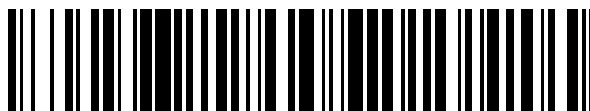


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 746 879**

51 Int. Cl.:

G01J 5/08 (2006.01)

G01J 5/58 (2006.01)

G01K 11/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.03.2011 PCT/EP2011/053816**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.09.2011 WO11113797**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.03.2011 E 11708827 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2019 EP 2547993**

54 Título: **Sensor de infrarrojos de fibra óptica**

30 Prioridad:

15.03.2010 GB 201004215

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

09.03.2020

73 Titular/es:

**B-SENS (100.0%)
Boulevard Dolez 31
7000 Mons, BE**

72 Inventor/es:

**DEBLIQUY, MARC;
CAUCHETEUR, CHRISTOPHE;
MEGRET, PATRICE;
OLIVIER, MARIE-GEORGES y
RENOIRT, JEAN-MICHEL**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 746 879 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

Sensor de infrarrojos de fibra óptica

5 La presente invención se refiere a sensores de radiación infrarroja; en particular, se refiere a un sensor de fibra óptica para la medición de radiación infrarroja.

10 Convencionalmente, la medición de radiación infrarroja se ha llevado a cabo en posiciones o puntos discretos utilizando sensores de punto de radiación infrarroja, por ejemplo, bolómetros, fotodiodos, fototransistores o fotorresistencias. En aplicaciones en las que se debe monitorear una zona en lugar de un solo punto, por ejemplo, para la detección de incendios o puntos calientes, a menudo es necesario instalar una gran cantidad de sensores para cubrir la zona. Entonces se construye una red de sensores individuales a partir de la cual se deben recolectar señales individuales; además, cada sensor tiene que estar conectado a la fuente de alimentación. Instalar una cantidad tan grande de sensores puede ser inconveniente y costoso.

15 Las mediciones de temperatura se pueden usar con sensores de punto para proporcionar una indicación de la radiación infrarroja incidente, por ejemplo, el aumento de temperatura de un material absorbente de radiación infrarroja que se mide cuando se expone a radiación infrarroja y se compara con una referencia no expuesta sin el material absorbente. Se pueden usar elementos de medición de temperatura tales como termopares, termistores y materiales piroeléctricos.

20 En el campo de las mediciones ópticas, las fibras ópticas pueden modificarse para incluir elementos de medición de temperatura: las rejillas de fibra Bragg (FBG) y las rejillas de período largo (LPG), por ejemplo, pueden permitir mediciones casi distribuidas. Las rejillas de fibra son una modulación inducida del índice de refracción del núcleo de fibra en una porción a lo largo de su longitud. Las rejillas de fibra pueden definirse y caracterizarse por los siguientes parámetros: Λ período de modulación del índice, δn amplitud de modulación y longitud total. Estas rejillas de período actúan como espejos selectivos que reflejan la luz que viaja a través de la fibra en una longitud de onda dada (pico muy agudo) llamada longitud de onda de resonancia (también llamada longitud de onda de Bragg en el caso de FBG). Para FBG, el período de modulación del índice nominal Λ es normalmente de aproximadamente 500 nm y la longitud de onda de Bragg nominal es de alrededor de 1500 nm. Para LPG, el período de modulación del índice nominal Λ es normalmente de aproximadamente 500 μm y el espectro transmitido muestra varias longitudes de onda de resonancia nominales en el rango de 1000 a 2000 nm. Las longitudes de onda de resonancia o Bragg reales dependen de la temperatura. Para un rango amplio (de -50 a + 300 °C), la longitud de onda de resonancia o Bragg real cambia linealmente desde su valor nominal como función de la temperatura. Para FBG, el desplazamiento de longitud de onda es de aproximadamente 10 pm/°C y para GLP, el desplazamiento de longitud de onda es de aproximadamente 100 pm/°C (la sensibilidad a la temperatura es más alta pero los picos son menos agudos) (pm = picómetro). Las rejillas se usan comúnmente para medir la temperatura de una manera casi distribuida mediante la disposición de una pluralidad de puntos de medición a lo largo de la misma fibra. Se conocen dispositivos de la técnica anterior a partir de CRUNELLE C ET AL: "Fast demodulation technique for a quasi-distributed temperature sensor", PROCEEDINGS OF THE SPIE - THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR OPTICAL ENGINEERING USA, vol. 6616, 2007, página 661616 (8 pp.) y CRUNELLE C ET AL: "Original interrogation system for quasi-distributed FBG-based temperature sensor with fast demodulation technique", SENSORS AND ACTUATORS A, ELSEVIER SEQUOIA S.A., LAUSANNE, CH, vol. 150, n.º 2, 25 de marzo de 2009, páginas 192-198.

45 Según uno de sus aspectos, la presente invención proporciona un sensor de radiación infrarroja como se define en la reivindicación 1 y una fibra óptica como se define en la reivindicación 13. Las reivindicaciones dependientes definen aspectos preferidos de la invención.

50 Sensores de radiación infrarroja de acuerdo con la invención proporcionan propiedades ventajosas que incluyen una o cualquier combinación de:

- puede obtenerse una detección casi distribuida (en oposición a una medición de un solo punto);
- a diferencia de una red de sensores múltiples, el coste de instalación y mantenimiento puede reducirse y mejorar la fiabilidad del sistema;
- una sola fibra óptica puede usarse de manera fácil y rentable para grandes zonas de medición, por ejemplo, para la detección de calor en túneles, salas de almacenamiento, huecos en suelos, techos, conductos de cables o alcantarillas;
- el tiempo de respuesta puede ser extremadamente rápido (solo unos segundos);
- el sensor puede ser ventajoso para la detección temprana de incendios, ya que detecta la radiación infrarroja emitida por el fuego en lugar del aumento de la temperatura ambiente;
- el sensor de fibra óptica proporciona inmunidad a las interferencias electromagnéticas, posibilidades de interrogación en numerosos puntos a lo largo de la misma fibra, bajo peso y pequeño volumen, flexibilidad, estabilidad, tolerancia a altas temperaturas, durabilidad y seguridad.

65

La disposición que comprende el uso de rejillas espaciadas para las zonas de detección IR y las rejillas de referencia colocadas adyacentes a la rejilla de la zona de detección IR para formar zonas de detección espaciadas que comprenden una rejilla de la zona de detección IR y una rejilla de referencia adyacente permite la compensación de variaciones en la temperatura ambiente. Las rejillas de la zona de detección de IR están asociadas con el
 5 absorbedor de IR o el material de absorción de IR y funcionan como sensor de IR, mientras que las rejillas de referencia preferiblemente no están asociadas, cubiertas o recubiertas por un material de absorción de IR, y pueden usarse para medir la temperatura externa y/o compensar para fluctuaciones de temperatura externa.

Las rejillas de referencia pueden estar asociadas, cubiertas o recubiertas con un reflector IR; esto puede usarse para
 10 acentuar la diferencia entre la magnitud y/o la velocidad de los cambios o cambios entre la concesión de referencia y la rejilla del detector IR de una zona de detección.

Las rejillas pueden comprender rejillas de fibra Bragg espaciadas (FBG) o rejillas de período largo (LPG) dispuestas a lo largo de la fibra óptica. Cada rejilla de zona de detector de IR espaciada está asociada, más preferiblemente
 15 cubierta por, un material absorbente de infrarrojos. Tal material absorbente de IR aumenta su temperatura cuando se somete a radiación IR; absorbe ventajosamente longitudes de onda en el rango de 0,7 a 25 μm y preferiblemente muestra un coeficiente de absorción de al menos 10^4 cm^{-1} . El material absorbente de infrarrojos puede seleccionarse del grupo que consiste en CuO , MnO_2 , C , Fe_3O_4 , Co_3O_4 y tintes negros orgánicos; puede usarse solo o incorporarse a una matriz. Ventajosamente, el material absorbente de infrarrojos está presente como una capa de recubrimiento o
 20 incluido en una capa de recubrimiento, recubierto en la superficie externa de la fibra óptica; puede ser una capa de recubrimiento expuesta. En algunas realizaciones de la invención, el material absorbente de infrarrojos está presente sustancialmente en toda la superficie externa de la fibra óptica; puede, en este caso, estar ausente de las zonas de referencia. En presencia de radiación infrarroja, la temperatura del material absorbente de infrarrojos aumenta; este aumento de temperatura, que es representativo de la radiación infrarroja incidente, afecta a las rejillas de la zona de
 25 detección de IR, que cambian ligeramente: se observa un desplazamiento en la longitud de onda de resonancia de la rejilla. Tal desplazamiento puede ser detectado por el equipo de procesamiento de señal, cuando se inyecta luz a través de la fibra que comprende las rejillas, para proporcionar información sobre la magnitud de la radiación IR incidente y/o la posición a lo largo de la fibra en la que se ha detectado un cambio en la intensidad IR. Esta disposición de sensor puede usarse en transmisión o en reflexión con un circulador óptico.

Puede haber o no un contacto directo entre la rejilla de la zona de detección y el material absorbente de IR, siempre
 30 que el calor generado por el material absorbente de IR todavía alcance la rejilla de la zona de detección de IR. El material absorbente de IR puede depositarse mediante técnicas que incluyen deposición térmica al vacío, pulverización, recubrimiento por inmersión, procesamiento de sol-gel y deposición química de vapor (que puede mejorarse con plasma).
 35

Puede ser ventajoso organizar la rejilla de la zona de detección de IR y las rejillas de referencia con un período ligeramente diferente, para facilitar la diferenciación entre sus picos de resonancia. La diferencia en la longitud de
 40 onda se puede elegir de tal manera que el pico correspondiente a la rejilla de referencia y el pico correspondiente a la rejilla asociada con el material absorbente de IR nunca coincidan, por ejemplo, dando a la rejilla de referencia una longitud de onda de Bragg más corta y separando las longitudes de onda de resonancia de al menos 0,1 nm. El aumento de la temperatura del material absorbente puede ser revelado por un desplazamiento en la longitud de onda de resonancia de Bragg o asociada con el mismo. El aumento de la temperatura de la rejilla de la zona de
 45 detección en comparación con la temperatura de referencia está directamente relacionado con la intensidad de la radiación IR. Existe una relación monótonicamente creciente entre el aumento de la temperatura y el flujo incidente de la radiación IR.

En realizaciones alternativas, la rejilla de la zona de detección de IR y la rejilla de referencia pueden disponerse para
 50 tener el mismo período. En este caso, los picos de resonancia de las rejillas se superpondrán uno sobre otro de manera que estén enredados. Un cambio en la frecuencia de resonancia de la rejilla de la zona de detección IR en relación con la frecuencia de resonancia de la rejilla de referencia provocará una desconvolución o separación de los picos de resonancia. Esta separación de los picos de resonancia de una configuración inicial parcialmente de superposición total dará como resultado un aumento en la potencia total reflejada (o una disminución en la potencia total transmitida). Un sistema de procesamiento de señal que detecta el cambio en la potencia reflejada o transmitida
 55 en este caso puede implementarse de una manera más simple y rentable que otros enfoques de procesamiento de señal más complejos.

En una realización de la invención, puede estar presente una funda alrededor de la fibra en la zona de detección de
 60 IR en las posiciones donde están presentes las rejillas asociadas con el material absorbente de IR. Esto puede aumentar la sensibilidad del dispositivo. La funda está hecha ventajosamente de un material capaz de proporcionar un confinamiento del calor alrededor de la rejilla de la zona de detección IR, permitiendo que un máximo de radiación IR converja hacia la fibra y, en particular, hacia el material absorbente. Los flujos de calor y los equilibrios de energía pueden llevar el material absorbente de IR a temperaturas más altas; esto puede aumentar la sensibilidad del dispositivo. La sensibilidad (desplazamiento por unidad de flujo) de dicho sensor IR puede ser de al
 65 menos de 0,01 $\text{pm}/(\text{W}/\text{m}^2)$, preferiblemente al menos 0,2 $\text{pm}/(\text{W}/\text{m}^2)$. La funda puede ser ventajosamente un cilindro de vidrio (por ejemplo, un tubo capilar), dispuesto alrededor de la fibra.

En otra realización de la invención, el sensor puede comprender un espejo adaptado para concentrar la radiación IR hacia la fibra en la zona de detección de IR. Preferiblemente, la fibra se coloca en o dentro de la región del punto focal del espejo; el espejo puede ser cilíndrico o parabólico. Tal disposición puede concentrar la radiación IR incidente en la fibra y/o en el absorbedor IR y, por lo tanto, aumentar la sensibilidad del dispositivo. Además, esta realización también puede comprender fundas como se describieron anteriormente; esta combinación puede aumentar aún más la sensibilidad del dispositivo. La sensibilidad (desplazamiento por unidad de flujo) de dicho sensor IR que tiene dicha combinación de funda y espejo, puede ser de al menos $0,06 \text{ pm}/(\text{W}/\text{m}^2)$, preferiblemente al menos $0,08 \text{ pm}/(\text{W}/\text{m}^2)$.

Se pueden asociar técnicas conocidas con el sensor de radiación infrarroja de acuerdo con la invención, por ejemplo, OTDR o rejillas en cascada, para determinar la posición de la fuente de radiación IR a lo largo de la fibra.

Ventajosamente, los sensores según la presente invención tienen un límite de detección de al menos $100 \text{ W}/\text{m}^2$.

El término radiación infrarroja como se usa en el presente documento indica radiación que tiene longitudes de onda en el intervalo de $0,7 \mu\text{m}$ a $25 \mu\text{m}$.

La distancia a lo largo de la fibra óptica entre las zonas de detección espaciadas puede ser $\geq 1 \text{ m}$, $\geq 2 \text{ m}$, $\geq 5 \text{ m}$, $\geq 10 \text{ m}$, $\geq 50 \text{ m}$, $\geq 100 \text{ m}$, $\geq 200 \text{ m}$, $\geq 500 \text{ m}$ o $\geq 1000 \text{ m}$; Puede ser $\leq 2000 \text{ m}$, $\leq 1000 \text{ m}$, $\leq 500 \text{ m}$, $\leq 100 \text{ m}$ o $\leq 50 \text{ m}$. La distancia entre zonas de detección espaciadas debe ser adecuada para la aplicación; por ejemplo, si se usa para monitorear la radiación infrarroja en un túnel de 5 km de largo, puede ser apropiada una distancia de aproximadamente 50 m entre las zonas de detección.

La distancia a lo largo de la fibra óptica entre la rejilla de la zona de detección IR y la rejilla de referencia de una o de cada zona de detección puede ser $\geq 1 \text{ cm}$, $\geq 2 \text{ cm}$, $\geq 5 \text{ cm}$, $\geq 10 \text{ cm}$ o $\geq 50 \text{ cm}$, puede ser $\leq 2 \text{ m}$, $\leq 1 \text{ m}$, $\leq 50 \text{ cm}$ o $\leq 20 \text{ cm}$. Preferiblemente, la distancia a lo largo de la fibra óptica entre la rejilla de la zona de detección IR y la rejilla de referencia de una o de cada zona de detección es i) mayor de 2 cm , normalmente mayor de 3 cm (esto ayuda a proporcionar suficiente separación física entre las rejillas para evitar interacciones indeseables entre las rejillas) y/o ii) menos de $1,2 \text{ m}$, normalmente menos de 1 m (esto ayuda a garantizar que las rejillas estén sujetas a las mismas condiciones ambientales (es decir, condiciones ambientales idénticas o al menos muy similares).

Ahora se describirán realizaciones de la invención, solo a modo de ejemplo, con referencia a las figuras de las cuales:

La figura 1 es un dibujo esquemático (no a escala) que muestra un sensor de radiación infrarroja de acuerdo con la invención;

La figura 2 muestra dos gráficos que muestran un desplazamiento de la longitud de onda de Bragg de una FBG en función de la radiación IR incidente;

La figura 3 es un gráfico que muestra la respuesta de diferentes sensores infrarrojos;

La figura 4 es un dibujo esquemático que muestra una porción de un sensor de radiación infrarroja que comprende una funda;

La figura 5a es una vista lateral esquemática que muestra una parte de un sensor de radiación infrarroja que comprende un espejo parabólico;

La figura 5b es una sección transversal esquemática correspondiente a la figura 5a; y

La figura 6 es un gráfico que muestra la respuesta del sensor infrarrojo del ejemplo 3.

La figura 1 muestra un sensor IR según la invención, que comprende una única fibra óptica (1) que tiene dos zonas de detección separadas (11, 12) dispuestas a lo largo de su longitud. Cada zona de detección tiene una zona de detección IR (2) y una zona de referencia adyacente (3). La zona de detección de IR (2) comprende una rejilla de zona de detección de IR (2', 2''), preferiblemente una rejilla de Bragg, que proporciona una zona de detección sensible a la temperatura asociada con un material absorbente de infrarrojos (21) presente en la superficie externa de la fibra óptica. La zona de referencia (3) comprende una rejilla de referencia (3', 3''), preferiblemente una rejilla de Bragg, sin recubrir. La disposición también comprende una fuente S (4) y un analizador espectral óptico (5). Las rejillas forman pares de rejillas en cascada, cada par comprende una rejilla de referencia y una rejilla de zona de detección de IR.

La figura 2 muestra dos gráficos: el gráfico superior muestra un espectro de reflectancia de una sola zona de detección (11) en estado estacionario cuando no está expuesto a la radiación IR y el gráfico inferior muestra un espectro de reflectancia similar cuando la zona de detección (11) está expuesta a la radiación IR. Para mayor claridad y simplificación, la figura 2 solo muestra el espectro de reflectancia de una de las zonas de detección (11, 12) del dispositivo de la figura 1. El eje P es la potencia reflejada (con una unidad arbitraria); λ es la longitud de onda. Hacia la parte izquierda del gráfico se muestra el pico de Bragg nominal (B1) de la rejilla de referencia (3'), es decir, el pico de Bragg normal a temperatura atmosférica; hacia la parte derecha del gráfico se muestra el pico de Bragg nominal (B2) de la rejilla de la zona de detección de IR asociada con el material absorbente de IR. El aumento de la temperatura en la rejilla de la zona de detección IR (2') asociada con el material absorbente (21) cuando la

zona de detección (11) está sometida a radiación IR se revela por el desplazamiento en la longitud de onda de Bragg $\Delta\lambda$.

Por lo tanto, se puede ver que el sensor comprende una fibra óptica (1) que tiene: una zona de detección sensible a la temperatura (2') y un material absorbente de infrarrojos asociado (21) asociado con una superficie externa de la fibra óptica en al menos una posición a lo largo de la longitud de la fibra; y una rejilla de referencia (3') colocada adyacente a la zona de detección sensible a la temperatura (2'). El material absorbente de infrarrojos (21) experimenta un aumento de temperatura cuando se somete a una radiación infrarroja y dicho aumento de temperatura está adaptado para ser detectado por la zona de detección sensible a la temperatura (2').

La zona de referencia (3) y la zona de detección de IR (2) son adyacentes entre sí a lo largo de la longitud de la fibra (1), de modo que están sujetas a las mismas condiciones de temperatura ambiente. Por lo tanto, un cambio gradual en la temperatura ambiente provocará un desplazamiento similar en la longitud de onda de Bragg tanto de la rejilla de referencia (3') como de la rejilla de la zona de detección de IR (2'). Por lo tanto, la monitorización de la diferencia entre la longitud de onda de Bragg de la rejilla de referencia (3') y la longitud de onda de Bragg de la zona de detección de IR (2') proporciona una indicación de la radiación infrarroja incidente que incluye una compensación por el cambio de temperatura ambiente. Esto permite una indicación más precisa de la radiación infrarroja incidente que de lo contrario sería el caso. En el caso, por ejemplo, del uso del sensor como detector de incendios, esto permite un desplazamiento más pequeño en la longitud de onda de Bragg de la rejilla de la zona de detección IR (o una velocidad de cambio más pequeña) como límite de advertencia o detección y, por lo tanto, puede proporcionar advertencias anteriores y/o menos falsas alarmas.

Ejemplo 1

En este ejemplo, un sensor IR se fabrica con una fibra monomodo estándar de la compañía Dow Corning. La fuente es una fuente láser ASE de gran alcance (1200-1800 nm). Las rejillas de fibra de Bragg con un período FBG $\Lambda = 500$ nm, una longitud = 10 mm y una longitud de onda Bragg de 1553 nm están inscritas en la fibra en una pluralidad de posiciones a lo largo de la longitud de la fibra (distante unos pocos centímetros).

Una capa absorbente de CuO se recubre alrededor de la fibra a intervalos regulares, correspondientes a las posiciones de algunos de los FBG (los FBG de detección). Otros FBG se dejan sin recubrir para servir como referencia (las FBG de referencia).

La fuente infrarroja es un horno de laboratorio a 700 °C. La intensidad de la radiación varía variando la distancia entre el horno y la fibra. La intensidad de la radiación se mide con un sensor de flujo térmico total (CAPTEC). La intensidad está integrada en todo el espectro infrarrojo (de 0,7 a 25 μm).

El espectro reflejado se analiza mediante un OSA (analizador de espectros ópticos). La resolución mínima es 10 pm.

Cuando el sensor se expone a la radiación IR, se modifica la distancia entre el pico de Bragg de los FBG de detección sometidos a esta radiación y el pico de Bragg de una rejilla de referencia. Las mediciones de intensidad de radiación IR se obtienen a través de la monitorización de este cambio diferencial entre ambas longitudes de onda de Bragg.

La figura 3 muestra, en una línea discontinua, la respuesta de una zona de detección (11) del dispositivo del ejemplo 1. Muestra la relación entre el desplazamiento de longitud de onda y la intensidad total de la radiación IR incidente.

El tiempo de respuesta es muy corto (menos de 1 segundo). La sensibilidad (desplazamiento por unidad de flujo) es de aproximadamente 0,008 pm/(W/m²).

Ejemplo 2

En este ejemplo, un sensor de IR se fabrica de acuerdo con el ejemplo 1 y además comprende, alrededor de la fibra, en las zonas de detección de IR en las posiciones a lo largo de la fibra en las que las FBG están recubiertas con el material absorbente de IR, retenedores de calor en forma de cilindros de vidrio de aproximadamente 1 mm de diámetro exterior. Una de estas porciones de fibra se muestra en la figura 4. Alrededor de una FBG recubierta con CuO (2), una funda (6), que en el presente ejemplo es un cilindro de vidrio, se mantiene en posición con tapones de retención (7). El cilindro de vidrio proporciona confinamiento térmico, lo que aumenta la sensibilidad del dispositivo. Dicha sensibilidad es de aproximadamente 0,03 pm/(Wm²).

La figura 3 muestra la respuesta del dispositivo del ejemplo 2 (línea continua), en comparación con un dispositivo idéntico sin un cilindro de vidrio (línea discontinua - correspondiente al ejemplo 1). Muestra la relación entre el desplazamiento de longitud de onda y la intensidad total de la radiación IR incidente.

Ejemplo 3

- 5 En este ejemplo, un sensor IR se fabrica de acuerdo con el ejemplo 2 y además comprende, alrededor de la fibra y a lo largo de toda su longitud, un tubo hecho de un material que refleja la radiación IR, por ejemplo, Al. En las zonas de referencia en las posiciones donde las FBG están destinadas a medir una temperatura de referencia, la fibra está completamente rodeada por el tubo de Al; el tubo refleja la radiación IR y las FBG de referencia están protegidas de la radiación infrarroja. En las zonas de detección de IR en las posiciones donde las FBG de la zona de detección de IR están recubiertas con CuO, se crea una "ventana" en el tubo de Al, de modo que la radiación de IR ingresa a través de la ventana, se refleja en la superficie interna cóncava del tubo y converge al cilindro de vidrio y al revestimiento de CuO. El principio de funcionamiento de dicho dispositivo se muestra en las figuras 5a y 5b, donde una superficie de espejo parabólico (8) refleja la radiación IR hacia la fibra.
- 10 El dispositivo del ejemplo 3, que combina la ventaja del cilindro de vidrio y el tubo de Al, muestra una mayor sensibilidad adicional de aproximadamente $0,1 \text{ pm}/(\text{W}/\text{m}^2)$.
- 15 La figura 6 muestra la respuesta de una zona de detección del dispositivo del ejemplo 3. Muestra la relación entre el desplazamiento de longitud de onda y la intensidad total de la radiación IR incidente.
- 20 Los sensores según la invención pueden usarse para aplicaciones que incluyen: alarmas de intrusión, detección de llamas para detección de incendios o detección de llamas para control de combustión en calderas, detección de fuentes de calor (llamas, sobrecalentamiento) por seguridad, detectores para espectrofotometría infrarroja, pirometría y detección de puntos de calor.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un sensor de radiación infrarroja que comprende una fibra óptica que tiene una pluralidad de zonas de detección espaciadas dispuestas a lo largo de su longitud, comprendiendo cada zona de detección:
- una zona de referencia que comprende una rejilla de referencia proporcionada en la fibra; y
 - una zona de detección de IR dispuesta para tener una mayor absorción a la radiación infrarroja que la zona de referencia cuando la zona de referencia y la zona de detección de IR están sometidas sustancialmente a las mismas condiciones de temperatura ambiente,
- 10 comprendiendo la zona de detección de IR (i) un absorbedor de infrarrojos que aumenta su temperatura cuando es sometido a radiación infrarroja y (ii) una rejilla de zona de detección de IR asociada proporcionada en la fibra adyacente a la rejilla de referencia que proporciona una zona de detección sensible a la temperatura que es sensible a un aumento de la temperatura del absorbedor de infrarrojos; y en donde el absorbedor de infrarrojos y la rejilla de detección de IR asociada están configurados de tal manera que el calor generado por el absorbedor de infrarrojos alcanza la rejilla de detección de IR asociada.
- 15 2. Un sensor de radiación infrarroja según la reivindicación 1, en el que el absorbedor de infrarrojos comprende un recubrimiento absorbente de infrarrojos proporcionado en una superficie de la fibra óptica en la zona de detección de IR.
- 20 3. Un sensor de infrarrojos según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que el absorbedor de infrarrojos comprende un material seleccionado del grupo que consiste en CuO, MnO₂, C, Fe₃O₄, Co₃O₄ y tintes negros orgánicos.
- 25 4. Un sensor de infrarrojos según cualquier reivindicación anterior, en el que la rejilla de referencia y la rejilla de la zona de detección de IR se seleccionan de rejillas de fibra de Bragg (FBG) y rejillas de período largo (LPG).
- 30 5. Un sensor de infrarrojos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la distancia a lo largo de la fibra óptica entre la rejilla de referencia y la rejilla de la zona de detección de IR es inferior a 1 m.
- 35 6. Un sensor de infrarrojos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la zona de referencia comprende un reflector de infrarrojos configurado para proteger la rejilla de referencia de la radiación infrarroja incidente.
- 40 7. Un sensor de infrarrojos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la zona de detección de IR comprende una funda alrededor de la fibra, estando dispuesta dicha funda para proporcionar confinamiento de calor alrededor de la rejilla de la zona de detección de IR.
- 45 8. Un sensor de infrarrojos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la zona de detección de IR comprende un concentrador adaptado para concentrar la radiación infrarroja hacia el absorbedor de infrarrojos.
- 50 9. Un sensor de infrarrojos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un equipo de procesamiento de señales adaptado para detectar cambios en la rejilla de la zona de detección de IR al someter la zona de detección de IR a radiación infrarroja incidente y para proporcionar una indicación de la ubicación y/o la intensidad de la radiación IR incidente.
- 55 10. Un sensor de infrarrojos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el sensor tiene una sensibilidad de al menos 0,01 pm/(W/m²) y/o un límite de detección de al menos 100 W/m².
- 60 11. Un sensor de infrarrojos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que, en cada zona de detección, la rejilla de referencia y la rejilla de la zona de detección IR tienen diferentes períodos nominales.
- 65 12. Un sensor de infrarrojos según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que, en cada zona de detección, la rejilla de referencia y la rejilla de la zona de detección IR tienen el mismo período nominal.
13. Una fibra óptica adaptada para su uso en un sensor de infrarrojos de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde la fibra óptica tiene una pluralidad de zonas de detección espaciadas dispuestas a lo largo de su longitud, comprendiendo cada zona de detección:
- una zona de referencia que comprende una rejilla de referencia proporcionada en la fibra; y
 - una zona de detección de IR dispuesta para tener una mayor absorción a la radiación infrarroja que la zona de referencia cuando la zona de referencia y la zona de detección de IR están sometidas sustancialmente a las mismas condiciones de temperatura ambiente,
- comprendiendo la zona de detección de IR (i) un absorbedor de infrarrojos que aumenta su temperatura cuando es

5 sometido a radiación infrarroja y (ii) una rejilla de zona de detección de IR asociada proporcionada en la fibra adyacente a la rejilla de referencia que proporciona una zona de detección sensible a la temperatura que es sensible a un aumento de la temperatura del absorbedor de infrarrojos; y en donde el absorbedor de infrarrojos y la rejilla de detección de IR asociada están configurados de tal manera que el calor generado por el absorbedor de infrarrojos alcanza la rejilla de detección de IR asociada.

10 14. Un método de detección de radiación infrarroja incidente a lo largo de un sensor de radiación infrarroja de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1-12, que comprende la etapa de detectar un desplazamiento en la longitud de onda de resonancia de la rejilla de la zona de detección IR de una zona de detección con respecto a la longitud de onda de resonancia de su rejilla de referencia asociada.

15 15. Un método según la reivindicación 14, en el que en cada zona de detección, la rejilla de referencia y la rejilla de la zona de detección IR tienen la misma longitud de onda nominal y en el que la etapa de detectar un desplazamiento en la longitud de onda de resonancia de la rejilla de la zona de detección IR con respecto a la longitud de onda de resonancia de su rejilla de referencia asociada comprende detectar un cambio en la potencia de una señal óptica afectada por las rejillas.

Fig.1

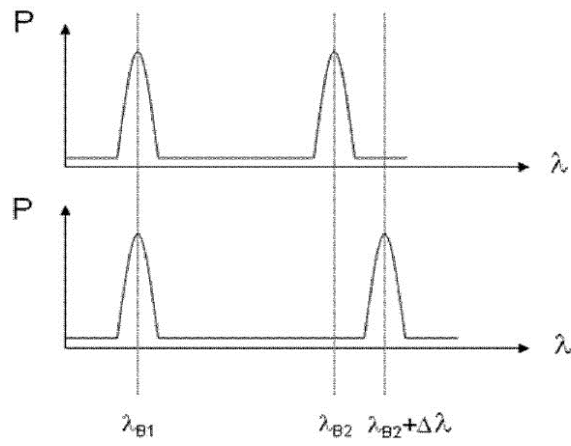
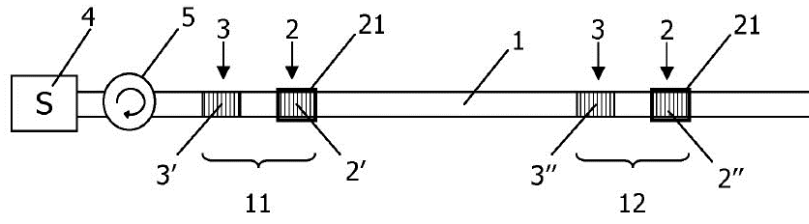


Fig.2

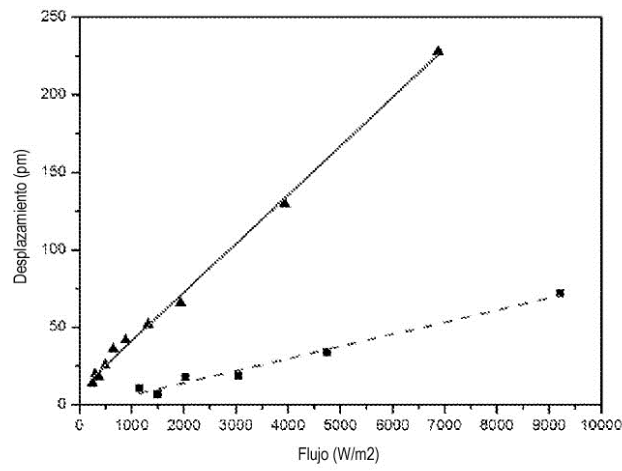


Fig.3

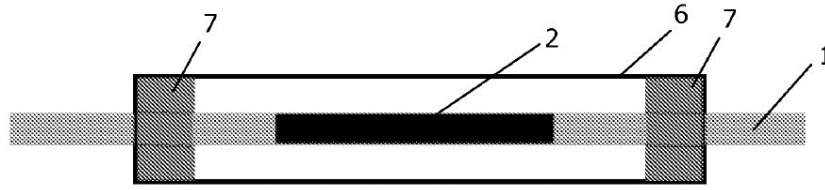


Fig.4

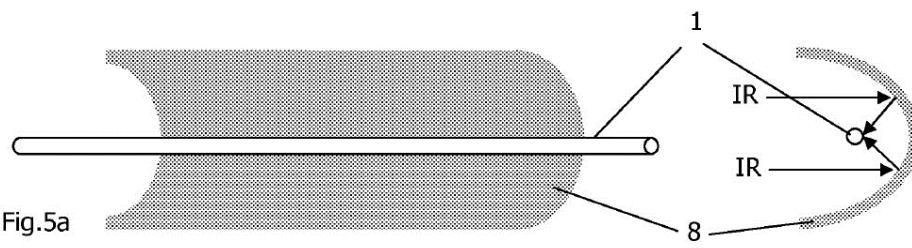


Fig.5a

Fig.5b

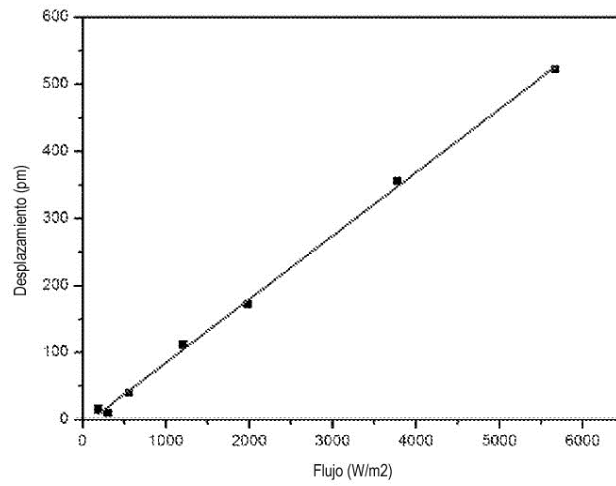


Fig.6