

(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
17 de agosto de 2017 (17.08.2017)

WIPO | PCT

(10) Número de Publicación Internacional
WO 2017/137646 A1

(51) Clasificación Internacional de Patentes:
G01J 4/04 (2006.01)

(21) Número de la solicitud internacional:
PCT/ES2017/070067

(22) Fecha de presentación internacional:
6 de febrero de 2017 (06.02.2017)

(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

(30) Datos relativos a la prioridad:
P201630162
11 de febrero de 2016 (11.02.2016) ES

(71) Solicitante: UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE
VALÈNCIA [ES/ES]; Servicio de Promoción y Apoyo a
la Investigación, la Innovación y la Transferencia, Edificio
Nexus (6G) – 3ª planta, Camí de Vera, s/n, 46022
VALENCIA (ES).

(72) Inventores: ESPINOSA SORIA, Alba; Servicio de
Promoción y Apoyo a la Investigación, la Innovación y la
Transferencia, Edificio Nexus (6G) – 3ª planta, Camí de
Vera, s/n, 46022 VALENCIA (ES). GRIOL BARRES,
Amadeu; Servicio de Promoción y Apoyo a la
Investigación, la Innovación y la Transferencia, Edificio
Nexus (6G) – 3ª planta, Camí de Vera, s/n, 46022

VALENCIA (ES). MARTÍNEZ ABIETAR, Alejandro
José; Servicio de Promoción y Apoyo a la Investigación, la
Innovación y la Transferencia, Edificio Nexus (6G) – 3ª
planta, Camí de Vera, s/n, 46022 VALENCIA (ES).

(74) Mandatario: MASLANKA KUBIK, Dorota Irena; C/
Vara de Rey 5 TER, 3º, Oficina 5, 26003 Logroño (La
Rioja) (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, BN,
BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ,
DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD,
GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP,
KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH,
PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Estados designados (a menos que se indique otra cosa,
para toda clase de protección regional admisible):
ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW,
SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ,
BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europea (AL, AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR MEASURING THE POLARISATION STATE OF AN INCIDENT BEAM

(54) Título : DISPOSITIVO Y MÉTODO PARA MEDIR EL ESTADO DE POLARIZACIÓN DE UN HAZ INCIDENTE

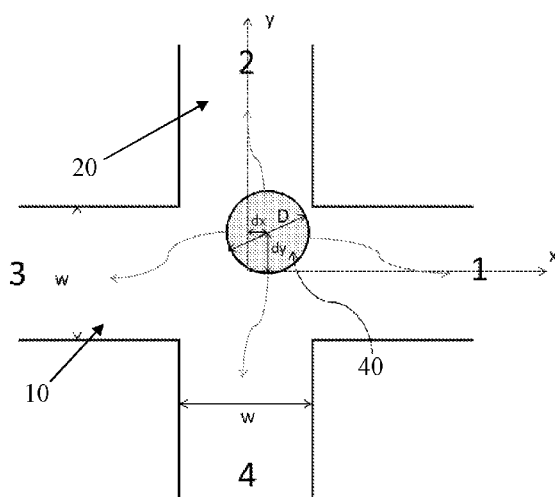


FIG. 1

(57) Abstract: The invention describes a device for measuring the polarisation state of a beam, comprising two waveguides that are perpendicular to each other and to the direction of propagation of the beam, intersecting in an intersection zone, the centre of which represents an origin of co-ordinates upon which the beam is incident; two means that cover the top and the bottom of the waveguides, having refraction indices at the wavelength of the beam lower than that of the waveguides; a diffuser in the intersection zone of the waveguides, offset from the origin of the coordinates by a different amount with respect to each of the longitudinal axes of the waveguides; and a power sensor at each of the four output ports of the waveguides. Also described is a corresponding method.

(57) Resumen: La invención describe un dispositivo para medir el estado de polarización de un haz que comprende dos guías de onda perpendiculares entre sí y a la dirección de propagación del haz, intersectándose en una zona de intersección

[Continúa en la página siguiente]



IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, **Publicada:**
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG,
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD,
TG).

— *con informe de búsqueda internacional (Art. 21(3))*

cuyo centro representa un origen de coordenadas sobre el que incide el haz; dos medios que recubren por arriba y por abajo dichas guías siendo sus índices de refracción a la longitud de onda del haz menores que el de las guías; un difusor en la zona de intersección de las guías y descentrado con respecto al origen de coordenadas en magnitudes diferentes con respecto a cada uno de los ejes longitudinales de las guías; y un sensor de potencia en cada uno de los cuatro puertos de salida de las guías. También se describe un método correspondiente.

DISPOSITIVO Y MÉTODO PARA MEDIR EL ESTADO DE POLARIZACIÓN
DE UN HAZ INCIDENTE

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere al campo de las ondas electromagnéticas, y más concretamente a la medición del estado de polarización de ondas electromagnéticas, por ejemplo, de un haz de luz.

10 Antecedentes de la invención

- La polarización es una propiedad fundamental de las ondas electromagnéticas, incluyendo la luz. Una onda electromagnética consiste en un campo eléctrico y otro magnético perpendiculares entre sí que oscilan en un plano
- 15 perpendicular (llamado plano de polarización) a la dirección de propagación de dicha onda. La polarización de dicha onda se refiere a la oscilación del vector campo eléctrico en el plano perpendicular a la dirección de propagación. La proyección de la parte real del vector
- 20 campo eléctrico sobre el plano de polarización describe en general una elipse con un sentido de rotación asociado (que puede ser a izquierdas o a derechas) que se denomina elipse de polarización. Dicha elipse define la polarización de una onda electromagnética. Si la relación entre los ejes de la
- 25 elipse es la unidad, la polarización es circular. Si dicha relación es infinito, entonces la polarización es lineal. En general, puede considerarse que el plano de polarización es el plano xy mientras que la onda se propaga en paralelo al eje z.
- 30 En numerosas aplicaciones (química, astronomía, comunicaciones ópticas) es absolutamente necesario conocer el estado de polarización (EDP) de una onda electromagnética. Para ello, una forma habitual de

representación paramétrica que no requiere ninguna descripción gráfica (como el caso de la elipse de polarización) es el uso del vector de Stokes $\vec{S}$, compuesto por cuatro elementos, que se obtiene a partir de seis parámetros definidos en unidades de unidad de potencia (W/m²) según la ecuación (1) a continuación:

$$\vec{S} = \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_H + I_V \\ I_H - I_V \\ I_{45} + I_{135} \\ I_R - I_L \end{bmatrix} \quad (1)$$

donde I_H , I_V , I_{45} , I_{135} , I_R e I_L corresponden, respectivamente, a la densidad de potencia de la onda electromagnética incidente medida por polarizadores ideales para polarización lineal horizontal, polarización lineal vertical, polarización lineal oblicua a 45°, polarización lineal oblicua a 135°, polarización circular a derechas y polarización circular a izquierdas.

Para medir el EDP de una onda electromagnética monocromática se utiliza habitualmente un conjunto de Q analizadores de polarización cuya respuesta es una cierta potencia óptica P_q ($q = 1, \dots, Q$), que puede expresarse mediante un vector $\vec{P}$. Dicha respuesta puede caracterizarse mediante un vector de cuatro componentes, $\vec{A} = [a_{q,1}, a_{q,2}, a_{q,3}, a_{q,4}]$ definidos por las siguientes ecuaciones (2) a (5):

$$a_{q,1} = b_{q,H} + b_{q,V} \quad (2)$$

$$a_{q,2} = b_{q,H} - b_{q,V} \quad (3)$$

$$a_{q,3} = b_{q,45} - b_{q,135} \quad (4)$$

$$a_{q,4} = b_{q,R} - b_{q,L} \quad (5)$$

donde los coeficientes $b_{q,i}$ se definen como el cociente entre la potencia medida por el analizador q -ésimo P_q cuando se incide con una polarización ideal i (i puede ser H, V, 45, 135, R y L, siguiendo la nomenclatura de la definición de los parámetros de Stokes) y la densidad de potencia de la onda incidente.

La respuesta total del sistema de analizadores es la matriz de medida polarimétrica $\vec{W}$, que es una matriz $4 \times Q$ que contiene en su fila q -ésima el vector $\vec{A}$ correspondiente a la respuesta del analizador q -ésimo. La matriz $\vec{W}$ se expresa mediante la siguiente ecuación (6):

$$\vec{W} = \begin{bmatrix} \vec{A}_1 \\ \dots \\ \vec{A}_q \\ \dots \\ \vec{A}_Q \end{bmatrix} \quad (6)$$

Así se obtiene la siguiente relación matricial, definida por la ecuación (7):

$$\vec{P} = \vec{W} \cdot \vec{S} \quad (7)$$

donde $\vec{S}$ es el vector de Stokes de una señal de entrada cualquiera. Si $Q=4$ y las salidas de cada analizador son linealmente independientes, entonces $\vec{W}$ es invertible, y el vector de Stokes de la señal incidente, que proporciona la información completa sobre el EDP, se obtiene según la siguiente ecuación (8):

$$\vec{S} = \vec{W}^{-1} \vec{P} \quad (8)$$

Un dispositivo que cumple los requisitos anteriores y que permite determinar completamente los cuatro parámetros de Stokes de una onda incidente, y por tanto su EDP, se denomina polarímetro de Stokes.

Para el caso concreto de medida del EDP de luz que se propaga en espacio libre se usan generalmente como analizadores de polarización una combinación de platos de cuarto de onda y polarizadores lineales, pudiéndose rotar algunos de ellos mecánicamente. Además, pueden estar dispuestos en serie (cada analizador mide la polarización de la señal a la salida del analizador anterior) o en paralelo (se usa un divisor para obtener cuatro haces de luz a partir del haz de luz inicial y se usan distintos analizadores, linealmente independientes, para cada haz). Como ejemplo de este último caso se puede mencionar el documento US 3572938. Dichos componentes, tanto platos de cuarto de onda como polarizadores lineales, son voluminosos (tamaño de varios órdenes de magnitud mayor a la longitud de onda que se quiere medir) y caros de fabricar. Además, si hay que rotar los platos mecánicamente para obtener medidas en distintos instantes temporales (por ejemplo, normalmente se rota el plato en cuatro posiciones angulares distintas, luego la luz pasa por un polarizador lineal fijo y se mide la potencia a la salida), no es posible medir el EDP en tiempo real.

Para medir el EDP de luz que se propaga en fibra óptica se usan componentes similares a los anteriormente mencionados, pero integrados en fibra. Por ejemplo, en la patente US 6211957 se describe un polarímetro en fibra que usa, además de un plato de cuarto de onda inscrito en la fibra, una red de difracción para muestrear la potencia de la luz guiada. Este tipo de polarímetros se denomina en línea ya que sólo se extrae una porción de la onda guiada para medir su EDP y el resto continúa viajando por la fibra, por lo que es muy útil en redes de comunicaciones ópticas. No obstante, también en este caso se trata de componentes con un tamaño superior al de la longitud de

onda, que no pueden integrarse ni extenderse a otros rangos de longitud de onda. Además, su coste es muy elevado.

Para conseguir la miniaturización de un polarímetro (en principio se podría pensar en reducir su tamaño incluso
5 por debajo de la longitud de onda de la luz de la que se quiere medir su EDP) y, en consecuencia, una reducción en su coste, recientemente han surgido diferentes trabajos de investigación proponiendo nuevas aproximaciones basadas en la respuesta óptica de metales estructurados en la micro y
10 nanoescala. Podemos clasificar estos trabajos en polarizadores basados en resonadores plasmónicos y polarizadores basados en metasuperficies.

A la primera clase pertenecen los siguientes trabajos:

F. Afshinmanesh, J. S. White, W. Cai, M.L. Brongersma
15 ("Measurement of the polarization state of light using an integrated plasmonic polarimeter". Nanophotonics 1, 125-129 (2012)) e Y. B. Xie, Z.-Y. Liu, Q.-J. Wang, Y.-Y. Zhu, X.-J Zhan, X.-J. ("Miniature polarization analyzer based on surface plasmon polaritons". Appl. Phys. Lett. 105, 101017
20 (2014)), que demuestran la medición completa de EDP usando nanoestructuras metálicas que actúan como analizadores de polarización en paralelo linealmente independientes. En estos artículos se obtienen todos los parámetros de Stokes de la onda electromagnética incidente usando una estructura
25 de medida con un tamaño muy reducido, por debajo de las 10 μm^2 , pero las estructuras empleadas presentan muchos inconvenientes: para fabricarlas hay que perforar el metal con resolución nanométrica, lo que no permite su producción a bajo coste; producen muchas pérdidas en la señal que
30 miden, por lo que no se pueden usar como polarímetros en línea; no son de banda ancha, ya que la respuesta se produce en un pequeño margen espectral; el concepto no es exportable a otros regímenes de frecuencia de la señal

electromagnética. A la segunda pertenecen los siguientes artículos:

D. Wen et al. ("Metasurface for characterization of the polarization state of light". Opt. Express 23, 10272-10281 (2015)) demuestran la medición del EDP no completa usando una metasuperficie formada por nanoestructuras metálicas. Este trabajo es mejorado en A. Pors et al., ("Plasmonic metagratings for simultaneous determination of Stokes parameters," Optica 2, 716-723 (2015)) donde el uso de tres metasuperficies puestas en proximidad sí que permiten extraer la EDP completa a partir de mediciones de intensidad de haces difractados en direcciones diferentes a la normal (eje z) no contenidas en el plano de polarización xy, y cuya dirección de propagación variaría según la longitud de onda. Para medir la intensidad de dichos haces de forma sencilla sería más práctico que los haces se propagasen sobre el plano de polarización, donde se ha creado la metasuperficie, de forma que sea sencillo una interconexión a fibras ópticas externas (para realizar la medida de intensidad). Esta es la novedad introducida en el artículo J. P. Balthasar Mueller, Kristjan Leosson, and Federico Capasso, "Ultracompact metasurface in-line polarimeter," Optica 3, 42-47 (2016) donde la metasuperficie diseñada y situada en el plano xy permite generar cuatro haces de luz propagándose en distintas direcciones sobre un medio dieléctrico situado en dicho plano, siendo la potencia de cada uno de estos cuatro haces proporcional a estados de polarización elípticos de la onda incidente. Tras ello, la potencia de cada haz se extrae usando redes de difracción y es medida externamente, lo que permite recomponer el EDP. En todos los polarímetros basados en metasuperficies el tamaño de la región de medida (donde incide la luz que se quiere medir) y que definiría

el tamaño mínimo del polarímetro en el plano xy es del orden de decenas de μm^2 . Además todos ellos emplean metales nanoestructurados, lo que dificulta la fabricación (sobre todo a gran escala) e introduce pérdidas de absorción que
5 reducirían las prestaciones del medidor de EDP.

Por tanto, sigue existiendo en la técnica la necesidad de dispositivos y métodos que permitan medir el estado de polarización de un haz de radiación electromagnética que superen las desventajas de la técnica anterior. En
10 concreto, sería deseable disponer de un dispositivo de este tipo que reduzca los costes de producción, por ejemplo, evitando la inclusión de metales nanoestructurados. En ese sentido, sería muy adecuado que el dispositivo pudiese ser fabricado completamente usando tecnología microelectrónica
15 de silicio, que permite la fabricación a gran escala y bajo coste (por dispositivo). También sería deseable disponer de un dispositivo de este tipo cuyo tamaño sea reducido con respecto a los de la técnica anterior, ya que la nanofotónica está permitiendo obtener dispositivos con
20 tamaños incluso por debajo de la longitud de onda de la radiación incidente, lo cual ayudaría adicionalmente a reducir sus costes de producción (posibilidad de fabricar más chips en una misma oblea). También sería deseable disponer de un dispositivo que permita medir el estado de
25 polarización de un haz de radiación electromagnética de manera sencilla, rápida, en tiempo real y tanto de haces que se propagan en espacio libre como de haces que se propagan por fibra.

30 Sumario de la invención

En un primer aspecto la presente invención da a conocer un dispositivo para medir el estado de polarización de un haz incidente de radiación electromagnética. El

dispositivo comprende:

- dos guías de onda situadas sobre un mismo plano, perpendiculares entre sí y perpendiculares a la dirección de propagación del haz incidente, formadas por materiales dieléctricos o semiconductores que se intersecan en una zona de intersección cuyo centro representa un origen de coordenadas sobre el que incide el haz incidente;
- dos medios, también dieléctricos o semiconductores, que recubren por arriba y por abajo dichas guías de onda de tal manera que sus índices de refracción a la longitud de onda del haz incidente son menores que el índice de refracción de las guías de onda;
- un difusor del haz incidente, estando el difusor situado en la zona de intersección de las guías de onda y descentrado con respecto al origen de coordenadas en magnitudes diferentes con respecto a cada uno de los ejes longitudinales de las guías de onda; y
- un sensor para medir la potencia de un haz de salida dispuesto en cada uno de los cuatro puertos de salida de las guías de onda.

Adicionalmente, según una realización preferida de la presente invención, el dispositivo comprende además medios de cálculo para determinar el estado de polarización del haz incidente mediante el cálculo del vector de Stokes $\vec{S}$ a partir de la inversa de la matriz de medida polarimétrica $\vec{W}$ y el vector de potencia $\vec{P}$, determinadas a su vez por los sensores, según la ecuación:

$$\vec{S} = \vec{W}^{-1} \vec{P}$$

Alternativamente, según otra realización preferida de

la presente invención, el dispositivo comprende además medios de conexión con un dispositivo de cálculo externo (por ejemplo, un ordenador) para enviar los valores de potencia detectados por los sensores a dicho dispositivo de
5 cálculo externo, encargándose este último de calcular el estado de polarización del haz incidente a partir de los valores de potencia enviados por los medios de conexión.

Según un segundo aspecto de la presente invención, se da a conocer un método para medir el estado de polarización
10 de un haz incidente de radiación electromagnética. El método comprende las etapas de:

- a) hacer incidir un haz de radiación electromagnética sobre un difusor;
- b) difundir el haz incidente, mediante dicho difusor,
15 a lo largo de cuatro direcciones definidas por dos guías de onda perpendiculares;
- c) medir la potencia de un haz de salida en cada una de las cuatro salidas de dichas dos guías de onda;
- d) calcular la matriz de medida polarimétrica $\vec{W}$ y el
20 vector de potencia $\vec{P}$ correspondientes al haz incidente a partir de la potencia medida en la salida de las guías de onda; y
- e) calcular el vector de Stokes $\vec{S}$ a partir de la inversa de la matriz de medida polarimétrica $\vec{W}$ y
25 el vector de potencia $\vec{P}$ calculadas en la etapa d), siendo el vector de Stokes $\vec{S}$ representativo del estado de polarización del haz incidente.

Breve descripción de las figuras

30 La presente invención se entenderá mejor con referencia a las siguientes figuras que ilustran una realización preferida de la invención, proporcionada a modo

de ejemplo, y que no debe interpretarse como limitativa de la invención de ninguna manera.

La figura 1 es una vista desde arriba de un dispositivo según la realización preferida de la presente
5 invención.

La figura 2 es una vista en sección transversal del dispositivo mostrado en la figura 1.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

10 A continuación se proporciona una descripción detallada de una realización preferida de la presente invención.

Las figuras 1 y 2 muestran una vista desde arriba y en sección transversal, respectivamente, de la estructura de
15 un dispositivo según la realización preferida de la presente invención para medir el EDP.

Tal como puede apreciarse en la figura 1, el dispositivo comprende dos guías de onda (10, 20) situadas sobre un mismo plano, perpendiculares entre sí y
20 perpendiculares a la dirección de propagación del haz incidente (50) que va a medirse. Las guías de onda (10, 20) están formadas por materiales dieléctricos o semiconductores, preferiblemente transparentes a la longitud de onda en consideración del haz incidente (50).
25 Preferiblemente las guías de onda son de un material seleccionado del grupo que comprende silicio y nitruro de silicio. Además, las guías de onda (10, 20) se intersecan en una zona de intersección cuyo centro representa un origen de coordenadas sobre el que incide el haz incidente
30 (50). En la figura 1 se muestra el origen de coordenadas como la intersección entre el eje x y el eje y, correspondiendo cada uno de estos ejes con el eje longitudinal de una de las guías de onda (10, 20). En la

figura 2 se muestra el origen de coordenadas como la intersección entre el eje z y el eje x, correspondiendo el eje z al eje de desplazamiento del haz incidente (50).

Las guías de onda (10, 20) representan un primer medio
5 (30). Para conseguir confinar la radiación electromagnética del haz incidente (50) en las mismas, se recubren por arriba y por abajo con dos medios (32, 34) también dieléctricos o semiconductores tales que sus índices de refracción (n_2 , n_3) a la longitud de onda de interés son
10 menores que el índice de refracción (n_1) de las guías de onda (10, 20): $n_1 > n_2$, n_3 .

Las guías de onda (10, 20) presentan una sección rectangular de anchura w y altura t . Si n_1 es suficientemente alto, las dimensiones de las guías de onda
15 (10, 20) w y t serán menores que la longitud de onda de la radiación que pueden confinar y guiar.

El dispositivo comprende además un difusor (40) del haz incidente (50) que presenta preferiblemente simetría de revolución alrededor de un eje correspondiente a la
20 dirección de propagación del haz incidente (50), es decir, alrededor del eje z según la representación en las figuras 1 y 2. El difusor (40) es de un material dieléctrico, metálico o semiconductor (no necesariamente transparente a la longitud de onda en consideración). En la realización
25 mostrada en las figuras 1 y 2 se trata concretamente de un cilindro de diámetro D y altura h , siendo ambas dimensiones menores que la longitud de onda del haz incidente (50).

El difusor (40) se sitúa a nivel de la zona de intersección de las guías de onda (10, 20) y descentrado
30 con respecto al origen de coordenadas en magnitudes diferentes con respecto a cada uno de los ejes longitudinales de las guías de onda (10, 20). Dicho de otro modo, el centro del difusor (40) se encuentra en un punto

definido por las coordenadas dx y dy , de tal manera que $dx \neq dy$ y $dx, dy \neq 0$. Dicha asimetría en el posicionamiento del difusor (40) es fundamental en el funcionamiento del dispositivo como se mostrará a continuación.

5 Según la realización preferida de la presente invención mostrada en las figuras 1 y 2, el difusor (40) se sitúa sobre las guías de onda (10, 20). A lo largo de la memoria el término "sobre" podrá interpretarse tanto por "encima" como por "debajo". También se prevé que en una
10 realización alternativa el difusor (40) puede situarse dentro de la zona de intersección entre las dos guías de onda (10, 20), penetrando parcial o totalmente, por ejemplo creando un agujero de sección circular que atraviesa completamente las guías de onda (10, 20) en la posición
15 requerida.

En el caso de que el difusor (40) se sitúe dentro de la zona de intersección entre las dos guías de onda (10, 20), penetrando parcial o totalmente, el material del difusor ha de ser distinto que el de las guías de onda. De
20 este modo existe la discontinuidad necesaria para que el difusor pueda desarrollar su función adecuadamente.

En el caso de que el difusor (40) se sitúe sobre las guías de onda (10, 20), el propio aire que lo rodea provoca la discontinuidad necesaria (aire-material del difusor),
25 por lo que el difusor en este caso, puede ser de cualquier material, conductor, semiconductor, dieléctrico, etc., pudiendo ser del mismo material que el de las guías de onda (10, 20).

Aunque no se muestra en las figuras, el dispositivo
30 también comprende un sensor para medir la potencia de un haz de salida dispuesto en cada uno de los cuatro puertos de salida de las guías de onda. Dicho sensor puede ser cualquier sensor conocido y usado habitualmente en la

técnica con este fin y por tanto no se describirá adicionalmente en el presente documento.

Aunque no se muestra en las figuras adjuntas, el dispositivo de la presente invención puede comprender
5 además, en una realización preferida del mismo, medios de cálculo para determinar el estado de polarización del haz incidente (50) tal como se describió anteriormente en el presente documento. En concreto, el estado de polarización se determina mediante el cálculo del vector de Stokes $\vec{S}$ a
10 partir de la inversa de la matriz de medida polarimétrica $\vec{W}$ y el vector de potencia $\vec{P}$, determinadas a su vez por los sensores, según la siguiente ecuación:

$$\vec{S} = \vec{W}^{-1} \vec{P}$$

Según otra realización alternativa no mostrada en las
15 figuras adjuntas, el dispositivo comprende además medios de conexión con un dispositivo de cálculo externo para enviar los valores de potencia detectados por los sensores a dicho dispositivo de cálculo externo. En este caso, dicho dispositivo de cálculo externo, por ejemplo un ordenador,
20 realiza los cálculos finales para la determinación del estado de polarización del haz incidente (50) tal como se describió anteriormente en el presente documento.

En concreto, al incidir una onda electromagnética monocromática (con una longitud de onda λ) con dirección -z
25 sobre la intersección que contiene el difusor (40), éste actuará como tal, difundiendo parte de la radiación electromagnética que le incide en todas las direcciones. Parte de la radiación electromagnética que difunde se acoplará a modos de las guías de onda (10, 20) (nótese que
30 las guías pueden ser multimodales) situadas bajo el difusor (40). Dicha radiación electromagnética se detecta a la

salida de las guías de onda (10, 20), en cada uno de los cuatro puertos de salida (1, 2, 3, 4) a los que se dirige la radiación electromagnética tal como se muestra mediante las flechas de la figura 1. Por ejemplo, la radiación
5 electromagnética total que se guía hacia la dirección +x podrá detectarse como potencia P_1 en el puerto 1 (figura 1), y así sucesivamente para los puertos 2, 3 y 4.

Resulta clave que al colocar el difusor (40) de forma asimétrica con respecto de los principales ejes de simetría
10 del plano $z=0$, la respuesta del difusor (40) dependerá de la polarización de la radiación electromagnética incidente. Esto es debido al efecto Hall cuántico de espín de la luz, en especial, presente en los campos evanescentes de la estructura propuesta. En particular, la potencia guiada
15 hacia cada puerto de salida será diferente dependiendo de si la polarización de la radiación electromagnética monocromática incidente es lineal horizontal (H), lineal vertical (V), lineal oblicua a 45° (45), lineal oblicua a 135° (135), circular a derechas (R) o circular a izquierdas
20 (L). Esto se debe a que al poner de forma asimétrica el difusor, la interacción entre la radiación electromagnética incidente y las guías de onda (10, 20) viene mediada por el solapamiento de la radiación electromagnética difundida con los componentes de campo eléctrico de las ondas guiadas en
25 las direcciones x e y en la región de campo evanescente por encima de las guías de onda (10, 20). Por tanto, la potencia guiada dependerá de la polarización de la onda incidente (se mapea la polarización en potencia). Además, por la disposición asimétrica del difusor (40) también
30 resulta que la potencia guiada hacia cada puerto de salida será diferente y no estarán relacionadas linealmente entre sí (esto no sucedería, por ejemplo, en el caso $dx=dy$). Por tanto, se obtienen cuatro mediciones de potencia

dependientes de la polarización de entrada independientes entre sí, lo cual es equivalente a disponer de cuatro analizadores de polarización funcionando simultáneamente y en tiempo real. Es decir, se obtiene un polarímetro de Stokes cuya región activa tiene un tamaño mucho menor que la longitud de onda ($w, h, t, D < \lambda$).

Los coeficientes $b_{q,i}$ que posibilitan la construcción de la matriz $\vec{W}$ se obtienen de forma muy sencilla (principalmente porque solo hay que medir potencia, no la fase) para la longitud de onda de iluminación $b_{q,i}$ como el cociente entre la potencia medida en el puerto de salida q -ésimo (de 1 a 4) cuando incide un haz de radiación electromagnética polarización ideal i (de nuevo, i puede ser H, V, 45, 135, R y L, siguiendo la nomenclatura de la definición de los parámetros de Stokes) y la densidad de potencia de la onda incidente. La obtención de la matriz $\vec{W}$ para la longitud de onda λ equivale a calibrar el polarímetro de Stokes. Una vez calibrado permitiría la obtención inmediata del EDP de cualquier haz de radiación electromagnética incidente aplicando la ecuación (8) anterior. Tal como se mencionó anteriormente, la asimetría del dispositivo es la que hace que $\vec{W}$ sea invertible.

A lo largo de la descripción anterior se ha considerado que el EDP se mide para una determinada longitud de onda del haz incidente (50), que es la longitud de onda para la que se determina la matriz $\vec{W}$. Sin embargo, el dispositivo de la presente invención puede extenderse fácilmente a la determinación del EDP en múltiples longitudes de onda, ya que mientras las guías de onda no estén al corte, el dispositivo funcionará. De ese modo, si se mide el espectro óptico en los cuatro puertos de salida, será sencillo determinar la matriz $\vec{W}$ para un

cierto rango espectral, lo que posibilitaría que el dispositivo funcione a modo de un espectropolarímetro.

En un ejemplo práctico de realización para la medición con un haz incidente (50) a una longitud de onda de 1550 nm
5 (correspondiente a la banda de tercera ventana de comunicaciones ópticas), se usarán guías de onda (10, 20) de silicio de dimensiones $w = 400$ nm, $t = 250$ nm. Debe indicarse que la longitud de las guías de onda (10, 20) no supone ninguna limitación en la implementación del
10 dispositivo. El medio (32) por encima de las guías de onda (10, 20) es aire y el medio (34) por debajo de las mismas es dióxido de sílice. El difusor es un disco de oro de dimensiones $D = 200$ nm y $h = 40$ nm cuyo centro se sitúa en el punto definido por las coordenadas $dx = -50$ nm y $dy =$
15 100 nm.

El haz incidente (50) puede ser cualquier radiación electromagnética cuyo estado de polarización deba determinarse. Según una realización preferida de la presente invención, el haz incidente (50) es un haz de luz.
20 Según un segundo aspecto, la presente invención da a conocer un método para medir el estado de polarización de un haz incidente de radiación electromagnética que comprende las etapas de:

- 25 a) hacer incidir un haz de radiación electromagnética sobre un difusor que presenta preferiblemente simetría de revolución alrededor de un eje correspondiente a la dirección de propagación del haz;
- b) difundir el haz incidente, mediante dicho difusor,
30 a lo largo de cuatro direcciones definidas por dos guías de onda perpendiculares;
- c) medir la potencia de un haz de salida en cada una de las cuatro salidas de dichas dos guías de onda;

- d) calcular la matriz de medida polarimétrica $\vec{W}$ y el vector de potencia $\vec{P}$ correspondientes al haz incidente a partir de la potencia medida en la salida de las guías de onda; y
- 5 e) calcular el vector de Stokes $\vec{S}$ a partir de la inversa de la matriz de medida polarimétrica $\vec{W}$ y el vector de potencia $\vec{P}$ calculadas en la etapa d), siendo el vector de Stokes $\vec{S}$ representativo del estado de polarización del haz incidente.
- 10 El método dado a conocer por la presente invención puede llevarse a cabo mediante el uso de un dispositivo según la presente invención, tal como se describió anteriormente en el presente documento. Por tanto, todas las limitaciones y preferencias anteriormente descritas
- 15 relacionadas con el dispositivo de la presente invención también son aplicables al método según el segundo aspecto de la presente invención.

En el ejemplo práctico de realización descrito, se hizo incidir un haz de luz sobre el difusor, el cual

20 difundió el haz incidente hacia las cuatro salidas definidas por las guías de onda. Se midió la potencia en cada una de las salidas mencionadas cuando el dispositivo se iluminó con luz de una longitud de onda de 1550 nm, una densidad de potencia de 1 mW/ μm^2 y seis EDPs diferentes,

25 correspondientes a polarización lineal horizontal, polarización lineal vertical, polarización lineal oblicua a 45°, polarización lineal oblicua a 135°, polarización circular a derechas y polarización circular a izquierdas. Se determinaron los coeficientes $b_{q,i}$ en cada puerto de

30 salida (q) para los seis estados de polarización (i) y se configuró la matriz de medida polarimétrica $\vec{W}$ mediante la

combinación apropiada de dichos coeficientes, tal y como se detalla al principio del presente documento, quedando la matriz de medida polarimétrica de la siguiente manera

$$\vec{W} = \begin{pmatrix} b_{1,H} + b_{1,V} & b_{1,H} - b_{1,V} & b_{1,45} - b_{1,135} & b_{1,R} - b_{1,L} \\ b_{2,H} + b_{2,V} & b_{2,H} - b_{2,V} & b_{2,45} - b_{2,135} & b_{2,R} - b_{2,L} \\ b_{3,H} + b_{3,V} & b_{3,H} - b_{3,V} & b_{3,45} - b_{3,135} & b_{3,R} - b_{3,L} \\ b_{4,H} + b_{4,V} & b_{4,H} - b_{4,V} & b_{4,45} - b_{4,135} & b_{4,R} - b_{4,L} \end{pmatrix}$$

- 5 El resultado de las combinaciones, representados en magnitudes de área efectiva (μm^2), fue el siguiente:

$$\vec{W} = 10^{-3} \begin{pmatrix} 58.16 & -57.98 & 4.43 & 2.34 \\ 63.47 & 60.74 & -18.85 & 1.23 \\ 67.66 & -63.33 & -22.94 & -4.18 \\ 53.02 & 52.56 & -6.82 & -2.74 \end{pmatrix}$$

- Una vez calculada la matriz de medida polarimétrica, se midió la potencia en cada una de las salidas para un haz incidente con un estado de polarización cualquiera, a partir de la cual, y junto con la inversa de la matriz de medida polarimétrica $\vec{W}$, se pudo calcular el vector de Stokes representativo del estado de polarización del haz incidente.

- 15 Por ejemplo, consideramos incidencia con polarización lineal a 50° respecto del eje de coordenadas x. Para este haz incidente y la configuración descrita, el resultado de la potencia recibida en las salidas tomando dos decimales fue (en mW):

$$\vec{P}_{50} = 10^{-3} \begin{pmatrix} 68.3 \\ 38.72 \\ 51.1 \\ 41.05 \end{pmatrix}$$

20

- A partir de la potencia medida en las cuatro salidas para el haz de luz con polarización lineal a 50° ($\vec{P}_{50}$) y la inversa de la matriz de medida polarimétrica $\vec{W}$, se pudo calcular el vector de Stokes representativo del estado de polarización del haz incidente (en $\text{mW}/\mu\text{m}^2$)

$$\vec{S}_{50} = \vec{W}^{-1} \vec{P}_{50} = \begin{pmatrix} 1 \\ -0.0988 \\ 0.9943 \\ 0 \end{pmatrix}$$

que se ajusta muy bien al vector de Stokes representativo de un haz de luz con un estado de polarización lineal ideal con una inclinación de 50 grados, con mínimas diferencias por el hecho de truncar los cálculos a dos decimales así como a pequeñas inestabilidades en la reconstrucción del vector de Stokes $\vec{S}$ mediante la matriz de medida polarimétrica $\vec{W}$. Estas inestabilidades pueden corregirse mediante el condicionamiento de la matriz de medida polarimétrica. En la configuración preferente estudiada como ejemplo tenemos un número de condicionamiento de la matriz de $\kappa = 41.5$, siendo el número de condicionamiento óptimo $\kappa_{opt} = \sqrt{20}$.

Tal como puede apreciarse a partir de la descripción anterior, la presente invención, y en concreto la realización preferida de la misma, proporciona una serie de ventajas con respecto a los dispositivos conocidos de la técnica anterior, tales como por ejemplo:

- Permite obtener los cuatro parámetros de Stokes.
- El dispositivo es de aplicación universal: a pesar del gran interés de la medición del EDP de la luz, el dispositivo de la presente invención puede aplicarse a cualquier frecuencia de la radiación electromagnética en consideración.
- El tamaño de la región activa en la que se mide la polarización es menor que la longitud de onda incidente (miniaturización del dispositivo de medición).
- Puede usarse para medir el EDP en un enorme rango espectral, siendo por tanto factible su uso en espectropolarimetría.

- Puede fabricarse usando tecnología estándar de micro-fabricación en silicio, evitando así la inclusión de metales nanoestructurados, lo que repercutirá en un bajo coste de fabricación a gran escala.

5 - No necesita componentes mecánicos, y permite por tanto la medición del EDP en tiempo real.

- Permite la medición del EDP de luz que se propaga en espacio libre así como de luz dentro de una fibra óptica en configuración en línea.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para medir el estado de polarización de un haz incidente (50) de radiación electromagnética que comprende:
 - 5 - dos guías de onda (10, 20) perpendiculares entre sí y perpendiculares a la dirección de propagación del haz incidente (50), formadas por materiales dieléctricos o semiconductores que se intersecan en una zona de intersección cuyo centro representa un
10 origen de coordenadas sobre el que incide el haz incidente (50);
 - dos medios (32, 34), también dieléctricos o semiconductores, que recubren por arriba y por abajo dichas guías de onda (10, 20) de tal manera
15 que sus índices de refracción a la longitud de onda del haz incidente (50) son menores que el índice de refracción de las guías de onda (10, 20);
 - un difusor (40) del haz incidente (50) situado en la zona de intersección de las guías de onda (10,
20 20) y descentrado con respecto al origen de coordenadas en magnitudes diferentes con respecto a cada uno de los ejes longitudinales de las guías de onda (10, 20); y
 - un sensor para medir la potencia de un haz de
25 salida dispuesto en cada uno de los cuatro puertos de salida (1, 2, 3, 4) de las guías de onda (10, 20).
2. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por que el difusor (40) se sitúa sobre las guías de
30 onda (10, 20).
3. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por que el difusor (40) se sitúa dentro de la zona de intersección entre las dos guías de onda (10, 20).

4. Dispositivo según la reivindicación 3, caracterizado por que el difusor (40) es de un material distinto al de las guías de onda (10, 20).
5. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el difusor (40) del haz incidente (50) presenta simetría de revolución alrededor de un eje correspondiente a la dirección de propagación del haz incidente (50).
6. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende además medios de cálculo para determinar el estado de polarización del haz incidente (50) mediante el cálculo del vector de Stokes $\vec{S}$ a partir de la inversa de la matriz de medida polarimétrica $\vec{W}$ y el vector de potencia $\vec{P}$, determinadas a su vez por los sensores, según la siguiente ecuación:

$$\vec{S} = \vec{W}^{-1} \vec{P}$$

7. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que comprende además medios de conexión con un dispositivo de cálculo externo para enviar los valores de potencia detectados por los sensores a dicho dispositivo de cálculo externo.
8. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el difusor (40) es de un material seleccionado del grupo que comprende oro y aluminio.
9. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que las guías de onda (10, 20) son de un material transparente a la longitud de onda del haz incidente (50).
10. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones

anteriores, caracterizado por que las guías de onda (10, 20) son de un material seleccionado del grupo que comprende silicio y nitruro de silicio.

11. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el medio (32) que recubre por arriba las guías de onda (10, 20) es aire.
12. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el medio (34) que recubre por abajo las guías de onda (10, 20) es dióxido de sílice.
13. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el difusor (40) es un cilindro cuyo diámetro D y altura h son menores que la longitud de onda del haz incidente (50).
14. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que las guías de onda (10, 20) presentan una sección rectangular cuya anchura w y altura t son menores que la longitud de onda del haz incidente (50).
15. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el haz incidente (50) es un haz de luz.
16. Método para medir el estado de polarización de un haz incidente de radiación electromagnética que comprende las etapas de:
 - a) hacer incidir un haz de radiación electromagnética sobre un difusor;
 - b) difundir el haz incidente, mediante dicho difusor, a lo largo de cuatro direcciones definidas por dos guías de onda perpendiculares;
 - c) medir la potencia de un haz de salida en cada una de las cuatro salidas de dichas dos guías de onda;
 - d) calcular la matriz de medida polarimétrica $\vec{W}$ y el

vector de potencia $\vec{P}$ correspondientes al haz incidente a partir de la potencia medida en la salida de las guías de onda; y

- 5 e) calcular el vector de Stokes $\vec{S}$ a partir de la inversa de la matriz de medida polarimétrica $\vec{W}$ y el vector de potencia $\vec{P}$ calculadas en la etapa d), siendo el vector de Stokes $\vec{S}$ representativo del estado de polarización del haz incidente.

10 17. Método según la reivindicación 16, caracterizado por que el haz incidente es un haz de luz.

18. Método según cualquiera de las reivindicaciones 16 y 17, caracterizado por que se lleva a cabo mediante el uso de un dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15.

15

1/1

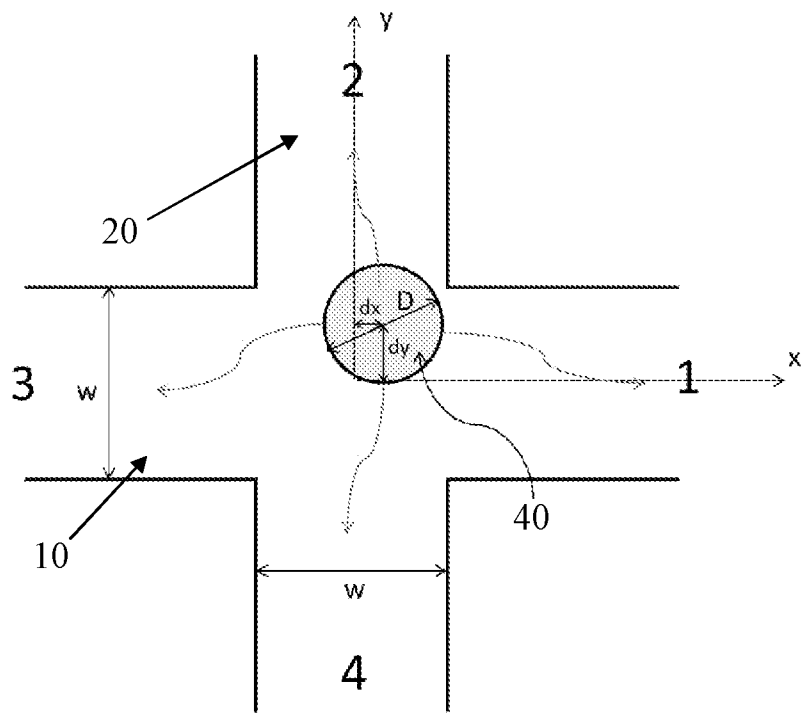


FIG. 1

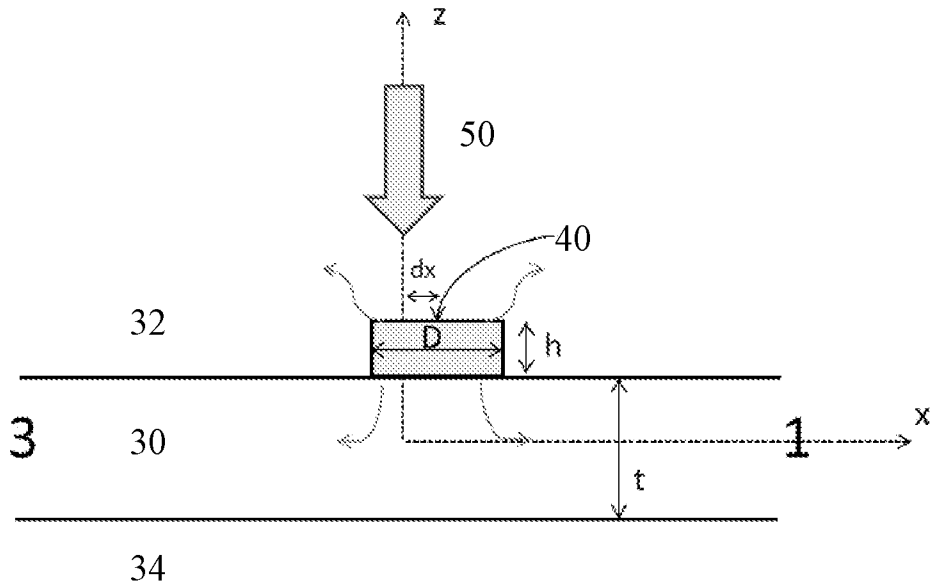


FIG. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES2017/070067

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01J4/04 (2006.01)

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)

G01J, H01P, G02B

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)

EPODOC, INVENES, WPI, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6211957 B1 (ERDOGAN, T. ET AL.) 03/04/2001, abstract; column 1, line 61 - column 2, line 33; column 4, line 48 - column 7, line 20; column 10, line 48 - column 11, line 34; figures 1 and 6.	1-3, 6, 7, 9, 10, 14-18
A	JP 2010263021 A (PANASONIC CORP.) 18/11/2010, the whole document.	1-3, 6, 7, 9-12, 14-18
A	US 7327456 B1 (WOOLLAM, J. ET AL.) 05/02/2008, the whole document.	1-3, 6, 7, 9, 10, 14-18
A	XIE, Y.-B. et al.. "Miniature polarization analyzer based on surface plasmon polaritons". Appl. Phys. Lett., 2014, Vol. 105, Pages 1-4, <DOI: 10.1063/1.4895517>	1, 6, 7, 9, 10, 15-18

☒ 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
24/05/2017

Date of mailing of the international search report
(25.05.2017)

Name and mailing address of the ISA/

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS
Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España)
Facsimile No.: 91 349 53 04

Authorized officer
Ó. González Peñalba

Telephone No. 91 3495475

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES2017/070067

C (continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of documents, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 7158231 B1 (WOOLLAM, J. ET AL.) 02/01/2007.	-
A	PORS, A. et al.. "Plasmonic metagratings for simultaneous determination of Stokes parameters". Optica, August of 2015, Vol. 2, N° 8, Pages 716-723	-

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES2017/070067

Information on patent family members

Patent document cited in the search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US6211957 B1	03.04.2001	NONE	
-----	-----	-----	-----
JP2010263021 A	18.11.2010	NONE	
-----	-----	-----	-----
US7327456 B1	05.02.2008	US2012057158 A1	08.03.2012
		US8570513 B2	29.10.2013
		US8013996 B1	06.09.2011
		US2011109906 A1	12.05.2011
		US8436994 B2	07.05.2013
		US7746472 B1	29.06.2010
		US7746471 B1	29.06.2010
		US7633625 B1	15.12.2009
		US7616319 B1	10.11.2009
		US7554662 B1	30.06.2009
		US2009103094 A1	23.04.2009
		US8059276 B2	15.11.2011
		US2009103093 A1	23.04.2009
		US7872751 B2	18.01.2011
		US7522279 B1	21.04.2009
		US7518725 B1	14.04.2009
		US7505134 B1	17.03.2009
		US7489400 B1	10.02.2009
		US7468794 B1	23.12.2008
		US2008285035 A1	20.11.2008
		US7671989 B2	02.03.2010
		US2008117413 A1	22.05.2008
		US7619752 B2	17.11.2009
		US7215423 B1	08.05.2007
		US7295313 B1	13.11.2007
		US7317529 B1	08.01.2008
		US7265838 B1	04.09.2007
		US6456376 B1	24.09.2002
		US7274450 B1	25.09.2007
		US2001046089 A1	29.11.2001
		US2004257567 A1	23.12.2004
		US7385697 B2	10.06.2008
		US7193710 B1	20.03.2007
		US7307724 B1	11.12.2007
		US7426030 B1	16.09.2008
		US7158231 B1	02.01.2007
		US7193708 B1	20.03.2007
		US6982789 B1	03.01.2006
		US2007097373 A1	03.05.2007
		US7508510 B2	24.03.2009
		US6804004 B1	12.10.2004
		US6535286 B1	18.03.2003
		US7304737 B1	04.12.2007
		US7057717 B1	06.06.2006
		US6930813 B1	16.08.2005
		US6982792 B1	03.01.2006
		US2006268272 A1	30.11.2006
		US7245376 B2	17.07.2007

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES2017/070067

Information on patent family members

Patent document cited in the search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
		US7336361 B1	26.02.2008
		US7345762 B1	18.03.2008
		US6950182 B1	27.09.2005
		US7277171 B1	02.10.2007
		US7215424 B1	08.05.2007
-----	-----	-----	-----
US7158231 B1	02.01.2007	US8013996 B1	06.09.2011
		US2011109906 A1	12.05.2011
		US8436994 B2	07.05.2013
		US7746472 B1	29.06.2010
		US7746471 B1	29.06.2010
		US7633625 B1	15.12.2009
		US7616319 B1	10.11.2009
		US7554662 B1	30.06.2009
		US7535566 B1	19.05.2009
		US2009103093 A1	23.04.2009
		US7872751 B2	18.01.2011
		US7518725 B1	14.04.2009
		US7505134 B1	17.03.2009
		US7489400 B1	10.02.2009
		US7492455 B1	17.02.2009
		US7468794 B1	23.12.2008
		US2008285035 A1	20.11.2008
		US7671989 B2	02.03.2010
		US2008117413 A1	22.05.2008
		US7619752 B2	17.11.2009
		US7215423 B1	08.05.2007
		US7253900 B1	07.08.2007
		US6483586 B1	19.11.2002
		US7075649 B1	11.07.2006
		US7317529 B1	08.01.2008
		US5872630 A	16.02.1999
		US6456376 B1	24.09.2002
		US7274450 B1	25.09.2007
		US7193710 B1	20.03.2007
		US5805285 A	08.09.1998
		US7307724 B1	11.12.2007
		US7426030 B1	16.09.2008
		US7193708 B1	20.03.2007
		US5706212 A	06.01.1998
		US7075650 B1	11.07.2006
		US7099006 B1	29.08.2006
		US5666201 A	09.09.1997
		US7304737 B1	04.12.2007
		US6353477 B1	05.03.2002
		US6268917 B1	31.07.2001
		US6982792 B1	03.01.2006
		US2006268272 A1	30.11.2006
		US7245376 B2	17.07.2007

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES2017/070067

Information on patent family members

Patent document cited in the search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
		US7336361 B1	26.02.2008
		US6084675 A	04.07.2000
		US7327456 B1	05.02.2008
		US7277171 B1	02.10.2007
		US7215424 B1	08.05.2007
		WO9839633 A1	11.09.1998
		US6822738 B1	23.11.2004
		JP2000509830 A	02.08.2000
		JP3285365B B2	27.05.2002
		HK1032627 A1	17.01.2003
		EP1026495 A2	09.08.2000
		EP1026495 A3	17.12.2003
		EP1038165 A1	27.09.2000
		EP1038165 A4	25.10.2000
		EP1124120 A2	16.08.2001
		EP1124120 A3	19.01.2005
		DE69925804T T2	11.05.2006
		DE69807113T T2	09.10.2003
		AU6321298 A	22.09.1998
-----	-----	-----	-----

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº

PCT/ES2017/070067

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

G01J4/04 (2006.01)

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)

G01J, H01P, G02B

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)

EPODOC, INVENES, WPI, INSPEC

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones nº
A	US 6211957 B1 (ERDOGAN, T. ET AL.) 03/04/2001, resumen; columna 1, línea 61 - columna 2, línea 33; columna 4, línea 48 - columna 7, línea 20; columna 10, línea 48 - columna 11, línea 34; figuras 1 y 6.	1-3, 6, 7, 9, 10, 14-18
A	JP 2010263021 A (PANASONIC CORP.) 18/11/2010, todo el documento.	1-3, 6, 7, 9-12, 14-18
A	US 7327456 B1 (WOOLLAM, J. ET AL.) 05/02/2008, todo el documento.	1-3, 6, 7, 9, 10, 14-18
A	XIE, Y.-B. et al.. "Miniature polarization analyzer based on surface plasmon polaritons". Appl. Phys. Lett., 2014, Vol. 105, Páginas 1-4, <DOI: 10.1063/1.4895517>	1, 6, 7, 9, 10, 15-18

☒ 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 para 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.
24/05/2017

Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional.
25 Mayo 2017 (25.05.2017)

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional
OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS
Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España)
Nº de fax: 91 349 53 04

Funcionario autorizado
Ó. González Peñalba
Nº de teléfono 91 3495475

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº

PCT/ES2017/070067

C (Continuación). DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES		
Categoría *	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones nº
A	US 7158231 B1 (WOOLLAM, J. ET AL.) 02/01/2007.	-
A	PORS, A. et al.. "Plasmonic metagratings for simultaneous determination of Stokes parameters". Optica, Agosto de 2015, Vol. 2, Nº 8, Páginas 716-723	-

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº

Informaciones relativas a los miembros de familias de patentes

PCT/ES2017/070067

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de Publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de Publicación
US6211957 B1	03.04.2001	NINGUNO	
-----	-----	-----	-----
JP2010263021 A	18.11.2010	NINGUNO	
-----	-----	-----	-----
US7327456 B1	05.02.2008	US2012057158 A1	08.03.2012
		US8570513 B2	29.10.2013
		US8013996 B1	06.09.2011
		US2011109906 A1	12.05.2011
		US8436994 B2	07.05.2013
		US7746472 B1	29.06.2010
		US7746471 B1	29.06.2010
		US7633625 B1	15.12.2009
		US7616319 B1	10.11.2009
		US7554662 B1	30.06.2009
		US2009103094 A1	23.04.2009
		US8059276 B2	15.11.2011
		US2009103093 A1	23.04.2009
		US7872751 B2	18.01.2011
		US7522279 B1	21.04.2009
		US7518725 B1	14.04.2009
		US7505134 B1	17.03.2009
		US7489400 B1	10.02.2009
		US7468794 B1	23.12.2008
		US2008285035 A1	20.11.2008
		US7671989 B2	02.03.2010
		US2008117413 A1	22.05.2008
		US7619752 B2	17.11.2009
		US7215423 B1	08.05.2007
		US7295313 B1	13.11.2007
		US7317529 B1	08.01.2008
		US7265838 B1	04.09.2007
		US6456376 B1	24.09.2002
		US7274450 B1	25.09.2007
		US2001046089 A1	29.11.2001
		US2004257567 A1	23.12.2004
		US7385697 B2	10.06.2008
		US7193710 B1	20.03.2007
		US7307724 B1	11.12.2007
		US7426030 B1	16.09.2008
		US7158231 B1	02.01.2007
		US7193708 B1	20.03.2007
		US6982789 B1	03.01.2006
		US2007097373 A1	03.05.2007
		US7508510 B2	24.03.2009
		US6804004 B1	12.10.2004
		US6535286 B1	18.03.2003
		US7304737 B1	04.12.2007
		US7057717 B1	06.06.2006
		US6930813 B1	16.08.2005
		US6982792 B1	03.01.2006
		US2006268272 A1	30.11.2006
		US7245376 B2	17.07.2007

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº

Informaciones relativas a los miembros de familias de patentes

PCT/ES2017/070067

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de Publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de Publicación
		US7336361 B1	26.02.2008
		US7345762 B1	18.03.2008
		US6950182 B1	27.09.2005
		US7277171 B1	02.10.2007
		US7215424 B1	08.05.2007
-----	-----	-----	-----
US7158231 B1	02.01.2007	US8013996 B1	06.09.2011
		US2011109906 A1	12.05.2011
		US8436994 B2	07.05.2013
		US7746472 B1	29.06.2010
		US7746471 B1	29.06.2010
		US7633625 B1	15.12.2009
		US7616319 B1	10.11.2009
		US7554662 B1	30.06.2009
		US7535566 B1	19.05.2009
		US2009103093 A1	23.04.2009
		US7872751 B2	18.01.2011
		US7518725 B1	14.04.2009
		US7505134 B1	17.03.2009
		US7489400 B1	10.02.2009
		US7492455 B1	17.02.2009
		US7468794 B1	23.12.2008
		US2008285035 A1	20.11.2008
		US7671989 B2	02.03.2010
		US2008117413 A1	22.05.2008
		US7619752 B2	17.11.2009
		US7215423 B1	08.05.2007
		US7253900 B1	07.08.2007
		US6483586 B1	19.11.2002
		US7075649 B1	11.07.2006
		US7317529 B1	08.01.2008
		US5872630 A	16.02.1999
		US6456376 B1	24.09.2002
		US7274450 B1	25.09.2007
		US7193710 B1	20.03.2007
		US5805285 A	08.09.1998
		US7307724 B1	11.12.2007
		US7426030 B1	16.09.2008
		US7193708 B1	20.03.2007
		US5706212 A	06.01.1998
		US7075650 B1	11.07.2006
		US7099006 B1	29.08.2006
		US5666201 A	09.09.1997
		US7304737 B1	04.12.2007
		US6353477 B1	05.03.2002
		US6268917 B1	31.07.2001
		US6982792 B1	03.01.2006
		US2006268272 A1	30.11.2006
		US7245376 B2	17.07.2007

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Informaciones relativas a los miembros de familias de patentes

Solicitud internacional nº

PCT/ES2017/070067

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de Publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de Publicación
		US7336361 B1	26.02.2008
		US6084675 A	04.07.2000
		US7327456 B1	05.02.2008
		US7277171 B1	02.10.2007
		US7215424 B1	08.05.2007
		WO9839633 A1	11.09.1998
		US6822738 B1	23.11.2004
		JP2000509830 A	02.08.2000
		JP3285365B B2	27.05.2002
		HK1032627 A1	17.01.2003
		EP1026495 A2	09.08.2000
		EP1026495 A3	17.12.2003
		EP1038165 A1	27.09.2000
		EP1038165 A4	25.10.2000
		EP1124120 A2	16.08.2001
		EP1124120 A3	19.01.2005
		DE69925804T T2	11.05.2006
		DE69807113T T2	09.10.2003
		AU6321298 A	22.09.1998
-----	-----	-----	-----