

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN
EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad
Intelectual
Oficina internacional



(43) Fecha de publicación internacional
22 de Enero de 2009 (22.01.2009)

PCT

(10) Número de Publicación Internacional
WO 2009/010624 A1

(51) Clasificación Internacional de Patentes:

G01N 21/45 (2006.01) G02B 6/14 (2006.01)
G02B 6/12 (2006.01) G02B 27/56 (2006.01)

(21) Número de la solicitud internacional:

PCT/ES2008/070142

(22) Fecha de presentación internacional:

18 de Julio de 2008 (18.07.2008)

(25) Idioma de presentación:

español

(26) Idioma de publicación:

español

(30) Datos relativos a la prioridad:

07381053.3 19 de Julio de 2007 (19.07.2007) EP

(71) Solicitante (para todos los Estados designados salvo US):

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS [ES/ES]; C/ Serrano, 117, E-28006
Madrid (ES).

(72) Inventores; e

(75) Inventores/Solicitantes (para US solamente):

DOMINGUEZ HORNA, Carlos [ES/ES]; IMB-CNM, Micro- y Nano-Sistemas, Instituto de microelectrónica de Barcelona (IMB-CNM), Campus de la UAB, Cerdanyola del Vallés (ES). ZINOVIEV, Kirill [RU/ES]; IMB-CNM, Micro- y Nano-Sistemas, Instituto de microelectrónica de Barcelona (IMB-CNM), Campus de la UAB, Cerdanyola del Vallés (ES). LECHUGA GOMEZ, Laura Maria [ES/ES]; Instituto de Microelectrónica de Madrid (IMM-CNM), C/ Isaac Newton, 8, Tres Cantos, E-28760 Madrid (ES).

(74) Mandatario: ELZABURU MARQUEZ, Alberto de; C/ Miguel Angel, 21, 2º, E-28010 Madrid (ES).

(81) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: INTERFEROMETER AND SENSOR BASED ON BIMODAL OPTICAL WAVEGUIDES, AND DETECTION METHOD

(54) Título: INTERFEROMETRO Y SENSOR BASADOS EN GUÍAS DE ONDAS ÓPTICAS BIMODALES Y MÉTODO DE DETECCIÓN

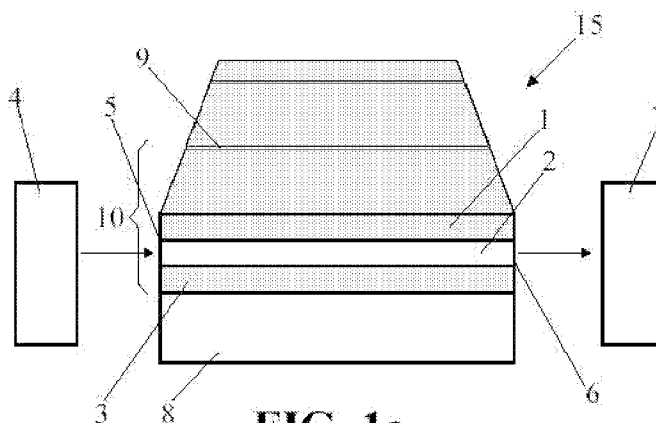


FIG. 1a

(57) Abstract: The invention relates to a flat waveguide interferometer (15, 25, 35, 45) comprising: a substrate (8, 28, 38, 48); a bimodal waveguide (10, 20, 20', 30, 40) which, in turn, comprises at least one layer (1, 2, 3) deposited on said substrate (8, 28, 38, 48), said bimodal waveguide (10, 20, 20', 30, 40) being designed to support a zero-order transverse propagation mode and another, first-order transverse propagation mode, said transverse propagation modes having different dispersions; and a sensor plate (21, 31, 41, 51) arranged in a specific region of the upper part of the bimodal waveguide (10, 20, 20', 30, 40), said sensor plate (21, 31, 41, 51) being designed to receive a chemical, biological or physical stimulus that can change the effective refraction index of the bimodal waveguide (10, 20, 20', 30, 40). The bimodal waveguide (10, 20, 20', 30, 40) comprises means (9) for concentrating the light in the lateral direction and is therefore designed in such a way as to support a lateral mode. The invention also relates to a chip, a sensor and a detection method comprising a flat waveguide interferometer.

[Continúa en la página siguiente]

WO 2009/010624 A1



KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) Estados designados (*a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europea (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,

Publicada:

- *con informe de búsqueda internacional*
- *antes de la expiración del plazo para modificar las reivindicaciones y para ser republicada si se reciben modificaciones*

(57) Resumen: Interferómetro de guías de onda planas (15, 25, 35, 45) que comprende: un sustrato (8, 28, 38, 48); una guía de onda bimodal (10, 20, 20', 30, 40) que a su vez comprende al menos una capa (1, 2, 3) depositada en dicho sustrato (8, 28, 38, 48), dicha guía de onda bimodal (10, 20, 20', 30, 40) está diseñada para soportar un modo transversal de propagación de orden cero y otro de orden primero, dichos modos transversales de propagación poseen diferente dispersión; una placa sensora (21, 31, 41, 51) situada en una zona concreta de la parte superior de dicha guía de onda bimodal (10, 20, 20', 30, 40), dicha placa sensora (21, 31, 41, 51) está diseñada para recibir un estímulo químico, biológico o físico, dicho estímulo es capaz cambiar el índice de refracción efectivo de la guía de onda bimodal (10, 20, 20', 30, 40). La guía de onda bimodal (10, 20, 20', 30, 40) comprende medios (9) diseñados para confinar la luz en dirección lateral, la guía de onda bimodal (10, 20, 20', 30, 40) está, por tanto, diseñada para soportar un modo lateral. Se presentan un chip, sensor y método de detección que comprenden un interferómetro de guías de onda plana.

INTERFERÓMETRO Y SENSOR BASADOS EN GUÍAS DE ONDAS ÓPTICAS BIMODALES Y MÉTODO DE DETECCIÓN

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a interferómetros y sensores basados en guías de onda, más concretamente, a interferómetros y sensores basados en guías de onda ópticas bimodales.

10 ESTADO DE LA TÉCNICA

La detección de una molécula, ej: proteína, glucosa o la unión entre moléculas es un tema conocido. La cantidad de reactivo o la concentración de moléculas presente en una solución puede ser baja y son necesarios dispositivos altamente sensibles para la detección de éstas. La detección puede dirigirse utilizando varios métodos y técnicas.

15 Existen diversos dispositivos nanomecánicos y ópticos, tales como los interferómetros Mach-Zhender, la Resonancia de Plasmón Superficial, los interferómetros Young, los interferómetros Fabry-Perot y los interferómetros tipo slab. Los interferómetros Mach-Zhender y Young son dispositivos compactos basados en guías de onda óptica, conocidos desde hace mucho tiempo y que se han estudiado en profundidad.

20 Actualmente éstas técnicas se cuentan entre las más precisas en el campo de la detección biomolecular, porque la simplicidad de las estructuras planas robustas confiere una ventaja en procedimientos de inmovilización relativamente simples. Los métodos y protocolos desarrollados permiten la unión de moléculas sin etiqueta. Esto hace que los experimentos sean menos laboriosos y más repetibles, pues etiquetar podía inducir a

25 error, al interferir en los resultados. Los interferómetros suelen tener dos brazos, cuando el interferómetro actúa como un sensor y uno de ellos posee una placa sensora, mientras que el otro es una referencia. El reactivo, que fluye a través de la placa sensora, interactúa con las moléculas previamente inmovilizadas por las guías de onda situadas en la zona. Esto modifica el índice de refracción del revestimiento de la guía

30 de onda y por consiguiente la velocidad de propagación de la luz por ésta. Como consecuencia, se produce un cambio de las fases de las ondas de luz que se propagan por ambos brazos. Al mezclar éstas ondas se obtienen resultados distintos, dependiendo

del tipo de interferómetro: un patrón de interferencia en el caso del interferómetro Young y una variación en la señal del canal de salida en el caso del Mach-Zhender.

5 Sin embargo, los interferómetros de dos brazos tienen el inconveniente de no dividir la luz adecuadamente. Si hubiera defectos de fabricación, la simetría crítica de la intersección Y hace más probable que el interferómetro posea una profundidad de modulación reducida y pérdidas de sensibilidad.

Además, una sensibilidad alta sólo se obtiene en guías de onda relativamente delgadas. La sensibilidad viene definida por el nivel de penetración del campo evanescente de la guía de onda en el analito, en combinación con la misma, es decir, en
10 el analito que está en contacto con la guía de onda. El nivel de penetración aumenta significativamente si disminuye el grosor de la guía de onda. Esto entraña complicaciones a la hora de acoplar la luz, debido al desajuste entre la distribución de intensidad en el modo de propagación de la guía de onda en guías de onda delgadas, y la distribución de intensidad de una fuente de luz convencional.

15 El ajuste inicial de cambio de fases entre las ondas luz que interfieren requiere esfuerzos tecnológicos e ingenieriles adicionales.

Los problemas mencionados anteriormente pueden ser en parte resueltos mediante el uso de interferómetros de guía de onda bimodales. Un ejemplo de dispositivo que opera gracias a la interferencia de dos modos de propagación es la
20 solicitud de patente japonesa JP2004145246. Este dispositivo consiste en una guía de onda monomodo, seguida de otra bimodal, a su vez seguida de una tercera guía de onda monomodo.

El principio operativo de la estructura descrita en JP2004145246 se basa en la interferencia de dos modos de propagación en una guía de onda bimodal plana,
25 mostrada en la figura 5. Aunque la estructura física es tridimensional, en lo tocante a sus propiedades es bidimensional: En dirección longitudinal (consta como eje X en la figura 5), que es dirección en la que se propaga la luz, la estructura posee un escalón o costilla 500 que determina un cambio de grosor a lo largo del eje longitudinal. En dirección transversal (consta como eje Y en la figura 5), las propiedades (ej. índice de refracción)
30 de los materiales de la guía de ondas cambia. En dirección lateral (consta eje Z en la figura 5), la estructura de guía de onda es uniforme, ya que sus propiedades no cambian a lo largo de la misma. La estructura es, por tanto, bidimensional (desde el punto de vista de la propagación posee una dimensión longitudinal y otra transversal).

Sin embargo, la dimensión del dispositivo de JP2004145246 no posibilita la fabricación de interferómetros largos y estrechos, capaces de detectar cambios mínimos en el índice de refracción del revestimiento.

5 Otro ejemplo de dispositivo que opera con la interferencia de modos de propagación es el de G. Coppola *et al.* en “Temperature Optical Sensor Based on all Silicon Bimodal Waveguide”, en el cual los modos laterales contribuyen a generar el patrón de interferencia. Este dispositivo puede elaborarse utilizando una fotolitografía convencional.

10 No obstante, el control preciso de la geometría del interferómetro en dirección lateral es muy necesario para implementar el dispositivo adecuadamente. La obtención de dicho control es compleja por medio de tecnologías microelectrónicas convencionales.

15 De hecho, la arquitectura de los dispositivos en JP2004145246 y G. Coppola *et al.* implica una estructura de guía de onda secuencial, diseñada para excitar los modos y para leer la señal de interferencia. Esto produce limitaciones en la sensibilidad de los dispositivos y la versatilidad de los mismos.

RESUMEN DE LA INVENCION

20 La presente invención se centra en estructuras de guía de onda bimodales en las que el retardo de fase relativo entre los dos modos de propagación se acumula cuando está sujeto a un cambio estructural. Asimismo, la presente invención está relacionada con un interferómetro de guías de onda ópticas que comprende una guía de onda bimodal, en la que la dispersión de los modos de propagación es sensible al orden.

25 Un aspecto de la invención se refiere a un interferómetro de guía de onda plana que comprende un sustrato; un guía de onda bimodal, que comprende al menos una capa depositada sobre el sustrato, la guía de onda bimodal diseñada para soportar modos de propagación transversales de orden cero y primero. La dispersión de los modos de propagación transversales es diferente; una placa sensora situada en una zona concreta de la parte superior de la guía de onda bimodal, la placa sensora diseñada para recibir un
30 estímulo de entrada químico, biológico o físico. Este estímulo es capaz de modificar el índice de refracción efectivo de la guía de onda bimodal. La guía de onda bimodal comprende medios de confinamiento diseñados para confinar la luz en dirección lateral, la guía de onda bimodal diseñada, por tanto, para soportar un modo lateral.

El interferómetro preferiblemente comprende una fuente de radiación electromagnética configurada para guiar la luz en la guía de onda bimodal. Dicha fuente es más preferiblemente un láser.

Cabe la opción de que dicha fuente esté integrada en la estructura del sustrato.

5 En una determinada realización, el interferómetro comprende medios de polarización

Como opción, el interferómetro comprende medios de enfoque. En una determinada realización el medio de enfoque es una lente. En esta situación, el eje central de la lente esta configurado para desalinearse en dirección transversal con respecto a la simetría longitudinal del eje de la guía de onda bimodal. De forma que, los
10 modos de propagación primero y segundo se excitan dentro de la guía de onda bimodal, cuando la luz de la fuente se enfoca directamente en dicha lente hacia la guía de onda bimodal.

En una realización determinada, el interferómetro comprende una guía de onda
15 de entrada conectada a un extremo de la guía de onda bimodal, ésta guía de onda de entrada está diseñada para soportar un monomodo en dirección transversal y lateral; y una guía de onda de salida en el otro extremo de la guía de onda bimodal, ésta guía de onda de salida está diseñada para soportar un monomodo en dirección transversal y lateral. El grosor de cada una de las guías de onda de entrada y de salida es menor que el
20 grosor de la guía de onda bimodal, debido a la geometría asimétrica de la estructura en la intersección de la guía de onda de entrada y la guía de onda bimodal, el monomodo se divide en el primer y segundo modo de propagación. Como opción, el interferómetro comprende medios para acoplar radiación electromagnética a la guía de onda bimodal, estos medios seleccionados entre: alineamiento directo de fibra-guía, enfoque directo,
25 acoplamiento por prisma y acoplamiento por red de difracción. La cantidad de luz transmitida a la guía de onda de salida depende de distribución de intensidad de dicha luz cuando se encuentra en la intersección de la guía de onda bimodal y la guía de onda de salida.

En otra realización, el interferómetro comprende medios de acoplamiento
30 configurados para acoplarse a la guía de onda bimodal y a los modos de luz de orden primero y segundo con diferentes ángulos de incidencia. Como opción, el medio de acoplamiento es una red de difracción acoplada a una entrada de la guía de onda bimodal.

Preferiblemente, la guía de onda bimodal comprende al menos dos capas; en este caso, cada una de las capas les corresponden distintos índices de refracción. El índice de refracción de la segunda capa es más bajo que el la segunda.

5 Los índices de refracción efectivos del modo de orden cero y de orden primero son sustancialmente diferentes. Esta diferencia de dispersión de los modos de propagación transversales depende de la velocidad registrada en los parámetros de la guía de onda.

10 Como opción, el interferómetro comprende dispositivos de detección para medir cambios de intensidad de radiación en la salida de la guía onda, provocados por el estímulo de entrada. En una realización determinada, el medio de detección es un fotodetector de dos secciones.

Otro aspecto de la invención se refiere a un chip que comprende al menos un interferómetro de guía de onda óptica plana, como el anteriormente mencionado.

15 Otro aspecto de la invención se refiere a un sensor que comprende un interferómetro de guía de onda óptica plana, como el anteriormente mencionado.

Finalmente, la presente invención está relacionada con un procedimiento de detección que comprende los siguientes pasos: (a) definir una placa sensora en una zona determinada de una guía de onda bimodal de interferómetro de guía de onda bimodal óptica;(b) colocar un estímulo químico, biológico o físico en la placa sensora; 20 (c)introducir o causar de cambios en el estímulo; (d) acoplar un modo de orden cero y un modo de orden primero de radiación electromagnética en la guía de onda bimodal, de forma que cuando ambos modos viajan a través de de la placa sensora definida en la guía de onda bimodal, sufren un retardo de fase que depende de los cambios del estímulo; (d)acoplar los modos de orden primero y segundo de radiación 25 electromagnética dentro de la guía de onda bimodal, de forma que cuando ambos modos atraviesan la placa definida en la guía de onda bimodal, se produce un retardo de las fases que depende del los cambios del estímulo; (e) medir respuesta de la orden cero con respecto a la respuesta de la orden primero, en la salida de la guía de onda bimodal; y (f) relacionar las respuestas relativas de ambos modos a los cambios producidos en el 30 estímulo.

Preferiblemente, el paso de medición de respuesta del modo de orden cero con respecto al de orden primero comprende: la generación de franja de patrón de interferencia; y la medición del desplazamiento del patrón de interferencia. Además, el

paso de relacionar las respuestas relativas de ambos modos con los cambios dados estímulo comprende el relacionar el desplazamiento del patrón de interferencia con la presencia de cambios en el estímulo determinado.

5 Las ventajas de la invención propuesta se representarán en la siguiente descripción.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

10 Para completar la descripción y facilitar la entendimiento de la invención, se adjunta una serie de dibujos. Tales dibujos constituyen una parte integral de la descripción e ilustran una realización preferida de la invención, que no debe interpretarse de forma restrictiva con respecto al ámbito de la invención, sino como ejemplo de cómo puede realizarse la invención. Los dibujos comprenden las siguientes figuras:

15 Las figuras 1a a 1c son representaciones esquemáticas de interferómetros ópticos de guía de onda bimodal que corresponden a la presente invención.

La figura 1d es un ejemplo de la distribución de intensidad de los modos de propagación en dirección transversal en un interferómetro óptico de guía de onda bimodal correspondiente la presente invención.

20 La figura 2a es un ejemplo de un interferómetro y sensor correspondientes a la presente invención.

La figura 2b muestra una implementación del ejemplo de la figura 2a.

La figura 3 es un ejemplo de un interferómetro y sensor correspondientes a la presente invención.

25 La figura 4 es un ejemplo de un interferómetro y sensor correspondientes a la presente invención.

La figura 5 muestra una guía de onda plana bidimensional correspondiente al estado de la técnica anterior.

30 Las figuras 6 y 7 representan una guía de onda, para ejemplificar los significados de “transversal” y “lateral”, correspondientes a las explicaciones de la presente invención.

La figura 8 muestra dos simulaciones de señales detectadas en la salida de un interferómetro de la invención.

La figura 9 muestra una simulación, correspondiente a la invención, de cómo el índice refractivo del revestimiento influye en las constantes de propagación de los dos modos.

La figura 10 representa, de forma comparativa, la sensibilidad e índice de refracción del revestimiento correspondientes a la invención.

La figura 11 muestra una vista esquemática de un montaje experimental de un sensor correspondiente a la invención.

Las figuras 12a y 12b muestran la respuesta del sensor de la figura 11 en condiciones distintas.

10

DESCRIPCIÓN DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS DE LAS INVENCIONES

En el contexto de la presente invención deberán tenerse en cuenta los siguientes dibujos:

Como muestra la figura 6, un “modo transversal” de un haz de luz de radiación electromagnética es un patrón de intensidad de radiación determinado, que se mide a lo largo de una recta formada por un plano (plano 1 o plano YOZ), perpendicular a la dirección de propagación del haz de luz y un plano (plano 2 o plano XOY) perpendicular a una estructura de guía de onda y que transcurre en la dirección de propagación. En el contexto de la presente invención, el término “vertical” se considera sinónimo de “transversal”.

20

Como muestra la figura 7, un “modo lateral” de un haz de luz de radiación electromagnética es un patrón de intensidad de radiación determinado, que se mide a lo largo de una recta formada por un plano (plano 1 o plano YOZ) perpendicular a la dirección de propagación del haz de luz y a un plano (plano 3 o plano XOZ), también perpendicular a la estructura de guía de onda, y que transcurre en la dirección de la propagación. En el contexto de la presente invención, el término “horizontal” se considera sinónimo de “lateral”.

25

Los modos transversales y laterales pueden clasificarse en modos TE (transversales eléctricos) y modos TM (transversales magnéticos). Los modos TE son aquellos que carecen de campo eléctrico en la dirección de propagación, mientras que los modos TM son aquellos que carecen de campo magnético en la dirección de propagación.

30

La “dispersión” de un modo de guía de onda es una dependencia de la velocidad de propagación de dicho modo, registrada en los parámetros de la guía de onda y las capas que lo rodean.

Se entiende por “analito” cualquier solución que contenga una sustancia susceptible de ser detectada por el interferómetro y el sensor de la presente invención.

La implementación de la presente invención puede ejecutarse de la siguiente forma:

La figura 1a muestra un dibujo esquemático de una guía de onda 10 que soporta dos modos de la presente invención. Los dos modos que la guía de onda 10 es capaz de soportar son transversales (TE o TM): un modo TE o TM fundamental y un modo TE o TM de orden primero. Aunque puede optarse por dos modos laterales, para evitar las desventajas anteriormente mencionadas y derivadas de estructuras que confinen dos modos laterales, se elige y diseña una estructura que confina dos modos transversales.

Esta guía de onda óptica 10 actúa como un interferómetro. La guía de onda óptica 10 comprende al menos una capa 2 de material ópticamente transparente depositado a modo de lámina sobre el sustrato 8. Preferiblemente, la guía de onda 10 comprende varias capas 1 2 3 de material ópticamente transparente, depositado de forma wafer en el sustrato 8. El índice de refracción de la capa 2 es mayor que el de las capas adyacentes 1 y 3. Por tanto, la guía de onda óptica 10 es una guía de onda óptica tipo slab. La guía de onda puede tener una sola capa: Una capa 1 sobre el sustrato es suficiente, pues, como se explica posteriormente, un analito depositado en la capa superior (que puede ser la única) forma también una capa (de revestimiento) situada encima de la guía de onda óptica 10. Por tanto, se cumple el principio operativo del interferómetro según el cual la luz viaja por una estructura que posee zonas de diferente índice de refracción, esas dos zonas son la guía de onda 10 monocapa (soportada en el sustrato 8) y el analito o capa de revestimiento depositada también ahí. Preferiblemente se utilizan varias capas 1 2 3 para optimizar la estructura.

La guía de onda 10 comprende medios de confinamiento capaces de confinar la luz en dirección lateral. Gracias a estos medios de confinamiento 9, la guía de onda puede soportar al menos un modo lateral.

Cabe subrayar, que en una situación ideal con una guía de onda perfecta y en la que se dé el confinamiento en dirección transversal, un haz de luz con una distribución lateral relativamente gruesa (de un milímetro aproximadamente, por ejemplo) se

propagaría de forma sustancial sin divergencia. Esto significa que tras haberse propagado de forma transversal varios milímetros, el haz de luz mantendría el mismo grosor por 1 mm. En éste caso no se necesitarían estructuras como la costilla o la guía. Sin embargo, los haces de luz gruesos hacen la guía de onda voluminosa e ineficaz a la hora de integrar muchas guías de onda en un array en el mismo chip. En los haces de luz delgados (con un grosor de menos de 100 μm) que se propagan a través de esas guías de onda, estos acaban siendo muy divergentes, es decir, tras propagarse de forma transversal unos milímetros, el haz de luz diverge y se expande varios milímetros en dirección lateral; lo que hace que el dispositivo sea ineficaz. En otras palabras, en la práctica, una operación monomodo en dirección lateral es extremadamente difícil cuando se utiliza una estructura plana simple. Asimismo, cuanto más larga es la guía de onda, más difícil es mantener una operación monomodo en dirección lateral. Por ello, los medios de confinamiento tipo costillas, guías etc. son necesarios.

La operación monomodo en dirección lateral facilita además el modelaje del interferómetro cuando actúa como un sensor, y hace predecible su comportamiento.

Algunos ejemplos no restrictivos de medios de confinamiento 9 son una costilla, guía o un gradiente. Así, son apropiadas las siguientes guías de onda: tipo costilla, guía, gradiente u otras estructuras de guía de onda. La guía de onda 10 permite, por tanto, la propagación de radiación electromagnética incidente en la dirección descrita por la longitud de la guía de onda 10, es decir, en la dirección representada por flecha que sale de la fuente óptica 4. La guía de onda 10 es preferiblemente rectangular, para que los modos queden confinados transversal y lateralmente. El hecho de ser rectangular no significa que en el plano perpendicular a la dirección de propagación posea necesariamente un perfil rectangular. Por el contrario, la sección transversal de la guía de onda puede tener un pequeño escalón y formar una estructura de guía de onda tipo costilla.

En una realización particular, la guía de onda 10 es una guía de onda tipo costilla, representada en la figura 1a; donde se aprecia también que la guía de onda comprende una costilla 9 en dirección lateral (según el esquema de la figura 5) Ésta costilla 9 implica que el grosor de la guía de onda 10 varía a lo largo de dicha dirección lateral. La figura 1b muestra otra vista de la misma guía de onda 10, de costilla 9. La referencia 19 de la figura 1c representa otro tipo de guía de onda 10. En la figura 1b, se

muestran las tres direcciones de propagación: dirección longitudinal X, (que es la dirección de propagación de la luz), dirección transversal Y, y dirección lateral Z.

Como se puede apreciar, la estructura de la presente invención es homogénea en cuanto a la dirección de la propagación de la luz, mientras que la estructura descrita en JP2004145246 es homogénea o uniforme en dirección lateral.

Aunque no se muestra en las figuras 1a-1c, la estructura comprende una placa o área sensora que se forma en una superficie de la guía de onda mediante una fotolitografía estándar y un grabado húmedo. Esta placa sensora se representa en las figuras 2 a 4.

Una de las ventajas de esta estructura en 2D es que la guía de onda confina una luz monomodo (por tanto, es capaz de propagar luz) a lo largo de varios centímetros sin que la luz sea divergente en dirección lateral. Es necesaria una operación monomodo en dirección lateral, por las siguientes razones: primero, porque cuando la guía de onda se usa como interferómetro o como sensor, sirve para evitar ambigüedades en el control del patrón de interferencia, que se crea en el extremo de la guía de onda. Segundo, porque las guías de onda delgadas, que solo se pueden implantar mediante dos estructuras de dos dimensiones (ej. tipo costilla, guía, etc.) permiten secuenciar el área sensora a una fracción de milímetro. El área sensora puede variar de unos 0,05 a 1 mm² aproximadamente. Como ejemplo, una guía de onda de 0,01 mm de grosor y 15 mm de largo posee un área de 0,15 mm².

La sensibilidad es de gran importancia en la presente invención. La estructura ha de ser lo suficientemente larga para operar como un interferómetro de guía de onda, pues su sensibilidad es proporcional a la longitud de la placa o área sensora o a la longitud de la guía de onda bimodal. Por consiguiente, la longitud de la estructura está preferiblemente en un rango de entre 0,5 y 5 cm aproximadamente.

La figura 1c muestra cómo la guía de onda 10, formada por una guía de onda 10, constituida por una guía de onda implementada, puede ser diseñada por implementación. La referencia 18 representa el área donde se implanta la guía de onda 19. El índice de refracción cambia en este área 18. Dicha guía de onda sufre un cambio espacial con respecto al índice de refracción en dirección transversal y lateral, mientras que geoméricamente continúa siendo una estructura tipo slab plana.

La luz de una fuente 4 puede transmitirse al extremo de entrada de la guía de onda 10, como si fuera a iluminar la capa 2. Preferiblemente, la fuente de luz 4

proporciona luz que posee una longitud de onda que cae dentro el rango infrarrojo visible o próxima al mismo; dicho rango es de entre 400 y 1600 nm aproximadamente. La fuente de luz 4 es preferiblemente un láser.

Por tanto, los dos modos de propagación transversales están igualmente
5 excitados y viajan a lo largo de la guía de onda 10, acumulando una diferencia en el retardo de las fases. En el extremo de salida 6 de la guía de onda 10, la luz puede radiar de la superficie del extremo a una pantalla o dispositivo de medida 7. La distribución de intensidad representa el retardo de fase relativo acumulado. Los detectores, tales como uno o más de uno fotodiodo, son ejemplos no restrictivos de dispositivos de medición.
10 Si se utiliza más de un fotodiodo, se disponen en array, como un array bidimensional de fotodiodos o una cámara CCD.

Los elementos descritos ya descritos y representados en la figura 1a forman un interferómetro de guía de onda óptica plana 15.

Los dos modos transversales son capaces de exhibir una respuesta relativa
15 medible ante un cambio en la longitud de onda de radiación electromagnética incidente o en un entorno localizado. Si el índice de refracción de la capa 1 cambia localmente, se acumula un retardo de fase distinto y la distribución de intensidad se ve modificada de forma correspondiente. Los modos de guía de onda óptica transversales poseen un campo eléctrico, distribuido entre las capas 1 2 3, y en algunos casos a través del
20 sustrato 8 de la estructura de guía de onda 10. La cantidad relativa de energía contenida en las capas 1 2 3 determina el “índice de refracción efectivo” del modo de la guía de onda. A su vez, el índice efectivo de refracción de un modo determina la velocidad propagación de ese modo y, por tanto, cuánto retardo de fase puede acumularse a medida que el modo viaja a través de la guía de onda 10. Si el índice de refracción de la
25 capa 1 2 3 cambia, la distribución de campo también cambia, y como resultado se produce un cambio en el índice de refracción efectivo. Si las propiedades de dispersión de los modos son distintas puede haber un gran cambio en el índice de refracción efectivo. Las constantes de propagación para los modos de orden fundamental y primero dependen del índice de refracción de la capa superior o de revestimiento. Como se ha ya
30 mencionado, cuando la guía de onda óptica actúa como un interferómetro y un analito se deposita sobre la capa superior 1, dicho analito actúa como capa de revestimiento. En otras palabras, es necesario que la dispersión (es decir, la dependencia de las constantes de propagación en el índice de refracción) sea distinta para cada modo. El patrón de

interferencia de ambos modos en el extremo de la guía de onda depende del índice de refracción de las capas combinadas y, por consiguiente, del índice de refracción de la solución del analito.

La figura 1d es un ejemplo de la distribución de intensidad de los modos de propagación en dirección transversal. La distancia en dirección transversal viene indicada en el eje X, en nm. La intensidad normalizada del campo eléctrico viene indicada en el eje Y (la magnitud no es tan importante como la respuesta o la forma). En la figura 1d, la referencia 11 representa la distribución de intensidad del modo fundamental y las referencias 12 y 13 la distribución de intensidad del modo de orden primero. Como puede verse en la figura 1d, el efecto de dispersión viene dado por la marcada diferencia entre las distribuciones de energía de ambos modos

La estructura de guía de onda óptica 10, que forma un interferómetro óptico puede fabricarse de forma más ventajosa utilizando cualquier combinación adecuada de materiales habituales. Algunos ejemplos de métodos convencionales de elaboración son los basados en la Deposición Química en fase de Vapor (CVD), como la Deposición Química en fase Vapor Asistida por Plasma (PECVD) o Sistema de Deposición de Capas (LPCVD)

La Deposición Química en fase de Vapor (CVD), es un procedimiento químico utilizado para producir materiales sólidos de gran rendimiento y pureza, como capas delgadas. En un procedimiento CVD típico, la lámina (sustrato) se expone a uno o varios precursores volátiles, que reaccionan y/o se descomponen en la superficie del sustrato para producir el depósito deseado. En los procedimientos de microfabricación se utiliza comúnmente la CVD para depositar materiales de varias formas, entre ellas, monocristalino, policristalino, amorfo y epitaxial. Entre éstos materiales se cuentan: silicio, fibra de carbono, filamentos, nanotubos de carbono, SiO_2 , silicio-germanio, wolframio, carburo de silicio, nitruro de silicio, oxinitruro de silicio, nitruro de titanio, y varios dieléctricos de alto k.

Por ejemplo, el índice de refracción de una guía de onda óptica de oxinitruro de silicio de grosor constante (normalmente en un rango de entre 0,3 y 0,5 micras) podría seleccionarse en cualquier valor del rango de entre 1,457 y 2,00.

Preferiblemente, el primer y segundo modo de guía de onda pueden exhibir una respuesta relativa medible ante un cambio dado en un entorno localizado, causado por cambios introducidos en el estímulo físico, biológico y/o químico determinado. La causa de esta respuesta es el campo evanescente de los modos, que se extienden por el entorno localizado. Un ejemplo de introducción de un cambio en un estímulo es un cambio en el índice de refracción del material (ej. analito), situado en ese entorno. A consecuencia de ese cambio los modos primero y segundo de las guías de onda acumulan diferente retardo de fase relativo, produciéndose así una respuesta relativa medible.

Significa que el interferómetro de guía de onda óptica plana puede utilizarse de forma provechosa para detectar la presencia de cambios en un estímulo físico, biológico o químico, de un analito que haya sido introducido en un entorno localizado. De este modo el interferómetro de guías de onda óptica se convierte en un sensor químico interferométrico de guía de ondas o en un sensor basado en guía de onda óptica. Algunos ejemplos no restrictivos de la interacción del estímulo con los modos de guía de onda son: interacción de enlace, interacción de absorción u otras interacciones. Por ejemplo, un analito en fase líquida o gaseosa que comprende un estímulo químico, puede ser introducido en el entorno localizado del interferómetro de guía de onda óptica. Como alternativa, en dicho entorno puede darse una reacción química, que produzca cambios en tal entorno, que afecten a la naturaleza del estímulo químico *in situ* y causen un cambio en dicho entorno.

El entorno localizado, también denominado capa o placa sensora, es preferiblemente un área o superficie de la capa superior 1 de la guía de onda óptica (no mostrada en las figuras 1a-1c). Esta capa sensora puede comprender materiales absorbentes o bioactivos. Algunos ejemplos no restrictivos de materiales absorbentes son los materiales polímeros, como el polixilosano o los polímeros impresos. Un material absorbente puede absorber gases, líquidos o vapores que comprendan un estímulo químico concreto. Algunos ejemplos no restrictivos de materiales bioactivos son los aquellos comprenden anticuerpos monoclonales y policlonales, enzimas, fragmentos de ADN, ARN, aptámeros, APN, proteínas funcionales o células enteras. Un material bioactivo puede ser apropiado para ser detectado en fase líquida o gaseosa.

Dentro de la guía de onda bimodal (que actúa como un interferómetro) se genera un patrón de interferencia cuando la radiación electromagnética se propaga por

la guía de onda 10. Los cambios ya mencionados, dados en un estímulo situado en el entorno localizado o placa sensora, o un cambio dado en la longitud de onda pueden calcularse por medio del cambio de fase relativa del patrón de interferencia. El desplazamiento de franjas en el patrón de interferencia representa la respuesta medible a dicho cambio. El cambio de fase relativa que se produce dentro del interferómetro puede calcularse midiendo dicho desplazamiento de franjas. En la salida 6 de la guía de onda 10, la radiación electromagnética se acopla en el espacio libre. Por tanto, el patrón de interferencia se puede registrar de forma convencional (por ejemplo, usando un sólo detector 7 que mida los cambios en la intensidad de la radiación o varios de esos detectores 7, que controlen los cambios dados en una serie de franjas, o en todo el patrón de interferencia). Esos detectores 7 son preferiblemente uno o varios fotodetectores y al utilizar más de uno, se disponen en un array, como un array de fotodiodos de dos dimensiones.

Como muestra la figura 1a, la luz de la fuente 4 se enfoca en el extremo de entrada 5 de la guía de onda 10 y se propaga en forma de radiación electromagnética, la cual se puede acoplar en los modos primero y segundo de guía de onda de distintas formas.

En una realización particular, la radiación se acopla de forma simple a la guía de onda 10 por medio del extremo de una cara 5 de dicha guía de onda 10. Esto se conoce también como “procedimiento tipo end-fire”. En este caso, la fuente de luz (ej. láser) está integrada en una estructura laminada 1 2 3, en el sustrato común 8. Algunos ejemplos no restrictivos de sustrato 8 son los sustratos de silicio y de fosfato de indio.

Como alternativa, el interferómetro 15 comprende otros medios de acoplamiento para acoplar la radiación electromagnética incidente a los modos de guía de onda primero (fundamental) y segundo (de orden primero), de la guía de onda 10. Este acoplamiento de ambos modos se hace, sustancialmente, de forma simultánea. Algunos ejemplos no restrictivos de medios de acoplamiento, aparte del “end-fire”, son enfoque directo (por ejemplo, con un láser HeNe), acoplamiento por prisma, acoplamiento por red de difracción o acoplamiento por espejo.

Como opción, la luz incidente o radiación electromagnética puede orientarse (ej. polarizada linealmente) como convenga utilizando medios de polarización apropiados. Algunos ejemplos no restrictivos de tales medios son cubos divisores de haz por polarización, polarizadores lineales y polarizadores de rejilla.

Como opción, la luz incidente o la radiación electromagnética puede enfocarse utilizando medios de enfoque. Algunos ejemplos no restrictivos de tales medios son: una lente, una micro-lente y un sistema óptico que comprenda una serie de lentes.

5 Como opción, el patrón de radiación electromagnética puede proyectarse hacia el detector mencionado anteriormente con medios de proyección. Algunos ejemplos no restrictivos de tales medios son las lentes objetivo, las lentes y la proyección directa sobre fotodetector multisección.

A continuación, se describen algunos ejemplos de interferómetros basados en guías de onda bimodales y sensores basados en interferómetros.

10 La figura 2 muestra un ejemplo de interferómetro 25 que comprende una guía de onda bimodal 20, a su vez formada por una o varias capas, como muestran las figuras 1a, 1b y 1c. En su superficie superior, la guía de onda 20 comprende una placa sensora 21, donde puede depositarse el analito. Los modos de guía de onda (de orden fundamental y primero) se excitan en la guía de onda 20 gracias al enfoque directo de la luz procedente de un láser (no se muestra en la figura 2) por medio de una lente objetivo 22. Una estructura no se considera simétrica en dirección transversal, si la distribución del índice de refracción a través de dicha estructura y en dicha dirección no es simétrica con respecto al eje de simetría de la estructura. El eje de simetría de la estructura transcurre en la dirección de propagación de la luz y cruza el plano perpendicular en la dirección de propagación de la luz, en un punto donde se encuentra la distribución de intensidad máxima del campo electromagnético de un modo fundamental transversal. Por tanto, la estructura de la figura 5 no es simétrica. Como la estructura es asimétrica el eje central de la lente objetivo puede desalinearse en dirección transversal con respecto al eje de simetría de la capa de la guía de onda, se excitan tanto el modo de orden cero (fundamental), como el de orden primero. Los dos modos transversales se propagan a distintas velocidades y pasan por la placa sensora 21. El patrón de interferencia que se forma en el extremo de salida 16 de la guía 20 se proyecta en un fotodetector de dos secciones (TSP) 27, se utiliza una lente objetivo 29 como medio de proyección y amplificación. La posición del máximo del patrón de interferencia viene definida, además de por parámetros como el índice de refracción, el grosor de cada capa y la longitud y grosor de la guía de onda, por la fase inicial de las ondas excitadas y por el índice de refracción del analito que pasa por la placa sensora 21. Así, el cambio queda registrado en el índice de refracción del revestimiento (medido

en la placa sensora), causado por una reacción química o biológica ocurrida en la superficie de la guía de onda o por cambios producidos en la solución del analito.

Los bloques 28 se refieren a las paredes de una célula -microfluído, que se puede acoplar a la guía de onda 20 para proporcionar fluido e intercambio del analito. No son parte de la presente invención.

La figura 2 b muestra una implementación del ejemplo de la figura 2a. El patrón de interferencia en dirección transversal puede distribuirse con un máximo situado en la parte inferior o superior de la guía de onda, como muestra la figura 2b, donde las distribuciones de intensidades de luz, que se encuentran en la sección transversal aparecen en el recuadro. Las distribuciones están diseñadas para una guía de onda con un índice de refracción de 2.0 (nitruro de silicio) y con un grosor de 400 nm. La diferencia de fase entre los modos varía en π radian de una curva a otra. Bajo ciertas condiciones la diferencia entre las energías concentradas en la sección superior e inferior del fotodetector puede alcanzar -17 dB. La intensidad de salida es proporcional a la cantidad de luz acoplada a la entrada de la guía de onda. Si la absorción en la guía de onda es constante, la energía total de la luz a la salida es proporcional a la energía acoplada en a la entrada, exceptuando algunos cambios provocados por la reflexión proveniente de la faceta de salida la cual, según las simulaciones, cambia ligeramente con el movimiento del patrón de interferencia. Dando por conocida la función del cambio de reflexión, pueden reducirse las ambigüedades que conllevan las variaciones de eficiencia de acoplamiento, porque el hecho de controlar con un fotodetector multisección (TSP) permite registrar de forma simultánea tanto la energía total, como el cambio de distribución de la luz que excita la guía de onda bimodal (BiMW).

La figura 3 representa un ejemplo de interferómetro 35 que comprende una guía de onda bimodal 30, formada por una o más capas como muestran las figuras 1a, 1b y 1c. En su superficie superior, la guía de onda bimodal 30 comprende una placa sensora 31 en la que puede depositarse un analito. El interferómetro 35 comprende, en ambos extremos de dicha guía de onda 30, guías de onda monomodo 31 32. Tanto la guía de onda de entrada 31 y de salida 32 son monomodo en dirección lateral y transversal. El único parámetro que varía de la parte monomodo 31 32 a la parte bimodal 30 es el grosor. Esto implica que el grosor de estas dos guías de onda 31 32 es menor que el grosor de la guía de onda bimodal 30. La luz se acopla a la entrada de la guía de onda 32 con cualquier medio de acoplamiento convencional como el “end-fire”, el enfoque

directo, el acoplamiento por prisma o el acoplamiento por red de difracción. El medio de acoplamiento utilizado concretamente para el interferómetro 35 de la figura 3 es el acoplamiento directo por medio de una lente enfocada 34. Al no ser una estructura simétrica en la intersección de la entrada de la guía de onda 32 – la guía de onda

5 bimodal 30, el modo fundamental (que es el único modo que se propaga por la entrada de la guía de onda 32) se divide en dos modos: de orden fundamental y de orden primero, en la guía de onda bimodal 30. El ratio existente entre las amplitudes de los modos viene definido por la geometría de la estructura o, más exactamente, por el grosor de las guías de onda 32 30 31. La optimización del grosor de la guía de onda es

10 un problema ingenieril que puede solucionarse en base a métodos convencionales de modelaje. La cantidad de luz acoplada a la salida de la guía de onda 33 depende de la distribución de intensidad existente en la intersección de la guía de onda bimodal 30- guía de onda de salida 33. En este ejemplo, la lectura de la señal de salida, proveniente de la salida de la guía de onda 33, se lleva a cabo con un fotodetector convencional 37,

15 como un fotodiodo. El patrón de interferencia de salida se proyecta en dicho fotodetector 37 usando como medio de proyección una lente objetivo 39.

La figura 4 representa un ejemplo de interferómetro 45 que comprende una guía de onda bimodal 40 depositada en un sustrato 48. En su superficie superior, la guía de onda bimodal 40 comprende una placa sensora 41, en la que se puede depositar un

20 analito. La luz se acopla a la guía de onda bimodal 40 mediante un acoplador de red de difracción 42, montado o integrado en la guía de onda bimodal 40. Los modos de orden fundamental y primero se excitan por haces de luz (ej. láser) provenientes de una única fuente (no representada en la figura 4), y se dirigen al acoplamiento de red de difracción 42 hacia distintos ángulos de incidencia Θ_0 Θ_1 , correspondientes al punto donde

25 coinciden las fases en cada modo. Ambos modos se difractan por el acoplamiento red de difracción 42 y se propagan a través de la guía de onda bimodal.

Como se ha mencionado ya, la sensibilidad es directamente proporcional a la longitud de la placa sensora o a la de la guía de onda bimodal. A continuación, se analiza la sensibilidad del dispositivo de la figura 2b.

30 Si se usa el planteamiento de matriz de transferencia, se crean las distribuciones de intensidades de luz para cada modo de una guía de onda, con un índice de refracción 2,0 (nitruro de silicio) en un sustrato de silicio (índice de refracción 1,46), y un índice de refracción variable de la capa de revestimiento. Luego, las distribuciones de patrón

de interferencia situadas a la salida de la guía de onda y las señales correspondientes generadas por las secciones del fotodetector, se calculan como una función del cambio de fase entre los modos. Las señales producidas por las secciones del fotodetector se calculan de nuevo, como cambio relativo, S_r , de la señal de salida según la expresión:

$$S_r = \frac{U_{up} - U_{down}}{U_{up} + U_{down}}, \quad (1)$$

U_{up} , U_{down} son las señales generadas por las secciones inferior y superior del fotodetector respectivamente. Los resultados de las simulaciones (S_r frente al cambio de fase) se presentan en la figura 8. Todos los cálculos se realizaron para una guía de onda de 632,8 nm. Las amplitudes de los modos fueron previamente normalizadas a la unidad. La curva trazada para la guía de onda de 400 nm de grosor (línea sólida) es algo más pronunciada que la trazada para la de 300 nm de grosor (línea curva). La razón es que la distribución asimétrica de los modos de la guía de onda es aún mayor en guías de onda delgadas. Sin embargo, la diferencia entre las pendientes de las curvas no es tan significativa: $4/\pi$ para la guía de 300 nm de grosor y $4.3/\pi$ para la de 400 nm.

Si tomamos una guía de onda bimodal uniforme con modos que se propagan hasta alcanzar una distancia L y la salida de la guía de onda, la sensibilidad del dispositivo, es decir, la relación entre el cambio que se produce en la señal de salida y el cambio que se produce en el índice de refracción del revestimiento, se expresa con la fórmula:

$$Sens = \frac{\partial S_r}{\partial n_{cl}} = \frac{\partial S_r}{\partial \varphi} \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial n_{cl}} \quad (2)$$

n_{cl} indica el índice de refracción del revestimiento y φ la diferencia de fase de ambos modos.

La diferencia de fase ocasionada por un cambio en el índice de refracción del revestimiento tras una distancia L se expresa así:

$$\Delta \varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot (\Delta n_{eff}^1 - \Delta n_{eff}^0) \cdot L \quad (3)$$

L es la longitud de la placa sensora, λ es la longitud de onda, Δn_{eff}^0 , Δn_{eff}^1 es el cambio del índice de refracción efectivo, de los modos de orden cero y primero respectivamente, debido a los cambios dados el índice de refracción del revestimiento. Tras sustituir (3) por (2) se obtiene la expresión de la sensibilidad del dispositivo:

$$Sens = \frac{\partial Sr}{\partial \varphi} \left(\frac{\partial n_{eff}^1}{\partial n_{cl}} - \frac{\partial n_{eff}^0}{\partial n_{cl}} \right) \frac{2\pi}{\lambda} L \quad (4)$$

El índice de refracción del revestimiento afecta de forma distinta a las constantes de propagación n_{eff}^0 de modos de orden fundamental y n_{eff}^1 primero. Las derivadas $\frac{\partial n_{eff}^1}{\partial n_{cl}}$, $\frac{\partial n_{eff}^0}{\partial n_{cl}}$ están representadas en la figura 9 como una función del índice de refracción del revestimiento. Las líneas curvas corresponden al modo fundamental y las líneas sólidas al primer modo. El grosor de la guía de onda corresponde a: $\square$ - 300 nm, $\circ$ - 350 nm, Δ - 420 nm, ∇ - 470 nm. Obviamente, cuanto más penetren los modos de la guía de onda en el revestimiento, mayor será la modulación del índice de refracción efectivo para ambos modos. La penetración de los modos es inversamente proporcional al grosor de la guía de onda y directamente proporcional a n_{cl} . Las derivadas mostradas en la figura 9, referidas a ambos modos, aumentan a medida que lo hace el índice de refracción del revestimiento. Sin embargo, la constante de propagación del modo de orden primero se ve muy afectada por los cambios dados en el índice de refracción del revestimiento. La diferencia entre las derivadas es especialmente significativa, luego, la sensibilidad es mayor en las guías de onda delgadas. Por ejemplo, en una guía de onda de 300 nm de grosor, la sensibilidad puede ser tres veces más alta que en una guía de onda de 470 nm.

La sensibilidad, expresada en términos de cambio de fase por unidad de índice de refracción, puede apreciarse en la figura 9 y la expresión (3). Por tanto, en una guía de onda de 300 nm de grosor y 10 mm de longitud se puede alcanzar un cambio de fase de 2π , si el índice de refracción del revestimiento cambia en 6×10^{-4} RIU (Unidad de índice de refracción), cuando n_{cl} ronda el 1,34.

En la figura 10 la sensibilidad $Sens$, calculada mediante la expresión (4), se indica frente al índice de refracción de la capa de revestimiento para cuatro grosores de guía de ondas: $\square$ - 300 nm, $\circ$ - 350 nm, Δ - 420 nm, ∇ - 470 nm. La sensibilidad es el cambio en la señal de salida por unidad de cambio en el índice de refracción del revestimiento. Los cálculos se realizaron tomando como referencia una guía de onda de 10mm de largo.

Este parámetro define el nivel base de ruido permitido en el sistema de circuitos de detección para distinguir cambios en el patrón de interferencia. Al trabajar con guías de onda de menos de 400 nm, se observa que una precisión del 1% es suficiente para leer la señal de salida. La sensibilidad del dispositivo propuesto es comparable con la

5

El siguiente es un ejemplo de elaboración: un wafer de silicio, pulido en un lado, se somete a oxidación a altas temperaturas. Una capa de dióxido de silicio de unos 2 μm de grosor se forma en ambos lados del wafer (la parte donde se colocan los componentes, formando la guía de onda, y la parte de atrás), como resultado de este proceso. Una capa de nitruro de silicio de unos 400 nm de grosor se deposita por LPCVD en la parte de los componentes y la de atrás, como resultado de este procedimiento. Una capa de dióxido de silicio de PECVD en la parte delantera del wafer. Las guías de onda se imprimen por la parte delantera mediante una fotolitografía convencional y un grabado húmedo en ácido hidrofluorhídrico tamponado (HF). La

10

15

fotoresistencia se elimina con plasma de oxígeno. El wafer se sumerge en HF por un período suficiente para eliminar la máscara de dióxido de silicio y para que a su vez, se formen rugosidades en el nitruro de silicio. El grabado selectivo se usa (se elige el grosor del óxido de PECVD que sea proporcional a la altura de la costilla. La selectividad del grabado (nitruro de silicio) es de 1000/14 aproximadamente, si el

20

grabado se realiza con una solución SiO-etch (similar a HF10%). Esta tecnología permite la fabricación de guías de onda costilla, con una altura de unos 4nm y un grosor de unos 4 μm . La guía de onda puede soportar dos modos transversales. Es, por tanto, bimodal con un modo de orden fundamental y otro de orden primero. Una capa de silicio se deposita en la parte de los componentes como capa protectora. Se forma una

25

placa sensora en la superficie de la guía de onda, por medio de una fotolitografía estándar y un grabado húmedo en una solución SiO-etch.

30

Para este experimento se ha utilizado una guía de onda de 3 μm que soportaba un modo en dirección lateral. El wafer se seccionó en chips y éstos se pulieron para que las caras de los extremos de la guía de onda estuvieran pulidas. El chip se montó sobre una base de aluminio cubierta con un conector-microfluido de polimetacrilato (PMMA), provisto de un canal para que el reactivo fluyera por la guía de onda. La longitud de la placa sensora L era de 3 mm.

A continuación se describe un biosensor basado en una guía de onda bimodal óptica según la invención. Los experimentos acerca de la detección de cambios en el índice de refracción del reactivo se realizaron por inyección de agua: una solución de glicerina en el canal. En la figura 11 se muestra una vista esquemática del montaje experimental. Una bomba peristáltica suministraba el fluido. La luz se inyectaba en la guía de onda 20' mediante una lente objetivo 52, enfocada hacia un haz proveniente de un láser He-Ne 4'. En este caso, es un láser HeNe de 10 mW, que comprende un divisor de haces. Una ligera desalineación del objetivo con respecto a la guía de onda en dirección vertical permite que ambos modos se exciten simultáneamente. Otra lente objetivo 29' captaba la luz y la imagen de la faceta de la guía de onda se proyectaba en el TSP 27'. Se estabilizó la señal mientras el agua desionizada pasaba por la placa sensora 51. La válvula 53 se usa para dirigir el flujo, con o sin reactivo, a un canal que pase por la célula-microfluído situada en la placa sensora 51. Luego, se inyectaron en el canal soluciones de tres concentraciones diferentes, con índices de refracción 1,3356, 1,337, y 1,39. En las figuras 12a y 12b se muestran los diagramas temporales de la señal de salida. Los experimentos realizaron en muestras y tiempos distintos, así que la modulación de amplitudes y sensibilidades varía de un experimento a otro. Una inyección de una solución de glicerina muy concentrada (44 % vol. y 1,39 de índice de refracción) causó un fuerte cambio de fase y oscilaciones 18π (véase figura 12a). Una inyección de una solución de glicerina poco concentrada (2,2% o 3,3% vol. con índices de refracción de 1,3356 y 1,337, respectivamente) dieron como resultado cambios de fase débiles y oscilaciones de casi π y 2π , respectivamente (véase figura 12b).

Al analizar los resultados de los experimentos y tomar como índice de refracción del agua desionizada 1,333, se observó un cambio de fase de unos 2π por cambio de 0,006 RIU en el revestimiento. La pendiente de la curva en la posición de máxima sensibilidad está en 0,06 por 10^{-4} RIU. Posteriormente, para detectar un índice de variación de 10^{-6} RIU es necesaria una precisión de 6×10^{-4} (0.06%) al medir el valor absoluto de la señal de salida. La estabilidad de la señal de salida ha de ser del mismo orden de magnitud. Para una placa sensora de 10 mm de longitud la sensibilidad es de 0,002 por cambio de 10^{-6} RIU. A pesar de que existen discrepancias entre las predicciones realizadas teóricamente y las prácticamente demostradas, se deben a la técnica de acoplamiento utilizada en el experimento, que no siempre garantiza el ratio

de amplitud apropiado entre los modos excitados. En otras palabras, la discrepancia es consecuencia de limitaciones ingenieriles.

La presente invención constituye un método para detectar la introducción de cambios (ej. la cantidad o concentración de un estímulo) en un estímulo químico, biológico o físico determinado en un entorno localizado. El método comprende los siguientes pasos, llevados a cabo en un interferómetro de guía de onda óptica bimodal como el representado en las figuras 1a, 1b y 1c:

(a) definir una placa sensora 21 31 41 en un entorno localizado de la parte superior de la guía de onda 10 20 30 40;

(b) colocar un estímulo químico, biológico o físico, o analito en dicha placa sensora 21 31 41;

(c) introducir o causar cambios en dicho estímulo químico, biológico o físico situado en dicha placa sensora 21 31 41;

(d) acoplar un modo de orden fundamental y otro de orden primero de radiación electromagnética en dicha guía de onda óptica 10 20 30 40, de forma que cuando ambos modos viajan por la placa sensora 21 31 41, situada en la guía de onda, se produce una variación en sus características, como retardo en las fases que depende de los cambios dados en el estímulo químico, físico o biológico.

(e) medir la respuesta de dicho modo fundamental, a la salida de dicha guía de onda, en relación a la respuesta de dicho modo de orden primero; y

(f) relacionar dicha respuesta relativa de ambos modos con los cambios dados en el estímulo químico, biológico o físico.

Preferiblemente, el paso (e) comprende:

(e1) generar un patrón de franjas de interferencia; y

(e2) medir el desplazamiento en el patrón de interferencia.

Preferiblemente, el paso (f) comprende:

(f1) Relacionar el desplazamiento del patrón de interferencia con la presencia de cambios en el estímulo químico, biológico o físico determinado.

Como conclusión, se presenta un diseño simple de un interferómetro y sensor basados en una guía de onda óptica bimodal

En este texto, el término “comprende” y sus derivaciones (tales como “que comprende” etc.) no debe entenderse de modo excluyente, es decir, éstos términos no

deben interpretarse de modo que excluyan la posibilidad de que todo lo descrito y definido pueda incluir más elementos, pasos etc.

5 En el contexto de la presente invención, los términos “alrededor”, “unos/unas”, “aproximadamente” y “sustancialmente” y los términos de la misma familia (como “aproximado” etc.) no deben interpretarse como indicadores de valores muy próximos a aquellos que acompañan el término al que anteceden. Es decir, una derivación de un valor debe aceptarse, dentro de límites razonables, pues el experto en la materia entenderá que esa derivación de los valores indicados es inevitable debido a imprecisiones métricas etc.

10 Por otra parte, es obvio que la invención no se limita a la(s) realización(es) específicas aquí descritas, también abarca cualquier variación que considere el experto en la materia (por ejemplo, en lo referente a elección de materiales, dimensiones, componentes, configuración etc.), dentro del ámbito general de la invención como se especifica en las reivindicaciones adjuntas.

15

REIVINDICACIONES:

1. Interferómetro de guía de onda plana óptica (15, 25, 35, 45) que comprende:

- un sustrato (8, 28, 38, 48);

5 - una guía de onda bimodal(10, 20, 20', 30, 40) que comprende al menos una capa (1, 2, 3) depositada en dicho sustrato (8, 28, 38, 48), dicha guía de onda bimodal (10, 20, 20', 30, 40) está diseñada para soportar un modo de orden cero y un modo de orden primero de propagación transversales, dichos modos de propagación transversales poseen diferente dispersión;

10 - una placa sensora (21, 31, 41, 51) situada en una zona concreta de la parte superior de dicha guía de onda bimodal(10, 20, 20', 30, 40), dicha placa sensora (21, 31, 41, 51) está diseñada para recibir un estímulo de entrada químico, biológico o físico dicho estímulo es capaz de cambiar el índice de refracción efectivo de dicha guía de onda bimodal (10, 20, 20', 30, 40);

15 caracterizado porque

dicha guía de onda bimodal comprende (10, 20, 20', 30, 40)medios de confinamiento (9) diseñados para confinar la luz en dirección lateral, la guía de onda bimodal(10, 20, 20', 30, 40)está diseñada para soportar un modo lateral.

20 2. Interferómetro de guía de onda plana (15, 25, 35, 45) correspondiente a la reivindicación 1, que comprende una fuente de radiación electromagnética (4, 4') diseñada para conducir la luz óptica a dicha guía de onda bimodal (10, 20, 20', 30, 40).

25 3. Interferómetro de guía de onda plana (15, 25, 35, 45) correspondiente a la reivindicación 2, donde dicha fuente de radiación electromagnética (4, 4') es un láser.

30 4. Interferómetro de guía de onda plana (15, 25, 35, 45) correspondiente a la reivindicación 2, donde dicha fuente de radiación electromagnética esta integrada en la estructura del sustrato (8, 28, 38, 48).

5. Interferómetro de guía de onda plana (15, 25, 35, 45) correspondiente a cualquier reivindicación anterior, que comprende medios de polarización.

6. Interferómetro de guía de onda plana (15, 25, 35, 45) correspondiente a cualquier reivindicación anterior, que también comprenda otros medios de enfoque.

5 7. Interferómetro de guía de onda plana (15, 25) correspondiente a la reivindicación 6, en el que dichos medios de enfoque sean una lente (22, 52).

10 8. Interferómetro de guía de onda plana(15, 25) correspondiente a la reivindicación 7, en el que el eje central de dicha lente (22, 52) se configure para desalinearse en dirección transversal con respecto al eje de simetría longitudinal de la guía de onda bimodal (20, 20'), de esta forma un primero y segundo modo de propagación transversal se excitan dentro de la guía de onda bimodal (20), 20' cuando una fuente de luz se enfoca directamente en dicha lente hacia la guía de onda bimodal (20, 20').

15 9. Interferómetro de guía de onda plana (35) correspondiente a cualquier reivindicación de la 1 a la 5, que comprende:

- una guía de onda de entrada (32) conectada a un extremo de dicha guía de onda (30), dicha guía de onda de entrada (32) diseñada para soportar un modo en dirección tanto transversal, como lateral;

20 - una guía de onda de salida (33) conectada a un extremo de dicha guía de onda (30), dicha guía de onda de salida (33) diseñada para soportar un modo en dirección tanto transversal, como lateral;

25 en el que el grosor de dichas guías de onda de salida y entrada (32, 33) es menor que el de dicha guía de onda bimodal (30), debido a la geometría asimétrica de la estructura en la intersección de dicha guía de onda de entrada (32) y dicha guía de onda bimodal (30); dicho monomodo se divide en dichos modos primero y segundo de propagación transversal

30 10. Interferómetro de guía de onda plana(35) correspondiente a la reivindicación 9, que comprende medios para acoplar radiación electromagnética de dentro de dicha guía de onda bimodal (30), en el que dichos se seleccionan de un grupo formado por: "end-fire", enfoque directo, acoplamiento por prisma y acoplamiento por red de difracción.

11. Interferómetro de guías de onda plana (35) correspondiente tanto a la reivindicación 9 como a la 10, en el que la cantidad de luz acoplada en la guía de onda de salida (33) depende de la distribución de intensidad existente en la intersección entre la guía de onda bimodal (30) y la guía de onda de salida (33).

12. Interferómetro de guía de onda plana (45) correspondiente a cualquier reivindicación de la 1 a 5, que comprende medios de acoplamiento (42) diseñados para acoplarse a dicha guía de onda bimodal (40) un modo de luz de orden primero y otro modo de luz de orden segundo con diferentes ángulos de incidencia (Θ_0 , Θ_1).

13. Interferómetro de guía de onda plana (45) correspondiente a la reivindicación 12, en el que dicho medio de acoplamiento es (42) una red de difracción acoplada a una entrada de dicha guía de onda bimodal (40).

14. Interferómetro de guía de onda plana (15, 25, 35, 45) correspondiente a cualquier reivindicación anterior, en el que dicha guía de onda bimodal (10, 20, 20', 30, 40) comprende al menos dos capas.

15. Interferómetro de guía de onda plana (15, 25, 35, 45) correspondiente a la reivindicación 14, en el que la primera capa de la guía de onda posee un primer índice de refracción y la segunda capa de la guía de onda posee un segundo índice de refracción; el índice de refracción de dicha segunda capa es más bajo que el de dicha primera capa.

16. Interferómetro de guía de onda plana (15, 25, 35, 45) correspondiente a cualquier reivindicación anterior, en el que el índice de refracción efectivo de dicho modo de orden cero y el índice de refracción efectivo de dicho modo de orden primero son sustancialmente diferentes.

17. Interferómetro de guía de onda plana (15, 25, 35, 45) correspondiente a cualquier reivindicación anterior, en el que dicha diferencia de dispersión de los modos de propagación transversales depende de la velocidad de propagación registrada en los parámetros de dicha guía de onda.

18. Interferómetro de guía de onda plana(15, 25, 35, 45) correspondiente a cualquier reivindicación anterior, que comprende medios de detección (27, 27', 37, 47) para medir en la salida de dicha guía de onda, cambios en la intensidad de radiación debido a dicho estímulo de entrada.

19. Interferómetro de guías de onda plana (15, 25, 35, 45) correspondiente a la reivindicación 18, en el que dicho medio de detección (27, 27', 37, 47) es un fotodetector de dos secciones.

20. Un chip que comprende al menos un interferómetro de guías de onda plana (15, 25, 35, 45) correspondiente a cualquier reivindicación anterior.

21. Un sensor que comprende un interferómetro de guías de onda planas (15, 25, 35, 45) correspondiente a cualquier reivindicación de 1 a 19.

22. Método de detección que comprende los siguientes pasos:

(a) definir una placa sensora (21, 31, 41, 51) en una zona concreta de la guía de onda bimodal (10, 20, 20', 30, 40) de un interferómetro de guía de onda óptica (15, 25, 35, 45);

(b) colocar un estímulo químico, biológico o físico en dicha placa sensora (21, 31, 41, 51);

(c) introducir o causar cambios en dicho estímulo químico, biológico o físico, situado en dicha placa sensora (21, 31, 41, 51);

(d) acoplar un modo de orden cero y otro de orden primero de radiación electromagnética dentro de dicha guía de onda bimodal (10, 20, 20', 30, 40), de forma que cuando ambos modos viajan por dicha placa sensora (21, 31, 41, 51) situada en dicha guía de onda bimodal (10, 20, 20', 30, 40), sufren un retardo de las fases que depende de los cambios dados en dicho estímulo químico, biológico o físico;

(e) medir, en la salida de dicha guía de onda bimodal (10, 20, 20', 30, 40), la respuesta de dicho modo de orden cero en relación a la respuesta de dicho modo de orden primero; y

(f) relacionar dicha respuesta relativa de ambos modos con los cambios dados en el estímulo químico, biológico o físico.

5 23. Método de detección correspondiente a la reivindicación 22, en el que el paso de medir la respuesta de dicho modo de orden cero en relación con dicho modo de orden primero comprende:

- generar un patrón de franjas de interferencia (11, 12, 13); y
- medir un desplazamiento en el patrón de interferencia (11, 12, 13).

10 24. Método de detección correspondiente a la reivindicación 23, en el que el paso de relacionar dicha respuesta relativa de ambos modos con los cambios dados en el estímulo químico, biológico o físico comprende:

- relacionar dicho desplazamiento del patrón de interferencia con la presencia de cambios en el estímulo químico, biológico o físico determinado.

15

1/9

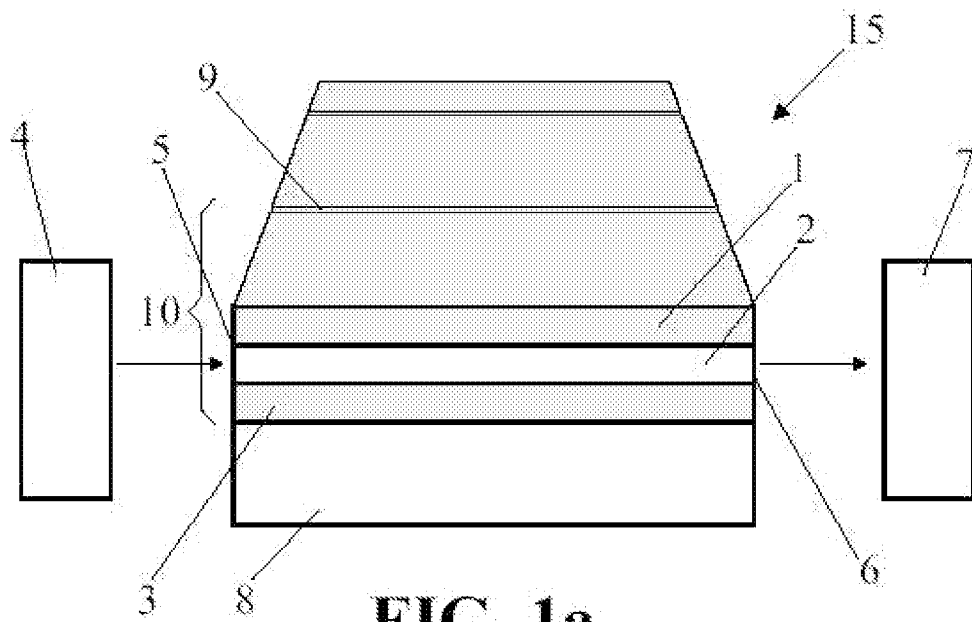


FIG. 1a

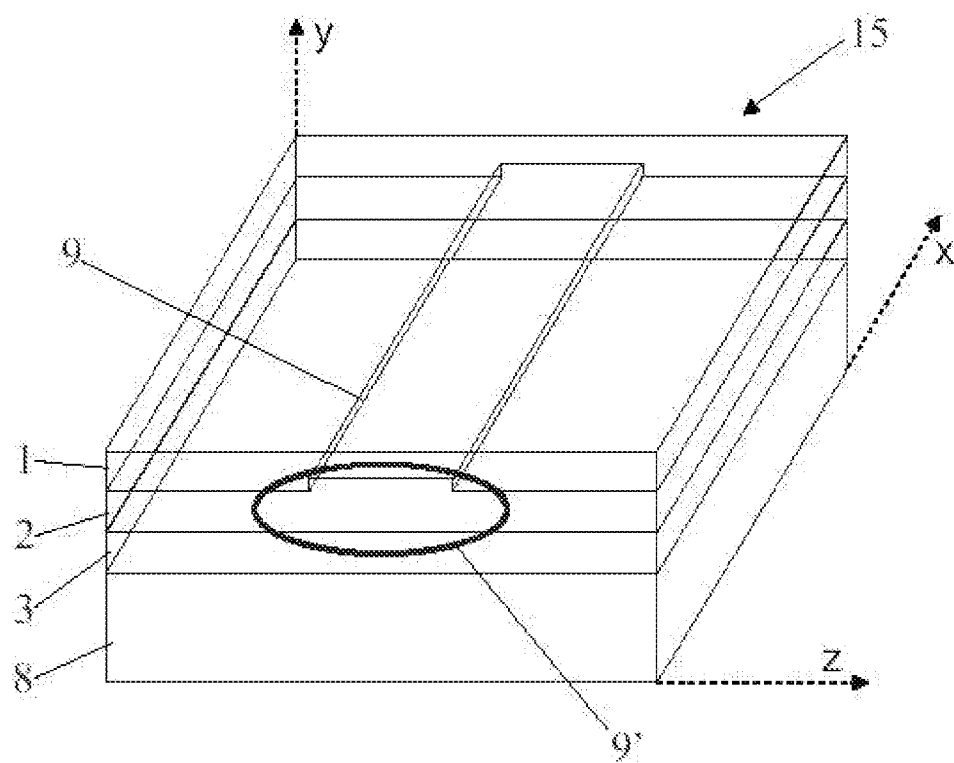


FIG. 1b

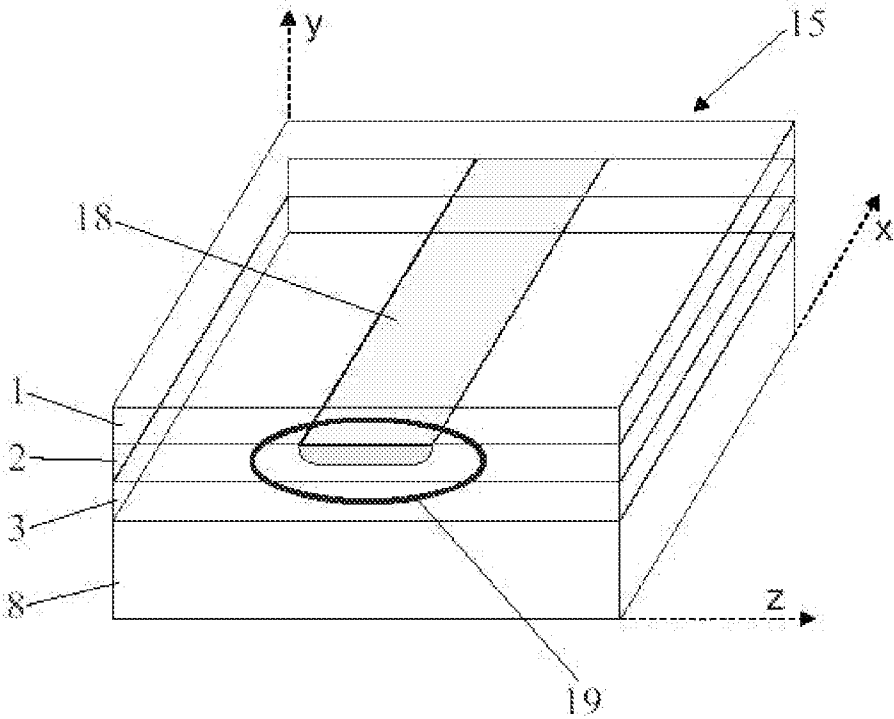


FIG. 1c

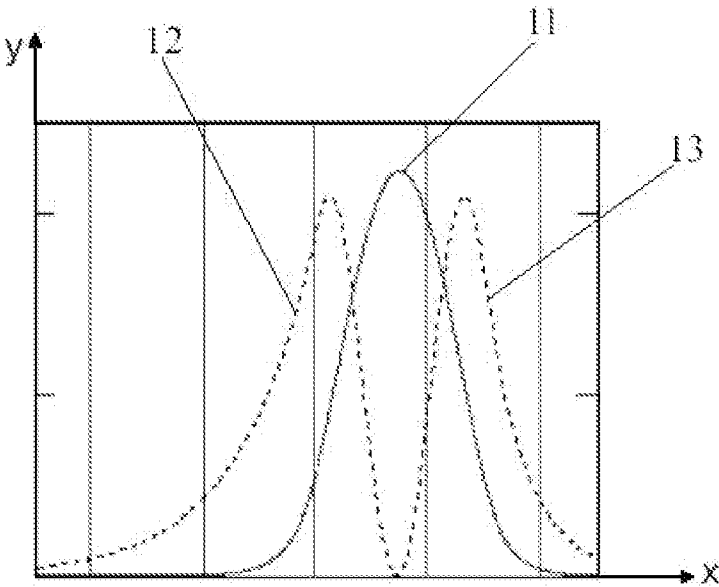
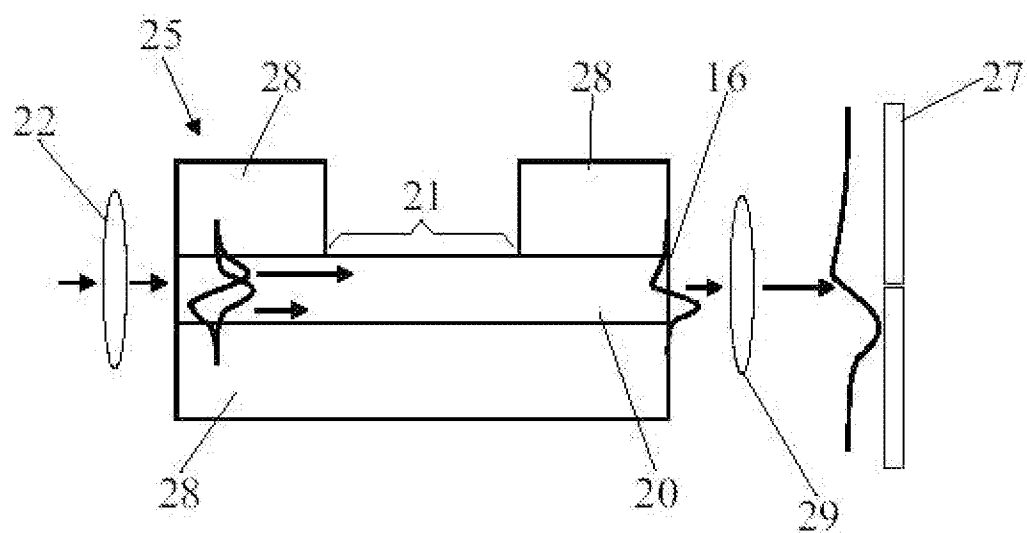
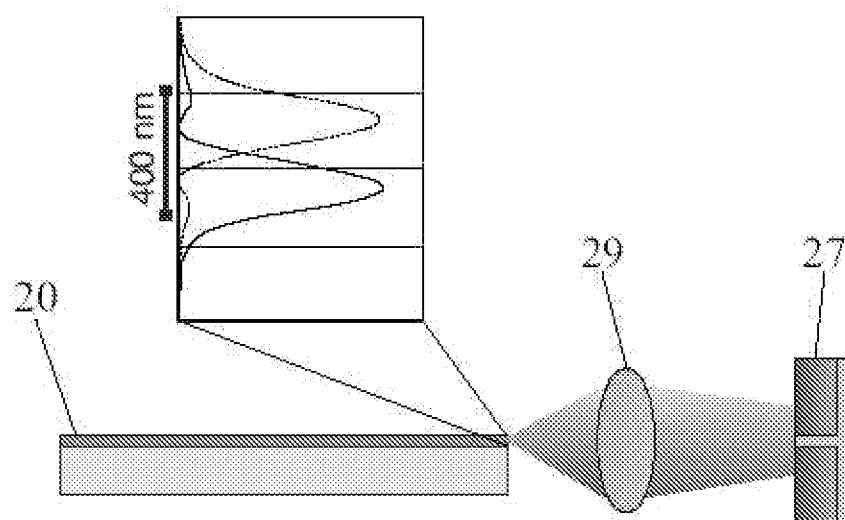
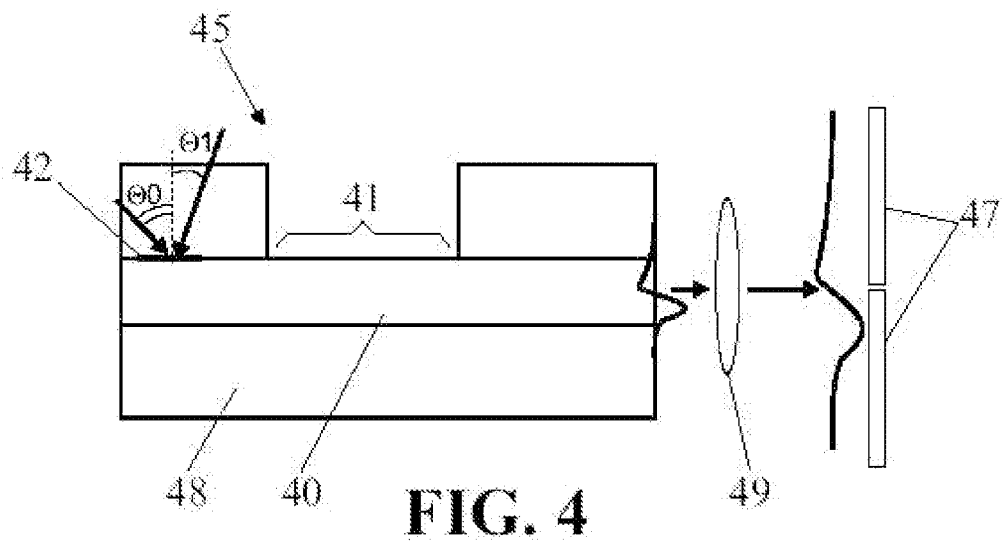
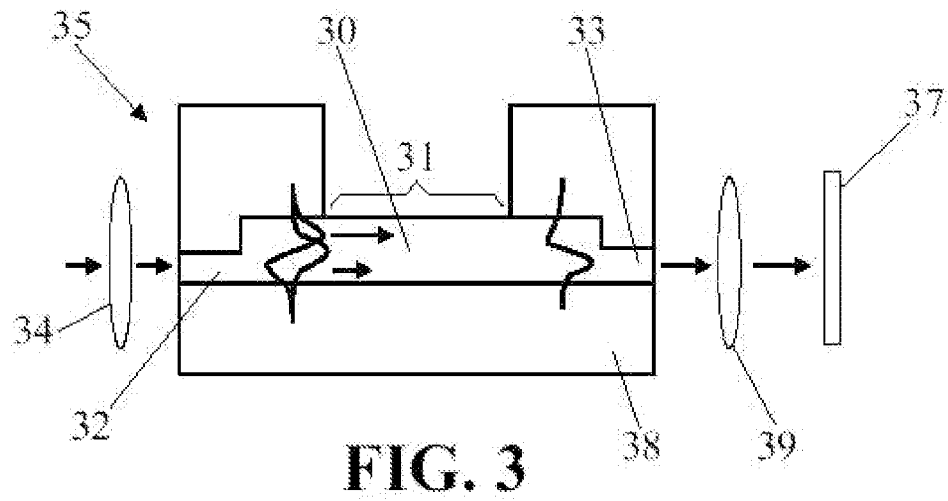


FIG. 1d

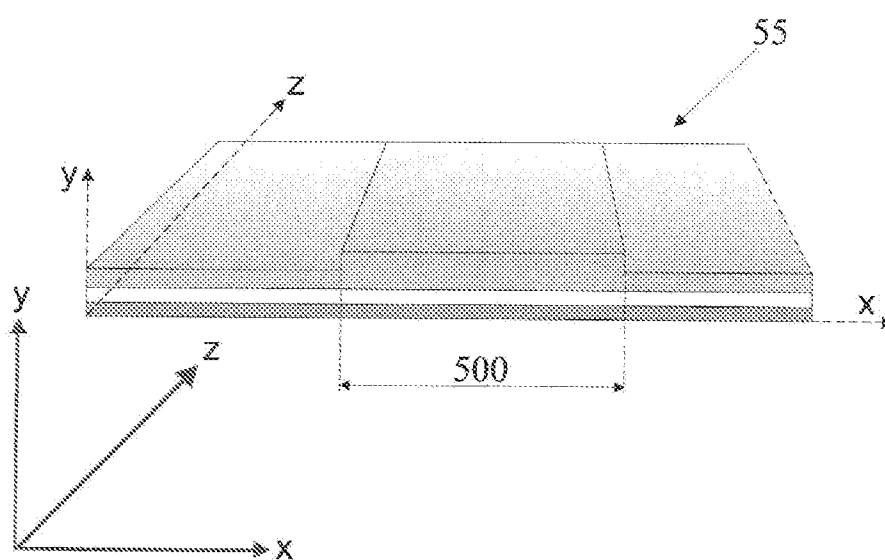
3/9

**FIG. 2a****FIG. 2b**

4/9



5/9



(antecedente de la invención)

FIG. 5

6/9

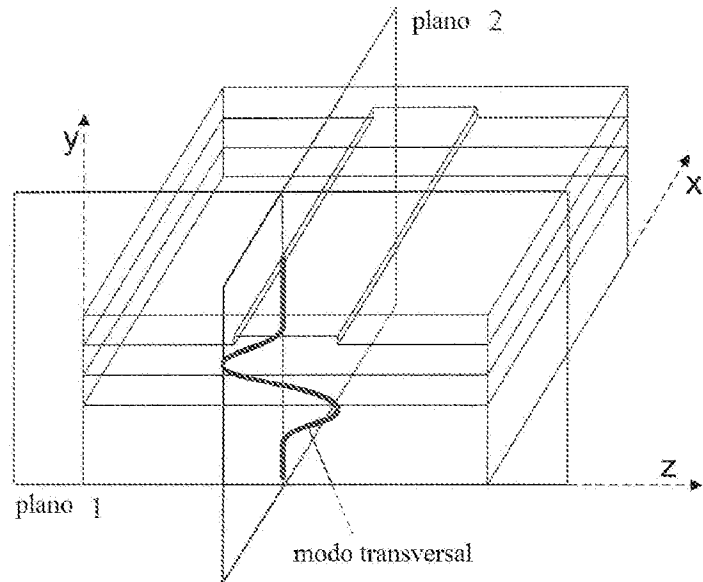


FIG. 6

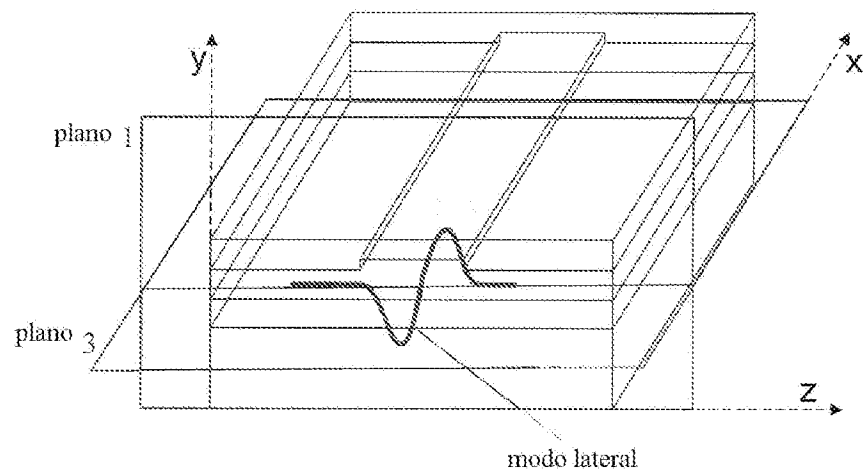


FIG. 7

7/9

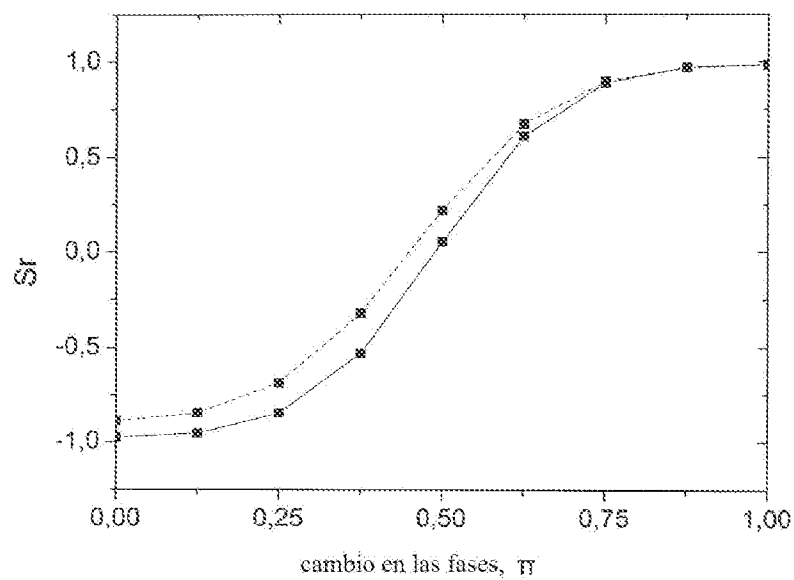


FIG. 8

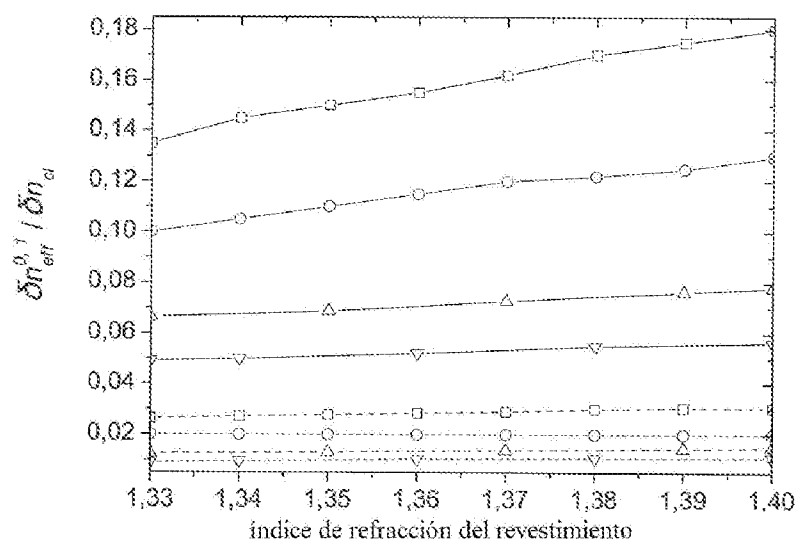
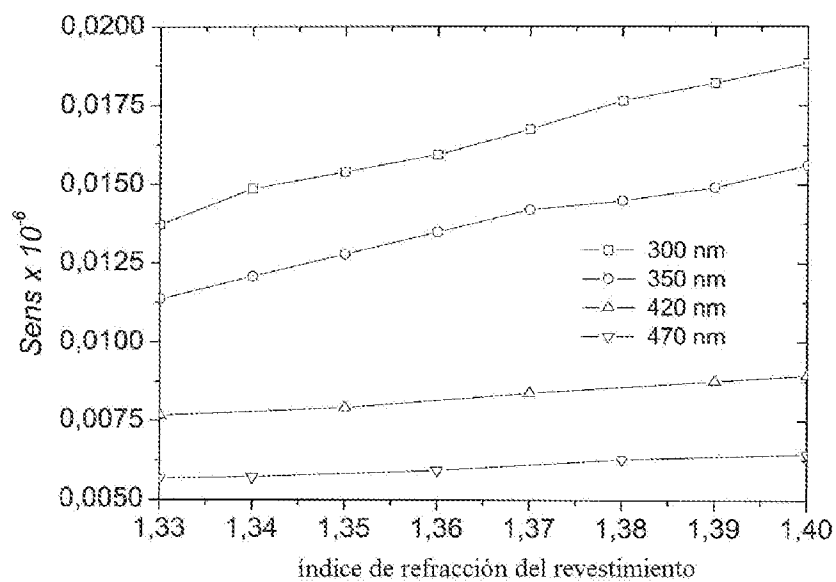
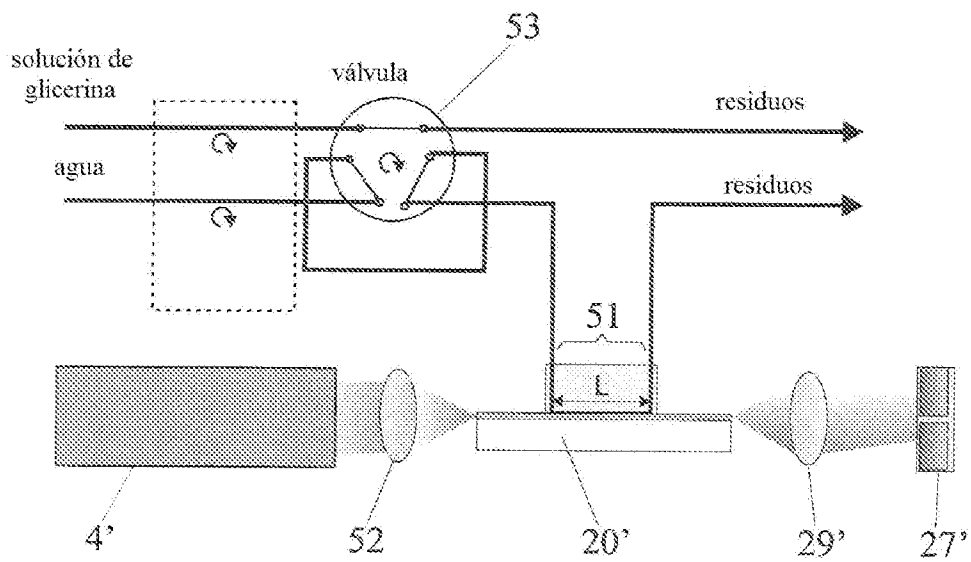
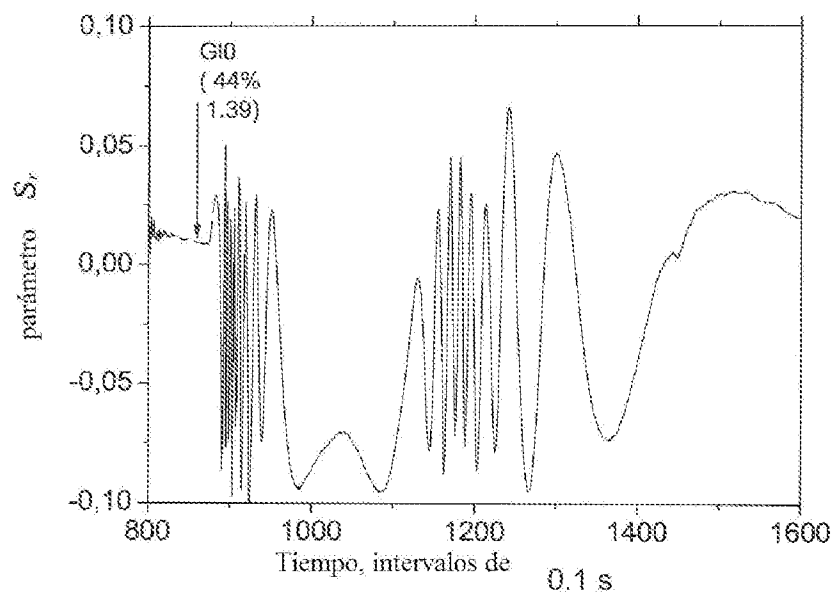
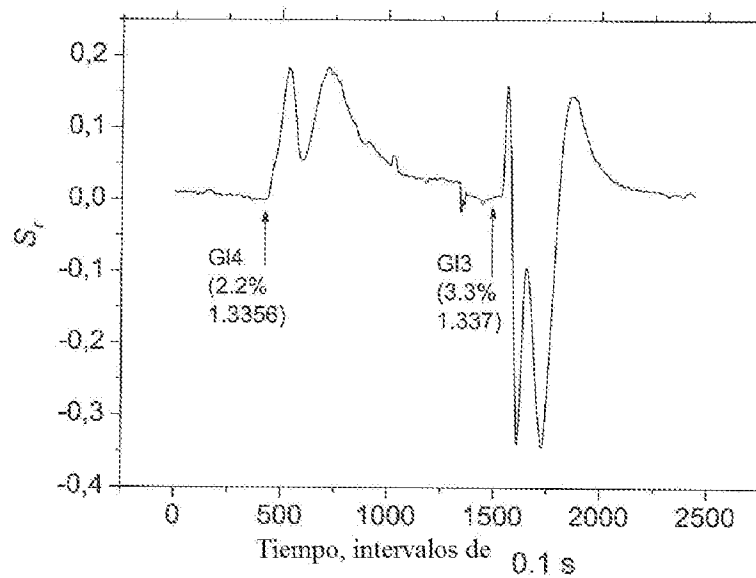


FIG. 9

8/9

**FIG. 10****FIG. 11**

9/9

**FIG. 12a****FIG. 12b**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ ES 2008/070142

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

see extra sheet

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N, G02 B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

INVENES, EPODOC, WPI, PAJ, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	COPPOLA, G.; of BOER, C. R.; BREGLIO, G.; IODICE, M.; IRACE, A. & SARRO, P. M.: "Temperature Optical Sensor Based on all Silicon Bimodal Waveguide". Proceedings of SESENS 2001, 30 of November of 2001, Veldhoven, Países Bajos, pages 777-782. ISBN 90-73461-29-4.	1-9, 11, 14-24
A	JP 2004145246 A (MURATA MANUFACTURING CO.) 20.05.2004, the whole document.	1-9, 11, 14-24
P, A	US 2008/0043248 A1 (OZCAN, M.) 21.02.2008, the whole document.	1-24
A	KR 100726206B B1 (KOREA RES. INST. OF STANDARDS) 01.06.2007.	
A	WO 00/26642 A1 (PHOTONIC SENSOR SYSTEMS) 11.05.2000.	

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T"	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance.		
"E" earlier document but published on or after the international filing date		
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"X"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"O" document referring to an oral disclosure use, exhibition, or other means	"Y"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
	"&"	document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17.December.2008 (17.12.2008)

Date of mailing of the international search report

(19-12-2008)

Name and mailing address of the ISA/
O.E.P.M.

Paseo de la Castellana, 75 28071 Madrid, España.

Facsimile No. 34 91 3495304

Authorized officer

O. González Peñalba

Telephone No. +34 91 349 54 75

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/ ES 2008/070142

Patent document cited in the search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 2004145246 A	20.05.2004	NONE	-----
-----	-----	-----	-----
US 2008043248 A	21.02.2008	NONE	-----
-----	-----	-----	-----
KR 100726206 B B	01.06.2007	NONE	-----
-----	-----	-----	-----
WO 0026642 A	11.05.2000	CA 2348503 A	11.05.2000
		EP 1127263 A	29.08.2001
		EP 19990971510	28.10.1999
		US 2002016005 A	07.02.2002
		JP 2002529695 T	10.09.2002
-----	-----	-----	-----

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ ES 2008/070142

CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 21/45 (2006.01)

G02B 6/12 (2006.01)

G02B 6/14 (2006.01)

G02B 27/56 (2006.01)

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional N°

PCT/ ES 2008/070142

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

Ver hoja adicional

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y CIP.

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01N, G02 B

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, PAJ, INSPEC

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones N°
X	COPPOLA, G.; de BOER, C. R.; BREGLIO, G.; IODICE, M.; IRACE, A. & SARRO, P. M.: "Temperature Optical Sensor Based on all Silicon Bimodal Waveguide". Proceedings of SESENS 2001, 30 de noviembre de 2001, Veldhoven, Países Bajos, páginas 777-782. ISBN 90-73461-29-4.	1-9, 11, 14-24
A	JP 2004145246 A (MURATA MANUFACTURING CO.) 20.05.2004, todo el documento.	1-9, 11, 14-24
P, A	US 2008/0043248 A1 (OZCAN, M.) 21.02.2008, todo el documento.	1-24
A	KR 100726206B B1 (KOREA RES. INST. OF STANDARDS) 01.06.2007.	
A	WO 00/26642 A1 (PHOTONIC SENSOR SYSTEMS) 11.05.2000.	

☐ En la continuación del Recuadro C se relacionan otros documentos ☒ Los documentos de familias de patentes se indican en el Anexo

* Categorías especiales de documentos citados:	"T"	documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.
"A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.	"X"	documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.
"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.	"Y"	documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.
"L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).	"&"	documento que forma parte de la misma familia de patentes.
"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.		
"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.		

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional.	Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional
17.Diciembre.2008 (17.12.2008)	19-DICIEMBRE-2008 (19-12-2008)

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional	Funcionario autorizado
O.E.P.M.	O. González Peñalba

Paseo de la Castellana, 75 28071 Madrid, España.

N° de fax 34 91 3495304

N° de teléfono +34 91 349 54 75

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Información relativa a miembros de familias de patentes

Solicitud internacional N°

PCT/ES 2008/070142

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de Publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de Publicación
JP 2004145246 A	20.05.2004	NINGUNO	-----
US 2008043248 A	21.02.2008	NINGUNO	-----
KR 100726206 B B	01.06.2007	NINGUNO	-----
WO 0026642 A	11.05.2000	CA 2348503 A	11.05.2000
		EP 1127263 A	29.08.2001
		EP 19990971510	28.10.1999
		US 2002016005 A	07.02.2002
		JP 2002529695 T	10.09.2002

CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

G01N 21/45 (2006.01)

G02B 6/12 (2006.01)

G02B 6/14 (2006.01)

G02B 27/56 (2006.01)