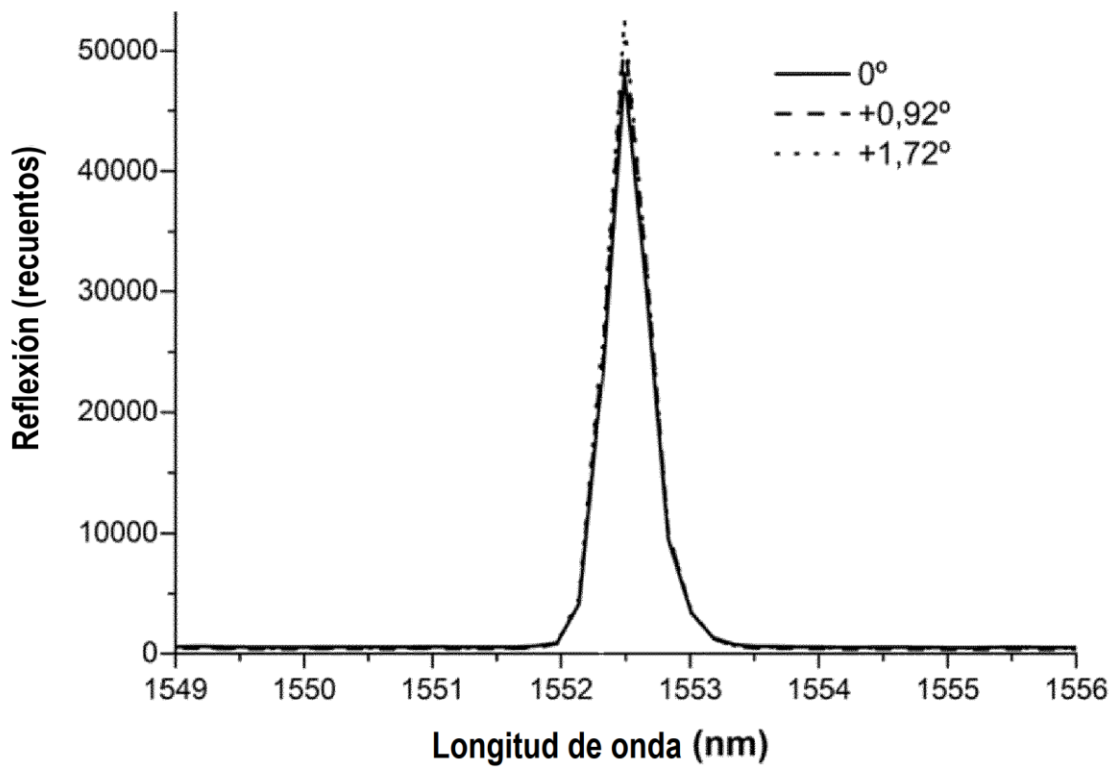


FIG. 4

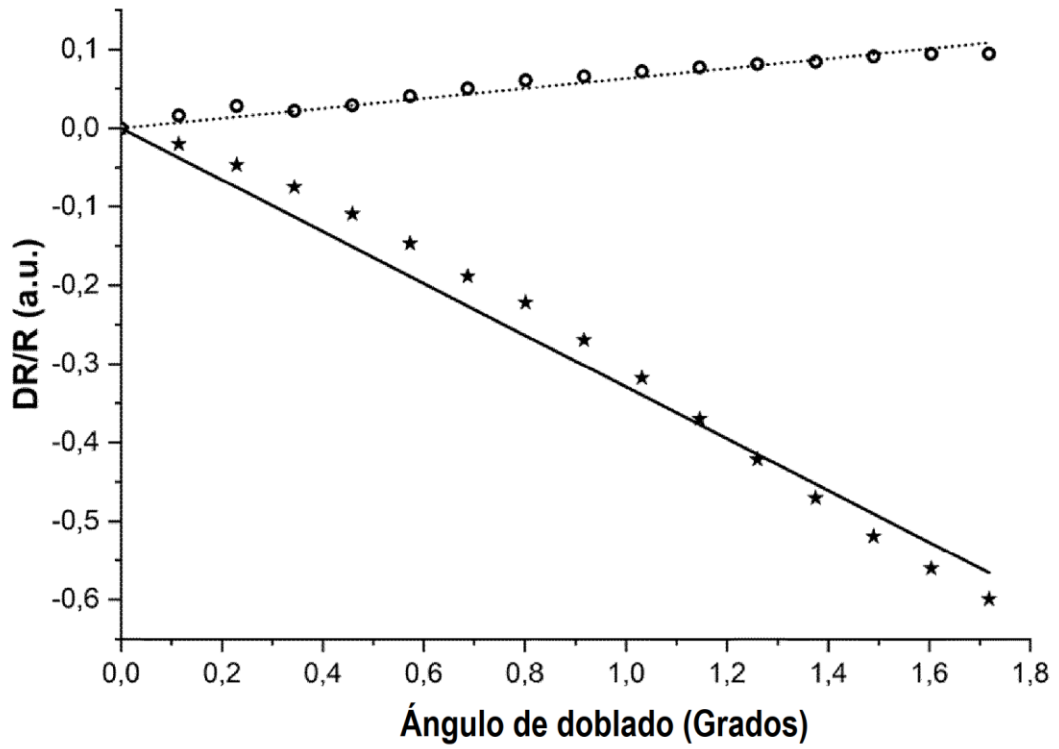


FIG. 5

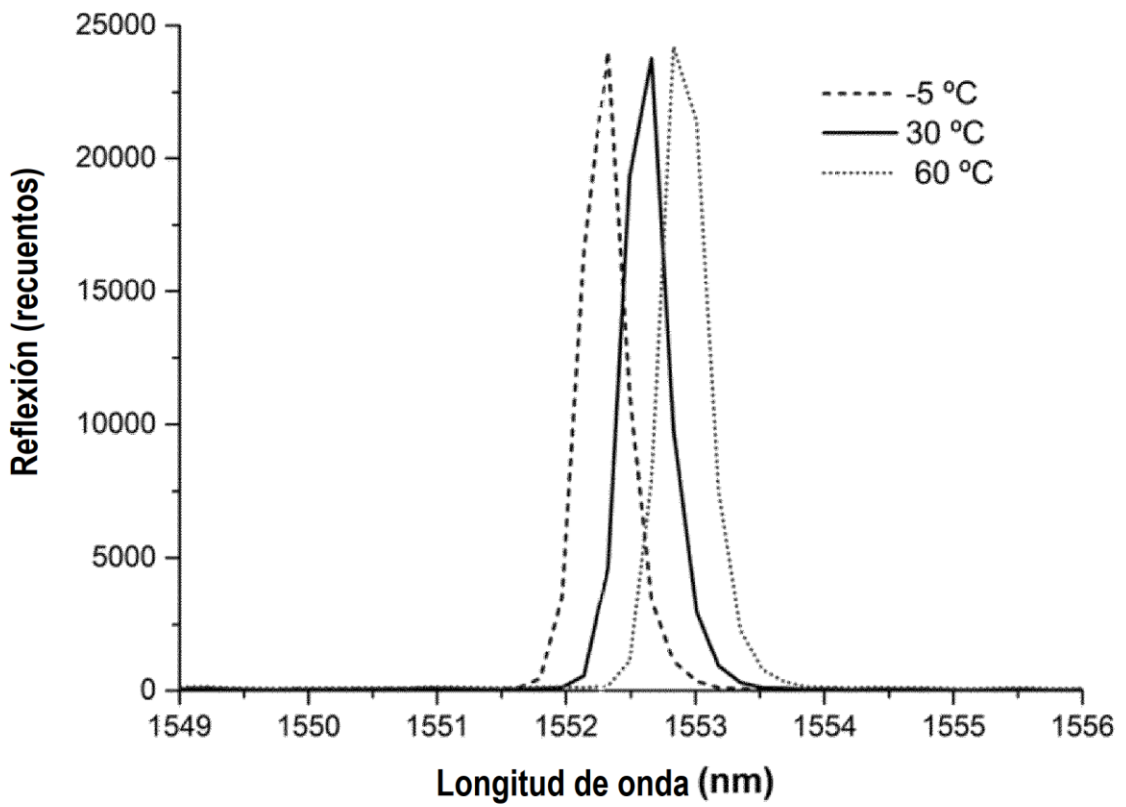


FIG. 6

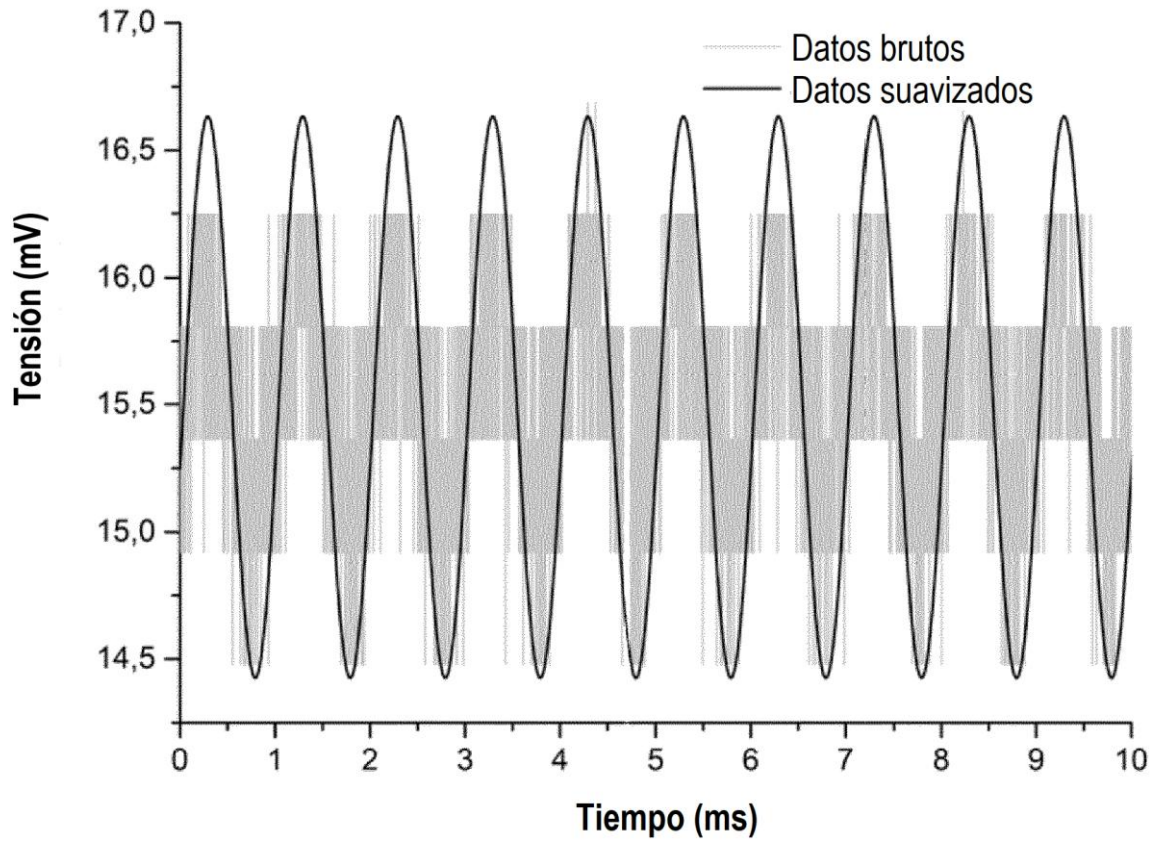


FIG. 7A

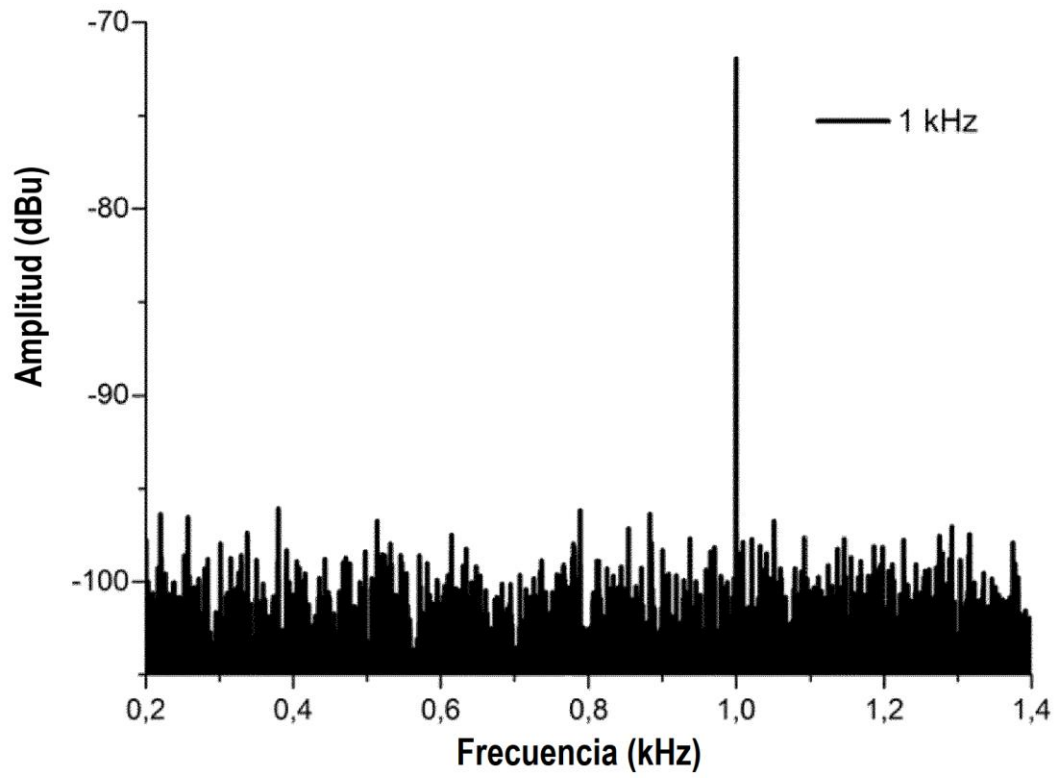


FIG. 7B

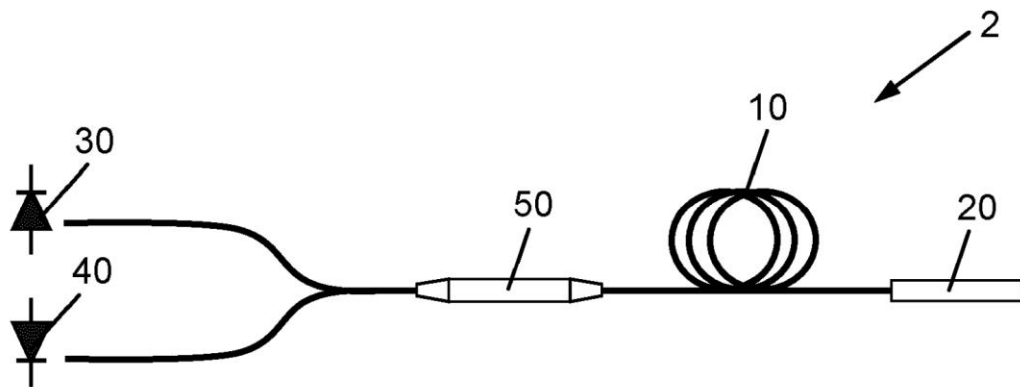


FIG. 8