

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

(19) Organización Mundial de la Propiedad
Intelectual
Oficina internacional



(10) Número de Publicación Internacional
WO 2009/133225 A1

(43) Fecha de publicación internacional
5 de noviembre de 2009 (05.11.2009)

PCT

- (51) Clasificación Internacional de Patentes:
H01L 31/0216 (2006.01) *H01L 31/0236* (2006.01)
- (21) Número de la solicitud internacional:
PCT/ES2009/070041
- (22) Fecha de presentación internacional:
24 de febrero de 2009 (24.02.2009)
- (25) Idioma de presentación: español
- (26) Idioma de publicación: español
- (30) Datos relativos a la prioridad:
P200801231 29 de abril de 2008 (29.04.2008) ES
- (71) Solicitantes (*para todos los Estados designados salvo US*): **CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS (90%)** [ES/ES]; C/ Serrano, 117, E-28006 Madrid (ES). **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID (5%)** [ES/ES]; Avda. Ramiro de Maeztu, 7, E-28040 Madrid (ES). **UNIVERSIDAD DE PAVIA (5%)** [IT/IT]; Strada Nuova, 65, I-27100 Pavia (IT).
- (72) Inventores; e
- (75) Inventores/Solicitantes (*para US solamente*): **POSTIGO RESA, Pablo Aitor** [ES/ES]; Instituto De

Microelectrónica De Madrid, C/ Isaac Newton, 8, E-28760 Tres Cantos (Madrid) (ES). **MARTÍNEZ RODRÍGUEZ, Luis Javier** [ES/ES]; Instituto De Microelectrónica De Madrid, C/ Isaac Newton, 8, E-28760 Tres Cantos (Madrid) (ES). **RODRIGUEZ ALIJA, Alfonso** [ES/ES]; Instituto De Microelectrónica De Madrid, C/ Isaac Newton, 8, E-28760 Tres Cantos (Madrid) (ES). **BRIONES FERNÁNDEZ-POLA, Fernando** [ES/ES]; Instituto De Microelectrónica De Madrid, C/ Isaac Newton, 8, E-28760 Tres Cantos (Madrid) (ES). **GONZÁLEZ DÍEZ, María Yolanda** [ES/ES]; Instituto De Microelectrónica De Madrid, C/ Isaac Newton, 8, E-28760 Tres Cantos (Madrid) (ES). **GONZÁLEZ SOTOS, Luisa** [ES/ES]; Instituto De Microelectrónica De Madrid, C/ Isaac Newton, 8, E-28760 Tres Cantos (Madrid) (ES). **ANDREANI, Lucio** [IT/IT]; Universidad De Pavia, Strada Nuova, 65, I-27100 Pavia (IT). **GALLI, Matteo** [IT/IT]; Universidad De Pavia, Strada Nuova, 65, I-27100 Pavia (IT). **LUQUE LÓPEZ, Antonio** [ES/ES]; Universidad Politécnica De Madrid, Avda. Ramiro de Maeztu, 7, E-28040 Madrid (ES). **MARTÍ VEGA, Antonio** [ES/ES]; Universidad Politécnica De Madrid, Avda. Ramiro de Maeztu, 7, E-28040 Madrid (ES). **ALGORA DEL VALLE, Carlos** [ES/ES]; Universidad Politécnica De Madrid, Avda.

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: USE OF MATERIAL WITH A MODIFIED SURFACE TOPOGRAPHY IN DEVICES FOR GENERATING AN ELECTRIC CURRENT FROM INCIDENT LIGHT

(54) Título: USO DE MATERIAL MODIFICADO EN SU TOPOGRAFÍA SUPERFICIAL EN DISPOSITIVOS QUE GENEREN UNA CORRIENTE ELÉCTRICA A PARTIR DE LUZ INCIDENTE

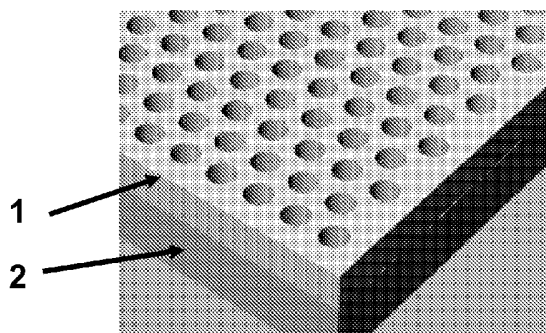


FIG. 1

(57) Abstract: The invention is based on the observation by the inventors that modification of the surface topography of materials through the creation of an ordered network of cavities filled with another material with a different refractive index generates photonic bands at the surface of the material that alter the refractive index of the material on which said cavities are created. Depending on the angle of incidence and the wavelength of the light, this change in refractive index can facilitate or inhibit the transmission and reflection of the light. On the basis of this new observed property, the topography of a solar cell was modified by creating an ordered network of cavities filled with air, and it was confirmed that there was an increased generation of electricity from incident light than in a solar cell with the same characteristics but without a modified surface topography.

(57) Resumen:

[Continúa en la página siguiente]



WO 2009/133225 A1



Ramiro de Maeztu, 7, E-28040 Madrid (ES). **GALIANA, Beatriz** [ES/ES]; Universidad Politécnica De Madrid, Avda. Ramiro de Maeztu, 7, E-28040 Madrid (ES). **PRIETO GONZÁLEZ, Ivan** [ES/ES]; Instituto De Microelectrónica De Madrid, C/ Isaac Newton, 8, E-28760 Tres Cantos(Madrid) (ES).

(74) **Mandatario: PONS ARIÑO, Ángel**; Glorieta de Rubén Darío, 4, 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, 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.

(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, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, 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).

Publicada:

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

La presente invención se basa en el hecho observado por los inventores, de que la modificación de la topografía superficial de materiales, mediante la fabricación de una red ordenada de cavidades rellenas de otro material, con diferente índice de refracción, genera bandas fotónicas en la superficie del material, que alteran el índice de refracción del material sobre el que están fabricadas. Esa variación del índice de refracción permite, en función del ángulo de incidencia y la longitud de onda de la luz, favorecer o inhibir la transmisión y reflexión de la luz. En base a esta nueva propiedad observada, se ha modificado la topografía de una célula solar mediante la fabricación de una red ordenada de cavidades rellenas de aire, y se ha comprobado una mayor generación de corriente eléctrica a partir de luz incidente que en una célula solar de iguales características pero sin modificación de la topografía superficial.

USO DE MATERIAL MODIFICADO EN SU TOPOGRAFÍA SUPERFICIAL EN DISPOSITIVOS QUE GENEREN UNA CORRIENTE ELÉCTRICA A PARTIR DE LUZ INCIDENTE

5 SECTOR DE LA TÉCNICA

La presente invención se enmarca dentro del sector de la tecnología física y la microelectrónica. Más concretamente, la presente invención se refiere tanto a la fabricación de nuevos materiales con una mayor transmisión de la luz, como a su aplicación en dispositivos que generan una corriente eléctrica a partir de la luz incidente, como foto-detectores, células solares y dispositivos termo-fotovoltaicos.

ESTADO DE LA TÉCNICA

Existen numerosos dispositivos que transforman la energía procedente de la luz que incide sobre ellos, en energía eléctrica. En estos dispositivos un incremento de la cantidad de luz que llega al interior del material semiconductor produce un aumento en la corriente eléctrica generada. Por ello se han utilizado numerosos procedimientos para fomentar la transmisión de luz en estos materiales y reducir la pérdida de luz por reflexión sobre su superficie, como la fabricación de capas antirreflectantes o la estructuración de la superficie.

La utilización de capas antirreflectantes permite que una mayor cantidad de luz penetre en el material sobre el cual están depositadas. Estas capas deben de tener el espesor y el índice de refracción adecuado para que se produzca una interferencia constructiva y se evite la pérdida de luz por reflexión. Estas condiciones de interferencia constructiva sólo se verifican en un rango pequeño de ángulos, con lo que esta tecnología sólo funciona cuando los rayos de luz inciden dentro de un ángulo pequeño, que suele estar por debajo de 30° respecto a la normal.

En el caso de la estructuración, se crea una rugosidad en la superficie del material favoreciendo la reflexión múltiple de la luz en la superficie, de forma que una mayor cantidad de luz acaba penetrando en el material. La rugosidad creada tiene dos efectos complementarios: el primero es reducir la cantidad de luz reflejada por la superficie, mientras que el segundo consiste en incrementar el camino óptico total que recorre la luz dentro del material. Es una técnica habitualmente usada en células solares, en las que un camino óptico más largo da lugar a un incremento en la eficiencia en que la luz se transforma en electricidad.

10 En general, la luz incidente sobre un material, semiconductor o no, puede transmitirse al interior del mismo, reflejarse o absorberse. El grado de transmisión, absorción o reflexión depende de las propiedades intrínsecas del material, en concreto de su índice de refracción η y de su coeficiente de absorción k , y, en general, estos valores no son fácilmente manipulables. La frecuencia ω de la luz que viaja en el interior del material obedece una relación denominada relación de dispersión:

$$\omega = c / \eta k$$

donde $k=2\pi/\lambda$ es el denominado vector de onda de la luz incidente y λ es la longitud de onda y η es el índice de refracción. Esta relación se verifica para materiales homogéneos en composición. Cuando una onda plana incide sobre un material homogéneo, su reflexión, refracción y transmisión vienen dadas por la ley de Snell y por los coeficientes de Fresnel (Couny, F., F. Benabid, et al. (2007). "Reduction of fresnel back-reflection at splice interface between hollow core PCF and single-mode fiber." Photonics Technology Letters 19(13-16): 1020-1022). Cuando el material deja de ser homogéneo y se convierte en periódico se originan bandas para fotones o bandas fotónicas (Ohtaka, K. (1979). "Energy-band of photons and low energy photon diffraction" Physical Review B 19(10): 5057-5067 1979). En este caso la luz que se transmite al interior del material viaja dentro del

mismo con un índice de refracción que viene dado por las bandas fotónicas, donde $\omega = \omega(k)$ y se verifica que:

$$\frac{\partial \omega}{\partial k} = \frac{c}{n}$$

5 Como ahora el índice de refracción es una función complicada de la frecuencia y de la dirección de incidencia (k), su valor va a variar de acuerdo a estas dos magnitudes. Esto puede permitir la introducción de luz en el material con ángulos superiores al de reflexión total, para ciertas frecuencias, o inhibir otras longitudes de onda, que no se propagarán dentro del material.

10 El método aquí descrito difiere de los anteriores mencionados y de cualquier otro conocido, ya que se basa en razones físicas completamente diferentes, supone una nueva aplicación de las bandas fotónicas como método, para incrementar la transmisión de luz hacia el interior de materiales, especialmente materiales semiconductores.

15

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

BREVE DESCRIPCION

20 Un aspecto de la presente invención es el uso del material cuya topografía superficial se ha modificado mediante la fabricación de una red ordenada de cavidades rellenas de otro material con diferente índice de refracción, en adelante material modificado de la invención, en dispositivos que generan una corriente eléctrica a partir de luz incidente.

25 Un aspecto preferente de la presente invención es el uso del material modificado de la invención, en el que la red de cavidades está rellena de aire con índice de refracción igual a 1, en dispositivos que generan una corriente eléctrica a partir de luz incidente.

Otro aspecto de la presente invención es el uso del material modificado de la invención en células solares, fotodetectores y aparatos termofotovoltaicos.

5 Otro aspecto de la presente invención es un dispositivo caracterizado porque comprende el material modificado de la invención y una célula solar, de forma que el material modificado de la invención se deposita sobre la superficie del panel fotovoltaico de la célula solar.

10 Otro aspecto de la presente invención es un dispositivo caracterizado porque comprende el material modificado de la invención y un fotodetector, de forma que el material modificado de la invención se deposita sobre la superficie del fotodetector.

15 Otro aspecto de la presente invención es un dispositivo caracterizado porque comprende el material modificado de la invención y un aparato termofotovoltaico, de forma que el material modificado de la invención se deposita sobre la superficie del aparato termofotovoltaico .

Otro aspecto de la invención es una célula solar, fotodetector o aparato termofotovoltaico en los que se ha modificado la topografía superficial del mismo según las características del material de la invención.

20 DESCRIPCIÓN DETALLADA

25 La presente invención se basa en el hecho, observado por los inventores, de que la modificación de la topografía superficial de materiales, mediante la fabricación de una red ordenada de cavidades rellenas de otro material, con diferente índice de refracción, produce una alteración de la reflexión, transmisión y refracción de la luz, para diferentes longitudes de onda y ángulos de incidencia, en el material. Esta red ordenada de cavidades genera bandas fotónicas en el plano de la superficie del material, las cuales alteran el valor del índice de refracción del material sobre el que están fabricadas. La variación del valor del índice

de refracción superficial permite, en función del ángulo de incidencia y de la longitud de onda de la luz, favorecer o inhibir la transmisión y reflexión de la luz.

Esta propiedad que presentan los materiales modificados, mediante la red
5 ordenada de cavidades en su topografía superficial, es totalmente novedosa, siendo los inventores de la presente invención los primeros en observarla y en medir la alteración de la transmisión en dichos materiales (tal y como muestra la figura 4), y plantea nuevos usos de este tipo de materiales modificados.

10 En base a esta nueva propiedad observada, un aspecto de la presente invención es el uso del material cuya topografía superficial se ha modificado mediante la fabricación de una red ordenada de cavidades rellenas de otro material con diferente índice de refracción, en adelante material modificado de la invención, en dispositivos que generan una
15 corriente eléctrica a partir de luz incidente.

La fabricación de este tipo de materiales modificados está descrita en artículos publicados con anterioridad (Alija, A. R., L. J. Martínez, et al. (2005). "Tuning of spontaneous emission of two-dimensional photonic crystal microcavities by accurate control of slab thickness." Applied Physics
20 Letters 86(14)) y se basa en la eliminación del material del interior de las cavidades mediante el ataque anisotrópico por haces de iones reactivos. Estos materiales han sido caracterizados previamente (A. R. Alija, L. J. Martínez, J. Sánchez-Dehesa, P. A. Postigo, M. Galli, A. Politi, M. Patrini, L. C. Andreani, C. Seassal, and P. Viktorovitch, "Theoretical and
25 experimental study of the Suzuki-phase photonic crystal lattice by angle-resolved photoluminescence spectroscopy", Optics Express 15 (2) 704-713 (2007)), pero nunca antes se había planteado su uso en dispositivos que generen corriente eléctrica a partir de la irradiación luminosa.

Un aspecto preferente de la presente invención es el uso del material
30 modificado de la invención, en el que la red de cavidades está rellena de

aire con índice de refracción igual a 1, en dispositivos que generan una corriente eléctrica a partir de luz incidente.

Otro aspecto preferente de la presente invención es el uso de un material semiconductor como material modificado de la invención, en dispositivos
5 que generen una corriente eléctrica a partir de luz incidente.

Un aspecto más preferente de la presente invención es el uso de un material semiconductor III-V como material modificado de la invención en dispositivos que generen una corriente eléctrica a partir de luz incidente.

Una realización particular de la presente invención es el uso InP o bien
10 InGaP como material semiconductor modificado de la invención en dispositivos que generen una corriente eléctrica a partir de luz incidente.

Un aspecto preferente de la invención es el uso del material modificado de la invención en el que las cavidades están espaciadas regularmente en forma de red bidimensional

15 Un aspecto preferente de la invención es el uso del material modificado de la invención en el que la separación entre los centros de las cavidades es superior a 50 nm.

En el ejemplo 1, las cavidades son circulares, con simetría triangular, tienen un radio de 144 nm. y una separación de 450 nm entre sus centros.

20 El hecho de que estos materiales alteren la reflexión, refracción y transmisión de la luz los hace particularmente interesantes en aplicaciones que utilizan la luz solar, para la generación de electrones, especialmente células solares, fotodetectores y aparatos termofotovoltaicos, en los que una mayor transición de la luz optimiza la eficiencia eléctrica de los
25 mismos.

Por tanto, otro aspecto de la presente invención es el uso del material modificado de la invención en células solares, fotodetectores y aparatos termofotovoltaicos.

Por debajo del material modificado de la invención o contenido en el mismo, se puede situar otro aparato que utilice la luz para la generación de electrones, como una célula solar o un fotodetector. Estos se verán influenciados por el dispositivo situado inmediatamente encima, favoreciendo o disminuyendo la entrada de luz en el mismo. La integración de ambos dispositivos puede hacerse bien de forma directa, usando un mismo material para toda la estructura (integración monolítica como la usada en : “Solid-source molecular beam epitaxy for monolithic integration of laser emitters and photodetectors on GaAs chips”, P.A. Postigo, S. S. Choi, W. D. Goodhue, and C. G. Fonstad, Applied Physics Letters 77 (24) 3842-3844 (2000), o bien usando una técnica indirecta de unión o pegado entre ambos, como la unión de obleas por unión anódica. (Kovacs, G.T.A.; Maluf, N.I.; Petersen, K.E., “Bulk micromachining of silicon”, Proceedings of the IEEE Volume 86, Issue 8, Aug. 1998 Page(s):1536 - 1551) u otras.

Por tanto, otro aspecto de la presente invención es un dispositivo caracterizado porque comprende el material modificado de la invención y una célula solar, de forma que el material modificado de la invención se deposita sobre la superficie del panel fotovoltaico de una célula solar.

Un aspecto preferente de la presente invención es un dispositivo que comprende una lámina de material de fosfuro de Galio e Indio (InGaP) modificado mediante una red periódica de cavidades, y una célula solar de Germanio, de forma que el material de InGaP se deposita sobre la célula solar de Germanio (Ge) tal y como se indica en el ejemplo 2.

El espesor de la lámina de Ge del ejemplo 2 es de 150 μm con una orientación cristalina (111) y la red de cavidades de la lámina de InGaP tiene simetría triangular con cavidades de forma circular de 200 nm de radio, una separación de 600 nm entre centros y una profundidad de 200 nm.

Otro aspecto de la presente invención es un dispositivo caracterizado porque comprende el material modificado de la invención y un fotodetector,

de forma que el material modificado de la invención se deposita sobre la superficie del fotodetector.

Otro aspecto de la presente invención es un dispositivo caracterizado porque comprende el material modificado de la invención y un aparato termofotovoltaico, de forma que el material modificado de la invención se deposita sobre la superficie del aparato termofotovoltaico.

También puede darse el caso en el que la topografía superficial del propio material de la célula solar, fotodetector o aparato termofotovoltaico se modifique con la red de cavidades detallada.

Por tanto, otro aspecto de la invención es una célula solar, fotodetector o aparato termofotovoltaico en los que se ha modificado la topografía superficial del mismo según las características del material de la invención.

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Figura 1.- Esquema del dispositivo para modificar la reflexión y la transmisión de la luz en un material mediante la generación de bandas para fotones. Consiste en una lámina de material (1) semiconductor, con una serie de cavidades con forma circular, espaciadas regularmente en forma de red bidimensional con simetría triangular. Esta estructura se deposita sobre la superficie de un aparato que puede ser una célula solar, un fotodetector, o un aparato termofotovoltaico (2).

Figura 2.- Esquema de la estructura de bandas fotónicas para el dispositivo de la Figura 1, calculado mediante el método de modos guiados (Gerace, D. and L. C. Andreani (2005). "Low-loss guided modes in photonic crystal waveguides." Optics Express 13(13): 4939-4951). En el eje vertical se representan frecuencias normalizadas $\omega a/2\pi c$, donde a es el parámetro de la red ordenada de cavidades, y en el eje horizontal se representa la componente del vector de onda k paralela al plano x-y del dispositivo para cada dirección de la red recíproca del plano. En función de

las dimensiones y forma de las cavidades del dispositivo (1) de la Figura 1 la luz con frecuencia normalizada $\omega a/2\pi c$ que se introduce en el material (2) de la Figura 1 pasa a tener un vector de onda con una componente paralela al plano del dispositivo dada por estas bandas y que permite
5 definir unívocamente el ángulo de incidencia sobre el dispositivo para una frecuencia normalizada determinada.

Figura 3.- A) medida experimental de la Reflexión para luz polarizada TE y TM con energía entre 0.5 y 2.0 eV incidente sobre un dispositivo como el material (2) de la Figura 1. Está formado por una lámina de material
10 semiconductor (InP) de 270 nm de espesor sin perforaciones de ningún tipo. La medida se realiza para diferentes ángulos de incidencia de la luz sobre la lámina, entre 0° (incidencia normal) y 60°.

B) medida experimental de la Reflexión para luz con energía entre 0.5 y 2.0 eV incidente sobre una lámina de semiconductor (InP) de 270 nm de
15 espesor con cavidades circulares dispuestas en una red ordenada de simetría triangular como la indicada en la Figura 1, con separaciones entre centros de 450 nm y cavidades de radio 144 nm. La medida se realiza para diferentes ángulos de incidencia de la luz sobre la lámina, entre 0° (incidencia normal) y 60°.

Figura 4.- A) medida experimental de la Transmisión para luz polarizada TE y TM con energía entre 0.5 y 2.0 eV incidente sobre un dispositivo como el (1) de la Figura 1. Está formado por una lámina de semiconductor (InP) de 270 nm de espesor sin cavidades de ningún tipo. La medida se
20 realiza para diferentes ángulos de incidencia de la luz sobre la lámina, entre 0° (incidencia normal) y 60°.

B) medida experimental de la Transmisión para luz polarizada TE y TM con energía entre 0.5 y 2.0 eV incidente sobre una lámina de semiconductor (InP) de 270 nm de espesor con cavidades circulares dispuestas en una red ordenada de simetría triangular como la indicada en
30 la Figura 1, con separaciones entre centros de círculos de 450 nm y radios

de 144 nm . La medida se realiza para diferentes ángulos de incidencia de la luz sobre la lámina, entre 0° (incidencia normal) y 60°.

Figura 5.- Fotografía de una célula solar como la descrita. La célula de forma circular está inscrita en un cuadrado que actúa como contacto eléctrico. El diámetro de la superficie expuesta es de unos 6 mm.

Figura 6.- Fotografía del dispositivo formado por la célula solar y una lámina de material InGaP modificado con una red de cavidades.

Figura 7.- Fotografía mediante microscopía de haz de electrones de la superficie del dispositivo formado por la célula solar y la lámina del material InGaP modificado con una red de cavidades.

Figura 8.- Curva EQE medida sobre una célula solar sin lámina de material InGaP modificado (línea continua) y una célula con material InGaP modificado con una red de cavidades (línea punteada) a temperatura ambiente. Como se observa, en el segundo caso la curva EQE es entre un 10% y un 20% mayor, dependiendo del rango espectral.

Figura.9.- La curva I-V bajo iluminación de dos células solares exactamente iguales como las descritas, una con cristal fotónico (rombos) y otra sin él (cuadrados). La eficiencia promedio extraída es de un 8% para la célula con cristal fotónico.

20

EJEMPLO DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

Ejemplo 1.- Fabricación de dispositivo formado por lámina de InP con red ordenada de cavidades depositada sobre un sustrato transparente

Se detalla un dispositivo como el que aparece en la Fig. 1. Está formado por una lámina de material semiconductor Fosforo de Indio (InP) con un espesor de 270 nm. Esta lámina de InP se ha depositado en un reactor de epitaxia por haces moleculares sobre un sustrato comercial (fabricado por

AXT Corp.) del mismo compuesto (InP). Entre el sustrato y la lámina de InP de 270 nm se ha depositado mediante el mismo procedimiento una fina capa de 50 nm de espesor de la aleación ternaria $\text{In}_{0.48}\text{Ga}_{0.52}\text{As}$ que actuará como capa de sacrificio en el proceso de transferencia a sustrato

5 de vidrio. Sobre la superficie del material epitaxial fabricado se deposita a 300°C una capa de 200 nm de óxido de silicio no estequiométrico (SiO_x) mediante un aparato de deposición en fase vapor asistido por plasma. Sobre esta capa se deposita una resina tipo polimetilmetacrilato (PMMA A-4, fabricado por Microchem Corp.) por centrifugación a 5000 rpm durante

10 30 segundos. Sobre esta resina se realiza un proceso de litografía de alta resolución por haz de electrones. En este proceso se ilumina la resina con un haz de electrones con una energía de 30 keV y una dosis de $100\ \mu\text{C}/\text{cm}^2$. El haz de electrones expone la resina en las zonas que corresponden a la red de cavidades con forma circular que se desea

15 perforar en la lámina de InP. La resina es inmersa en un revelador (metil-isobutil cetona: H_2O en proporción 5:1) que disuelve el PMMA en las zonas donde el haz de electrones ha incidido, correspondientes a las futuras cavidades de la lámina de InP. A continuación, el material semiconductor es eliminado del interior de las cavidades mediante ataque anisotrópico

20 por haces de iones reactivos utilizando como máscara la capa de óxido de silicio. Este método proporciona la posibilidad de aumentar la profundidad de ataque hasta alcanzar los 270 nm o profundidades mayores. el ataque del óxido de silicio se realiza en un aparato de haces de iones reactivos asistido por resonancia electrónica ciclotrón. Los gases usados son

25 nitrógeno (N_2) y freón (CHF_3) en un caudal de 2 ml/min y 5.6 ml/min, 450 eV de energía de aceleración y 250 eV de energía de extracción. La energía usada para la activación del plasma es de 300 W y su frecuencia de 2,41 GHz Mhz. La intensidad del campo magnético es de 980 G. La presión es de $P=6\times 10^{-6}$ mTorr. Una vez realizado la transferencia del

30 patrón de cavidades a la capa de oxido de silicio, se utiliza dicha capa para transferir el patrón a la lámina de InP mediante un aparato de ataque por

iones reactivos. Los gases involucrados son metano (CH_4) con un caudal de 5 sccm e hidrógeno (H_2) con un caudal de 30 sccm. La presión del proceso es $P=20$ mT y la potencia de 300 W en un plasma generado por radiofrecuencia a 13,56 MHz, y su duración es de 1 minuto. El sustrato no se refrigera en ningún momento. Este proceso genera un polímetro hidrocarbonado que se deposita dentro de las cavidades y reduce la verticalidad de los laterales de los mismos. Para conseguir una perfecta verticalidad de los laterales en estas cavidades es necesario un proceso de ciclado de oxígeno que hemos desarrollado específicamente. Este proceso consiste en la eliminación por combustión del polímetro residual mediante ataque por plasma de oxígeno (O_2). Tras cada minuto del ataque anterior metano-hidrógeno y después de vaciar y purgar las líneas de gases, se introduce O_2 (50 sccm) a una presión total de $P=20$ mTorr y se genera plasma con 200 W de potencia durante un tiempo de 15 segundos. A continuación se vuelven a limpiar y purgar las líneas de gases y se repite el primer ataque con CH_4 y H_2 . El ciclado de ambos procesos (metano-hidrógeno y oxígeno) se repite hasta alcanzar la profundidad de 270 nm.

Por debajo de este dispositivo o contenido en el mismo, se puede situar otro aparato que utilice la luz para la generación de electrones, como una célula solar o un foto-detector.

En el ejemplo aquí detallado la lámina de semiconductor está depositada, en lugar de sobre una célula solar o un foto-detector, sobre un sustrato transparente, que es un vidrio de alta calidad en este caso, con el objetivo de poder realizar la medida no sólo de su reflectancia sino también de su transmisión, para lo cual es necesario utilizar un sustrato transparente en la región espectral de medida sobre el que la lámina perforada tiene que ser depositada. Para ello se pega la lámina a un sustrato de vidrio (porta para microscopio óptico ThermoShandon, UK) mediante un pegamento óptico (Norland 77, Norland Inc), cuyo curado se realiza mediante el uso de una lámpara de luz ultravioleta. El pegado se realiza dispensando una gota de pegamento sobre la lámina de vidrio, se extiende y se coloca la

muestra encima sin realizar presión alguna, simplemente con el propio peso de la muestra, y prestando especial cuidado a que la parte del sustrato de la muestra (sustrato de InP de unas 300 μm de espesor) no quede cubierta por el pegamento. El proceso de curado del pegamento se realiza en dos etapas. En la primera realizamos un precurado de 1 minuto. Una vez terminado, se comprueba que la lámina de vidrio no se ha pegado a la superficie del porta sobre el que se sitúa dentro de la lámpara de ultravioleta. Posteriormente se realiza el curado por un tiempo de 45 minutos. Una vez curado el pegamento se elimina el InP del sustrato de la muestra. Para ello se usa una mezcla de HCl y H₂O (4:1) con HCl al 37 %. Para que el ataque químico resulte más selectivo entre el InP y la aleación ternaria In_{0.48}Ga_{0.52}As (el ataque se frena en esta capa), la mezcla se enfría a 1°C. Para reducir al máximo las tensiones entre las capas de distintos materiales al enfriar de forma repentina, la muestra se enfría a la misma temperatura previamente a introducirla en la mezcla. Se considera finalizado el ataque (tiempo de duración entorno a una hora y media) cuando se observa que ya no hay reacción, es decir, no salen burbujas del proceso y la muestra presenta una superficie sin rugosidad, espejada y con un color anaranjado. Para parar el ataque la muestra se sumerge durante 1 minuto en agua destilada. El secado de la misma se realiza con extremo cuidado mediante nitrógeno seco a baja presión.

La lámina de semiconductor perforada de la manera indicada presenta bandas para fotones. La Figura 2 muestra el diagrama de bandas para fotones (puntos rojos) calculado para este ejemplo mediante el método de expansión de modos guiados descrito en (LC. Andreani and M. Agio, "Intrinsic diffraction losses in photonic crystal waveguides with line defects", Appl. Phys. Lett. 82, 2011 (2003)). Este diagrama proporciona la relación de dispersión de la luz, es decir, la frecuencia de la luz que puede viajar dentro de la lámina. Para cada dirección del plano contenido en la lámina, se verá reflejada una onda incidente sobre la misma en un determinado ángulo, de acuerdo a como varía la componente de su vector de onda

paralela al plano de la lámina. Como esta componente viene dada por las bandas para fotones, la reflexión se verá alterada de acuerdo a estas bandas como esta descrito en (M. Galli, M. Agio, L.C. Andreani, M. Belotti, G. Guizzetti, F. Marabelli, M. Patrini, P. Bettotti, I. Dal Negro, Z. Gaburro, L. Pavesi, A.Lui,P.Bellutti, "spectroscopy of photonic bands in macroporous silicon photonic crystals," Phys. Rev. B 65, 113111 (2002)) y otros.

La Figura 3 muestra los espectros de reflectancia, con valores entre 0 y 1, de esta lámina para diferentes longitudes de onda y diferentes ángulos de incidencia. Para ello se ha utilizado un equipo de medida de la reflectancia en ángulo variable como el descrito en ("Measurement of photonic mode dispersion and linewidths in silicon-on-insulator photonic crystal slabs", Galli, M.; Bajoni, D.; Belotti, M.; Paleari, F.; Patrini, M.; Guizzetti, G.; Gerace, D.; Agio, M.; Andreani, IC.; Peyrade, D.; Chen, y. selected areas in communications, ieee Journal on volume 23, issue 7, july 2005 page(s): 1402 - 1410)

En este aparato de medida el dispositivo es iluminado mediante una lámpara de amplio espectro que se focaliza a través de un objetivo 10x (apertura numérica NA = 0.26) formando un ángulo variable con la normal a la muestra. El sistema experimental está compuesto por dos discos acoplados. Dichos discos se deslizan de forma independiente sobre distintos sistemas de rodamientos, controlando la muestra y el detector. Las medidas de reflectancia y transmisión se realizan en una configuración θ - 2θ variando la posición angular θ de la muestra y la del detector (2θ) en pasos de 10° . El control angular de ambos brazos se realiza de forma automatizada.

Se representan en la Figura 3 este tipo de medidas para las polarizaciones TE y TM (modos transversal eléctrico y transversal magnético respectivamente) en los paneles a y c. Además se representan el mismo tipo de medidas realizadas en la misma lámina pero en una zona sin cavidades (paneles b y d). Se puede observar cómo los espectros de

reflectancia para ambos tipos de lámina (con y sin cavidades) son claramente diferentes, para cada longitud de onda y para cada ángulo de incidencia.

En la Figura. 4 se representa la medida de la transmisión en la misma
5 lámina para las polarizaciones TE y TM. Para poder realizar estas medidas ha sido necesaria la preparación de la lámina perforada como se ha indicado. Se observa cómo los espectros de transmisión para los dos tipos de lámina (con y sin cavidades) son claramente diferentes, para cada longitud de onda y para cada ángulo de incidencia. Esto significa que la
10 lámina con cavidades transmite la luz de una forma diferente a la lámina sin cavidades, para cada longitud de onda y para cada ángulo de incidencia. De esta forma un dispositivo situado inmediatamente por debajo de esta lámina podría funcionar de forma más eficiente, si el diseño de la red de cavidades es óptimo, ya que se puede introducir luz para
15 ángulos o longitudes de onda diferentes a los de un material homogéneo e isótropo, que viene dados por la ley de Snell.

Ejemplo 2.- Fabricación de dispositivo formado por una lámina de InGaP con una red ordenada de cavidades depositada sobre una 20 célula solar de Ge y su uso como célula solar modificada

Se detalla un segundo ejemplo de dispositivo que consiste en una célula solar con una lámina de material InGaP modificado con una red ordenada de cavidades. La célula solar es un sustrato de germanio (Ge) de espesor 150 μm , con orientación cristalina (111) y desorientación de 6° . Sobre este
25 sustrato se ha depositado una lámina de fosfuro de galio e indio (InGaP) depositada mediante deposición química en fase vapor a partir de fuentes metal-orgánicas (MOCVD). La lámina de InGaP tiene un espesor de 900 nm y está dopada tipo-*p* mediante Zn con una concentración de portadores de $p=1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$. Sobre este material se han realizado unos contactos
30 eléctricos mediante una tecnología de contactos óhmicos basados en Au.

La célula consta de una superficie expuesta a la luz sin Au rodeada de una zona cubierta por Au que actúa como contacto eléctrico. La Fig. 5 muestra una fotografía de una célula solar como la descrita. El diámetro de la superficie expuesta es de unos 1,6 mm..

- 5 La red de cavidades se realiza como se indica a continuación. Sobre la capa de InGaP se deposita una resina sensible a los electrones (PMMA A-4 950K, Microchem) y se realiza una litografía por haz de electrones para definir una red periódica de simetría triangular con círculos de radio 200 nm y separación 600 nm. Para cubrir un área extensa se utilizan campos
- 10 de litografía de forma cuadrada de unas $200 \times 200 \mu\text{m}^2$ separados entre sí unas 20 μm . Una vez revelada de la misma forma que lo detallado anteriormente, se realiza la indentación de las cavidades mediante haces de iones reactivos (RIBE) utilizando Ar acelerado a 500 eV. La profundidad alcanzada es de 200 nm. La Fig. 6 muestra una fotografía del dispositivo
- 15 fabricado. La Fig. 7 muestra otra fotografía mediante microscopía de haz de electrones del mismo dispositivo realizado, a una ampliación mayor.

Se han obtenido medidas de la curva intensidad-voltaje (I-V) y de la eficiencia cuántica externa (EQE) del dispositivo fabricado.

- La curva I-V medida sobre el dispositivo célula solar-lámina InGaP
- 20 modificada con red de cavidades no cambia respecto a la curva I-V célula solar. Esto indica que la célula solar no sufre ningún daño en sus propiedades eléctricas debido al proceso de fabricación de las cavidades de la lámina InGaP depositada en su superficie

- La eficiencia cuántica (EQ) es una medida muy importante en células
- 25 solares ya que proporciona información sobre la cantidad de corriente que da una célula solar cuando se ilumina con luz de una determinada longitud de onda. La eficiencia cuántica externa (EQE) se define como el número de electrones por segundo que produce el dispositivo dividido entre el número de fotones por segundo que incide en el mismo. La Fig. 8 muestra
- 30 una imagen de la curva EQE medida sobre una célula solar con lámina de

InGaP modificada con la red de cavidades y una célula solar sin lámina de InGaP a temperatura ambiente. Como se observa, para el primer caso, la curva EQE es entre un 10% y un 20% mayor, en un amplio rango espectral. Esto indica que el dispositivo que consiste en una célula solar con una lámina de InGaP modificada con una red ordenada de cavidades convierte la luz a electrones con mayor eficiencia que sin ella, que es el objetivo que se pretende demostrar en esta patente.

Se han obtenido valores de un incremento de la eficiencia cuántica promediada del 11% para la célula solar con cristal fotónico respecto a una célula solar idéntica pero sin cristal fotónico. En el prototipo con cristal fotónico éste sólo ocupa un 40% de la superficie útil. Esto significa que en una célula solar con el 100% de su superficie útil recubierta, si usamos una extrapolación lineal, el aumento de la eficiencia cuántica es de al menos un 26%.

Se han obtenido las curvas de intensidad – voltaje (I-V) bajo iluminación y se ha medido un aumento de la fotocorriente del 8% (ver Fig 9) respecto de la célula solar sin cristal fotónico, lo cual en una célula cubierta al 100% representaría un aumento de la fotocorriente producida por el dispositivo del 22%.

Además, el voltaje a circuito cerrado no se ha degradado y las curvas I-V en oscuridad del dispositivo con cristal fotónico y sin cristal fotónico son idénticas, lo cual significa que el dispositivo no sufre dañado por el proceso de fabricación del cristal fotónico.

REIVINDICACIONES

1. Uso de material modificado en su topografía superficial mediante la fabricación de una red de cavidades rellenas de otro material con un índice de refracción diferente, en dispositivos para la generación de corriente eléctrica a partir de una luz incidente.
5
2. Uso del material según reivindicación 1 caracterizado por que la red de cavidades del material están rellenas de aire con índice de refracción igual a 1.
10
3. Uso del material según las reivindicaciones anteriores caracterizado por ser un material semiconductor.
4. Uso del material según la reivindicación 3 caracterizado por ser un material semiconductor III-V.
15
5. Uso del material según la reivindicación 3 caracterizado porque el material semiconductor es InP, o bien InGaP.
206. Uso del material según las reivindicaciones anteriores en el que las cavidades están espaciadas regularmente en forma de red bidimensional.
7. Uso del material según la reivindicación 5 caracterizado porque las cavidades están separadas al menos 50 nm entre sus centros.
25
8. Uso del material mencionado en la reivindicaciones anteriores en células solares, fotodetectores y aparatos termofotovoltaicos.

9. Dispositivo caracterizado porque comprende el material mencionado en las reivindicaciones 1-6 y una célula solar, de forma que el material se deposita sobre la superficie de la célula solar.
510. Dispositivo según la reivindicación 8 caracterizado porque la célula solar es un sustrato de Germanio (Ge) y la lámina de material depositado en su superficie es de fosfuro de Galio e Indio (InGaP).
11. Dispositivo caracterizado porque comprende el material mencionado en las reivindicaciones 1-6 y un fotodetector, de forma que el material se deposita sobre la superficie del fotodetector.
12. Dispositivo caracterizado porque comprende el material mencionado en las reivindicaciones 1-6 y un aparato termo-fotovoltaico, de forma que el material se deposita sobre la superficie del aparato.
13. Dispositivo caracterizado por ser una célula solar o fotodetector en el que se ha modificado la topografía superficial del mismo según las características del material mencionado en las reivindicaciones 1-6.

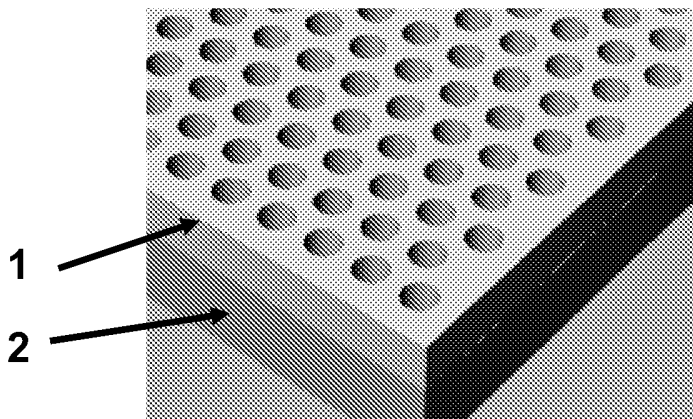


FIG. 1

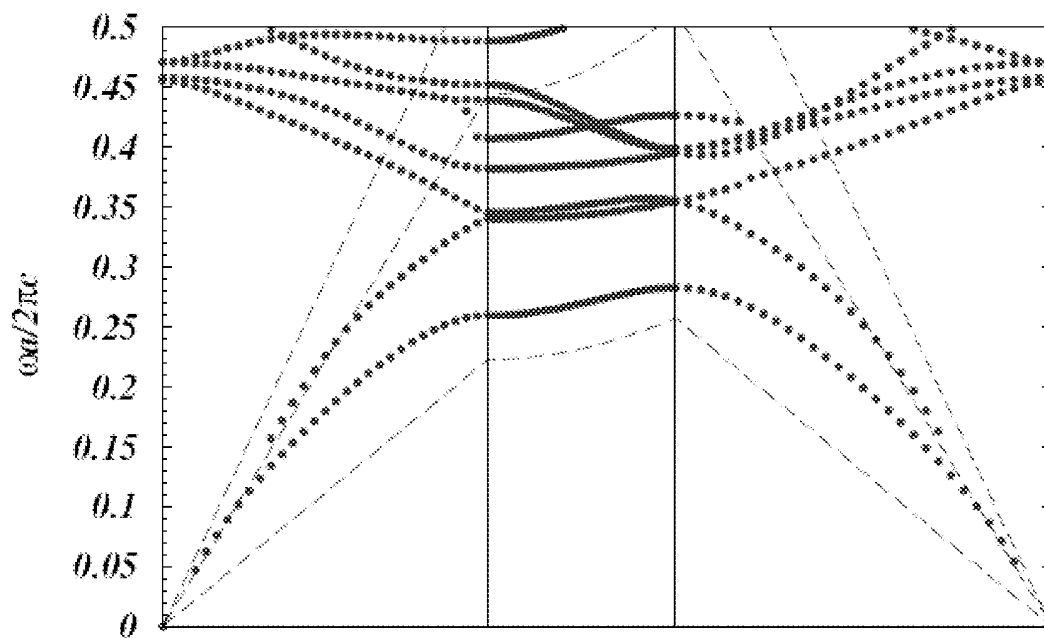


FIG. 2

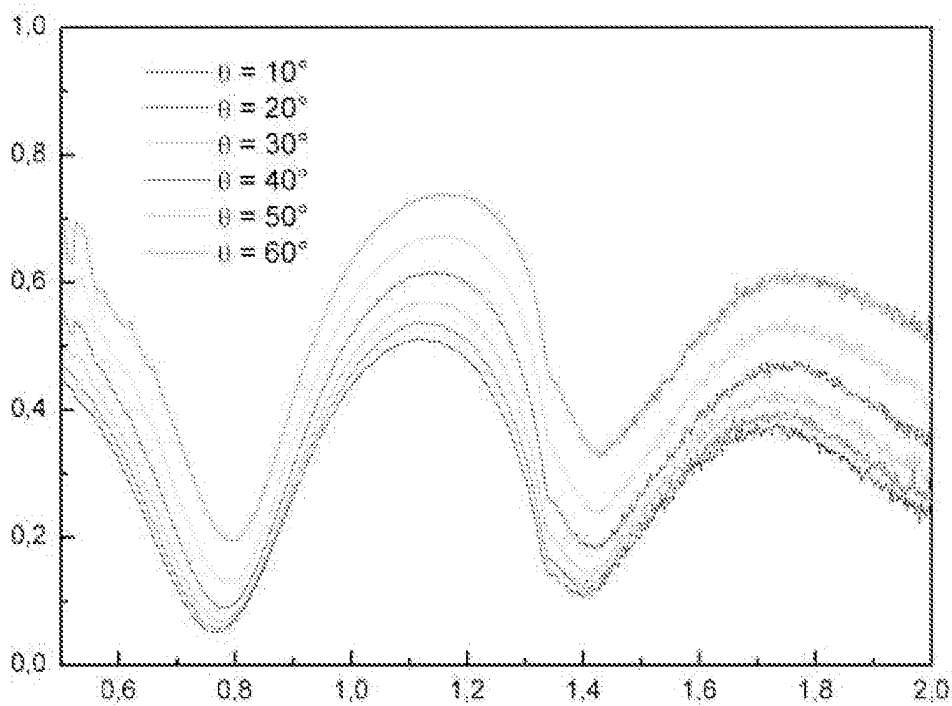


FIG. 3 A

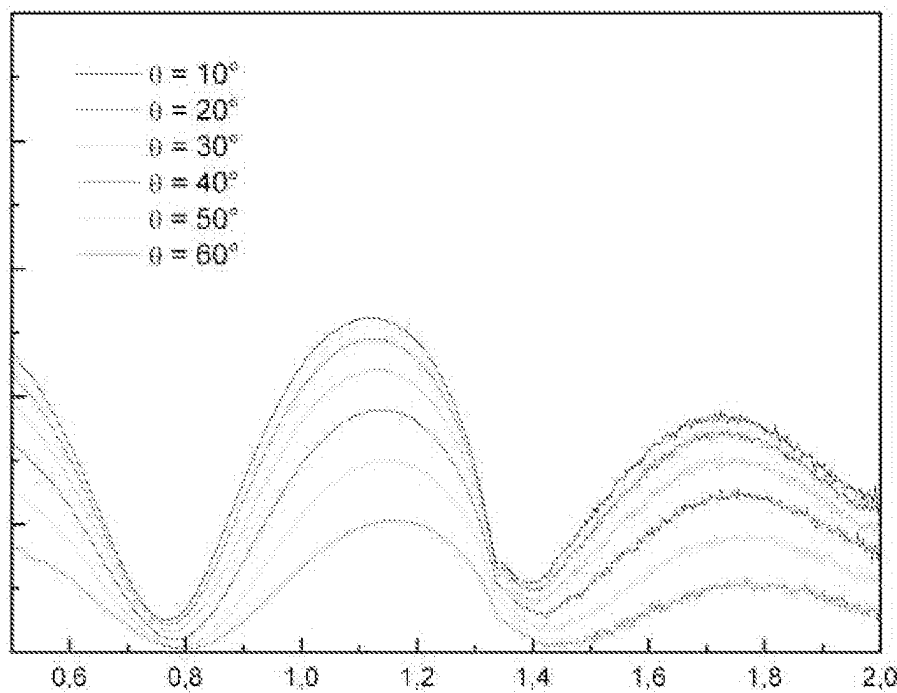


FIG. 3 B

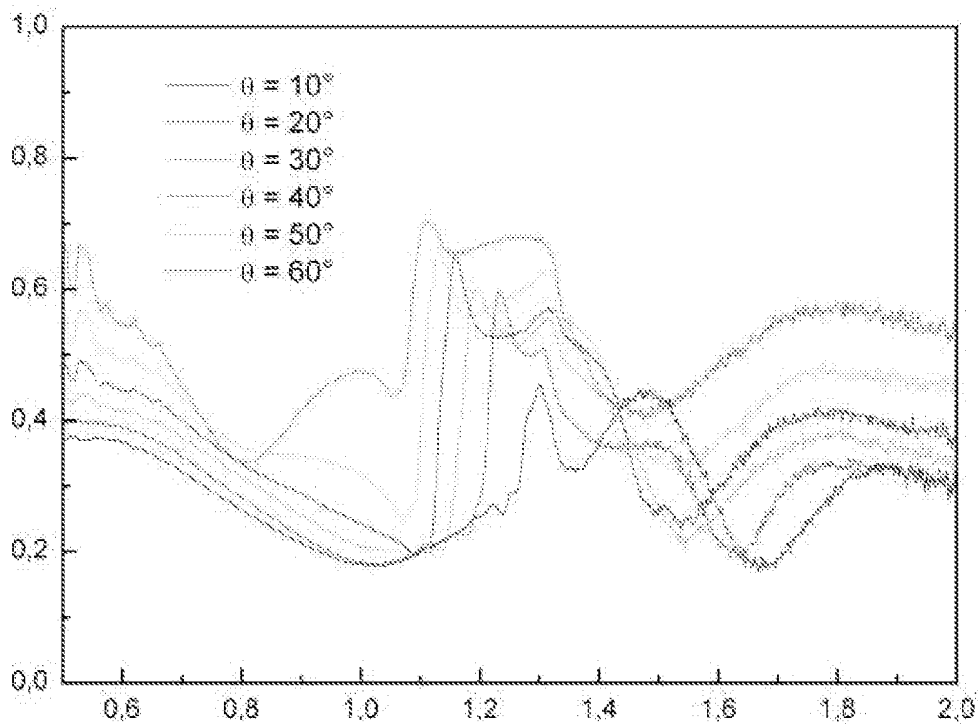


FIG. 3 C

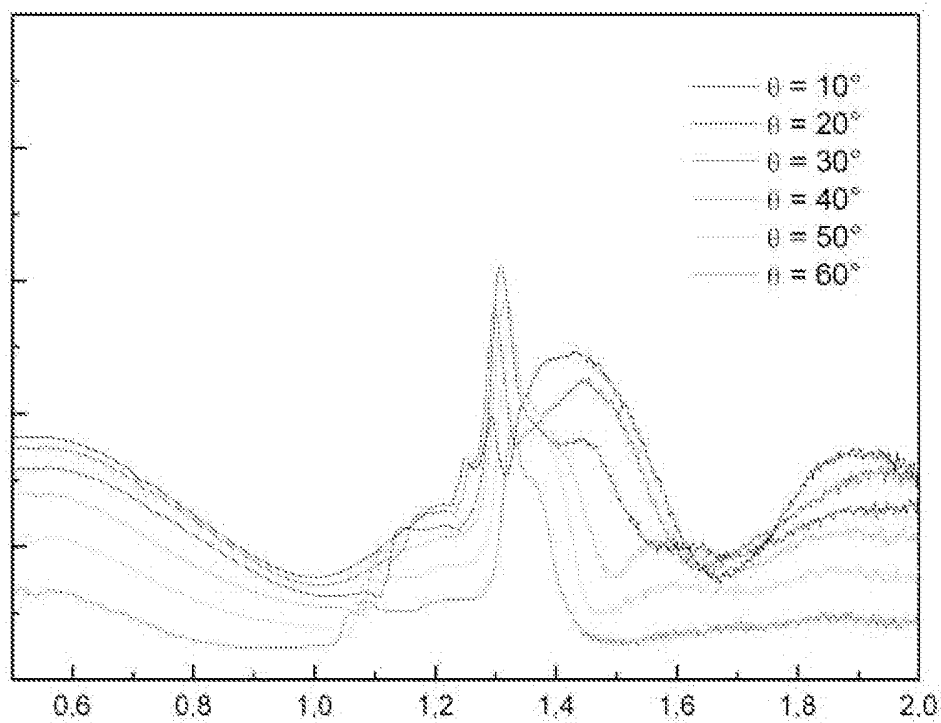


FIG. 3 D

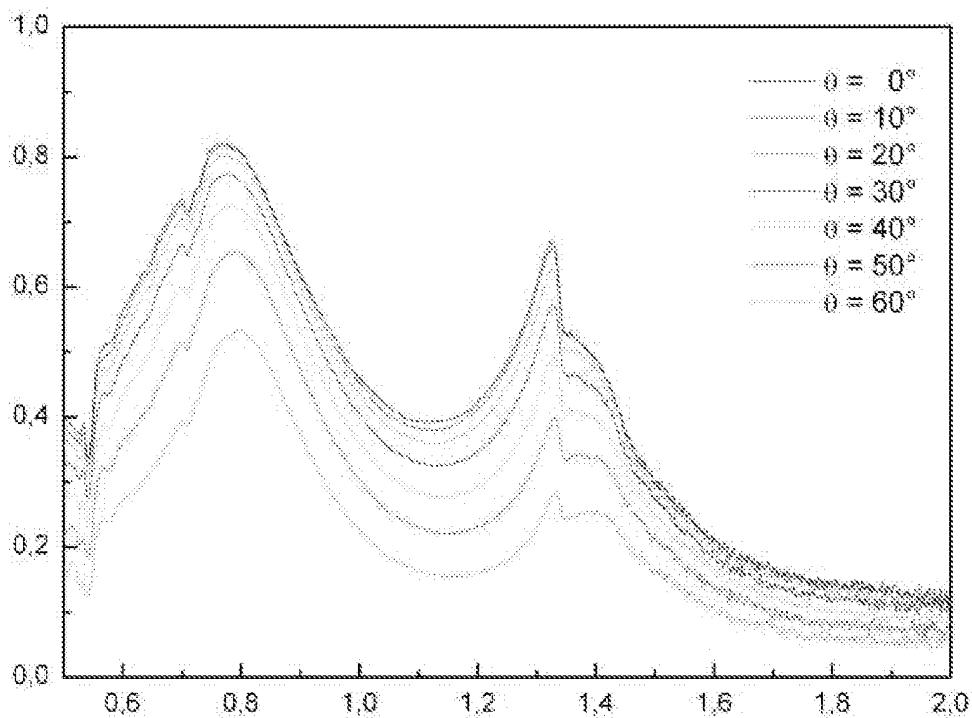


FIG. 4 A

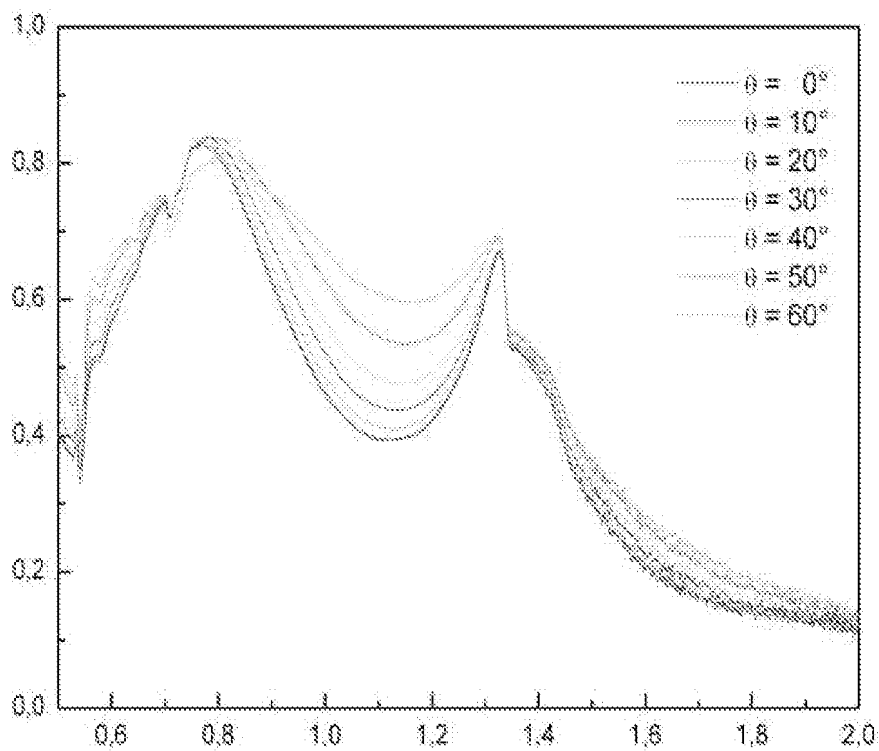


FIG. 4 B

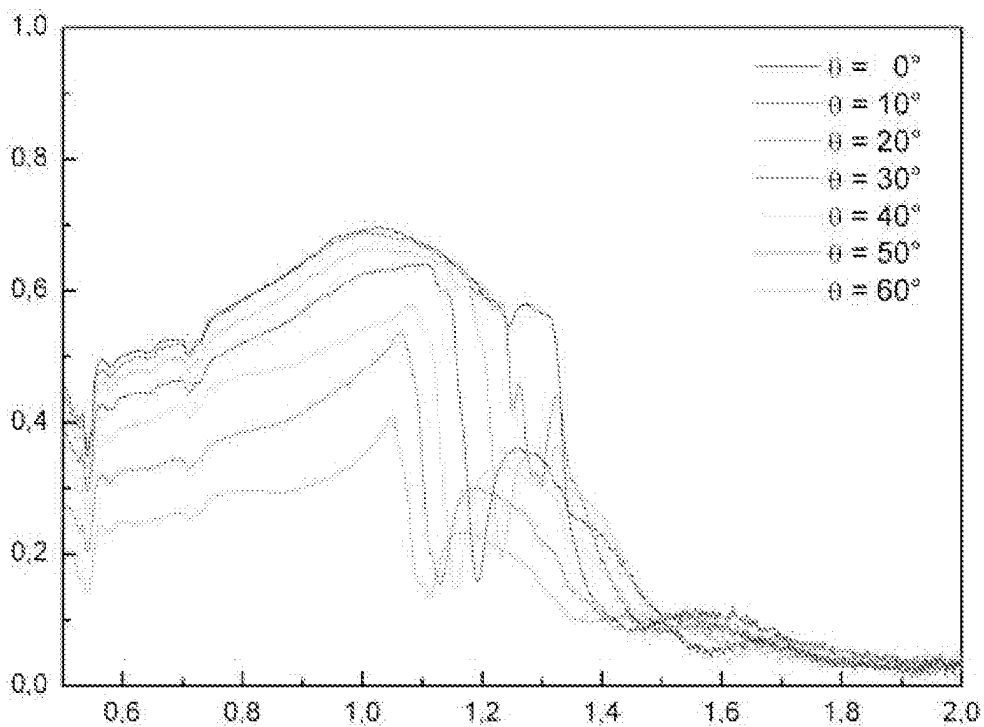


FIG. 4 C

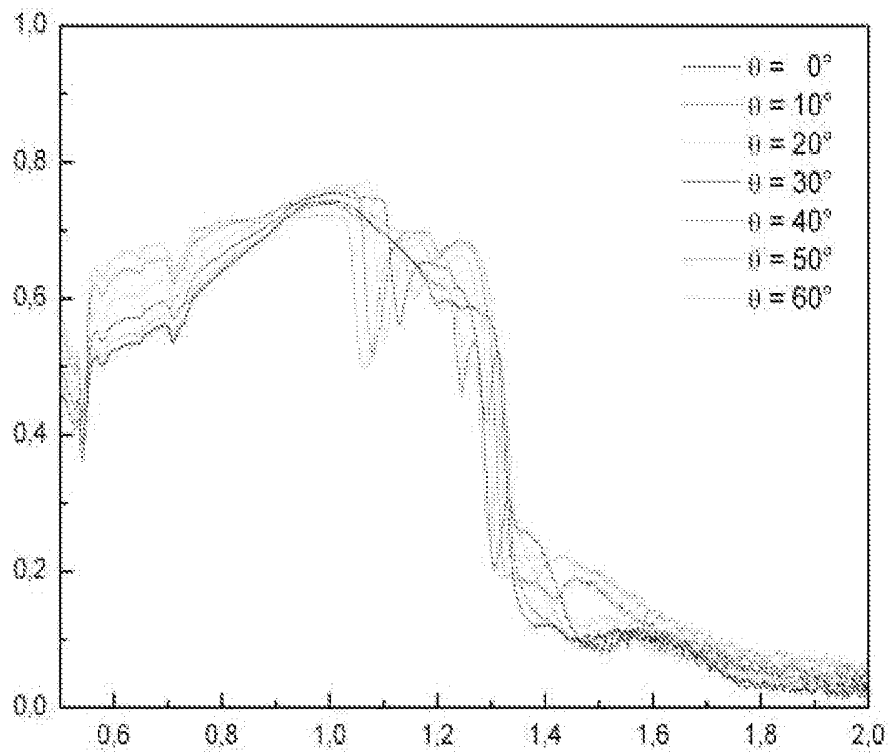


FIG. 4 D

6/9

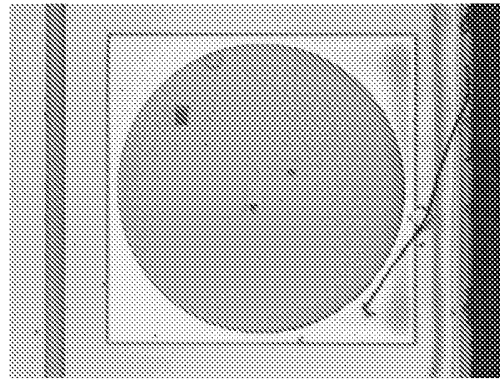


FIG. 5

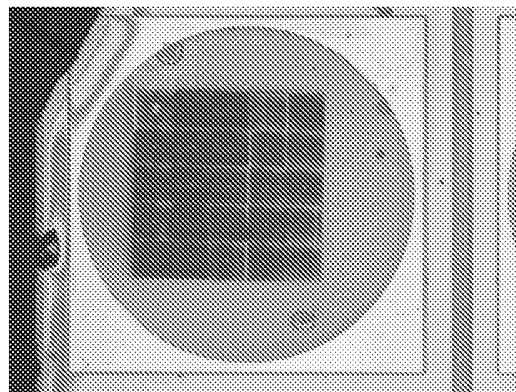


FIG. 6

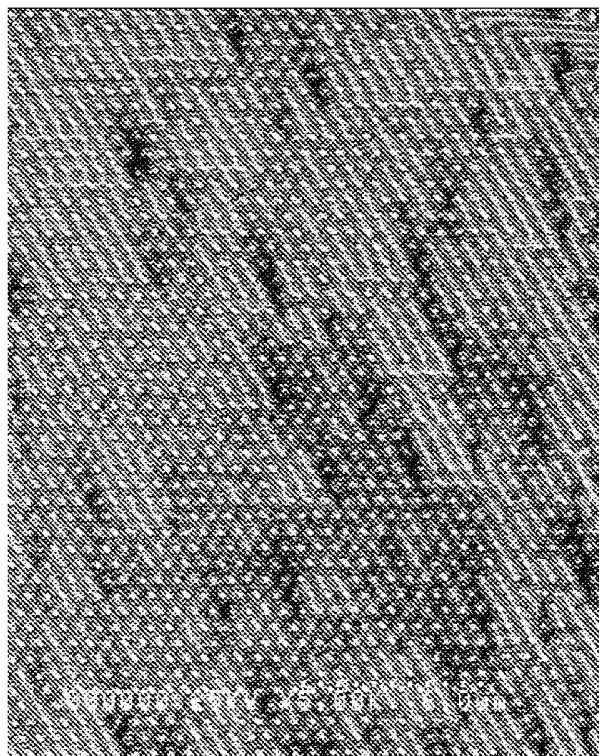


FIG. 7

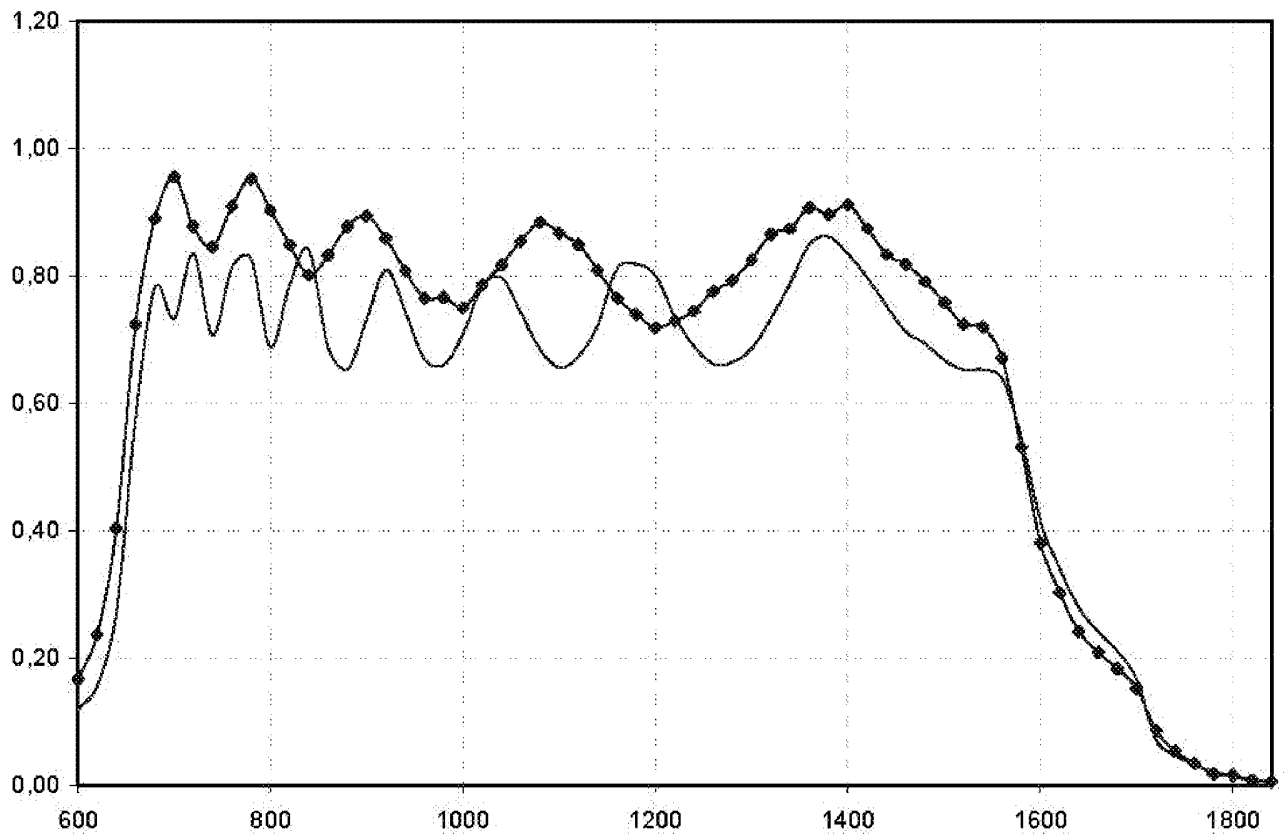


FIG. 8

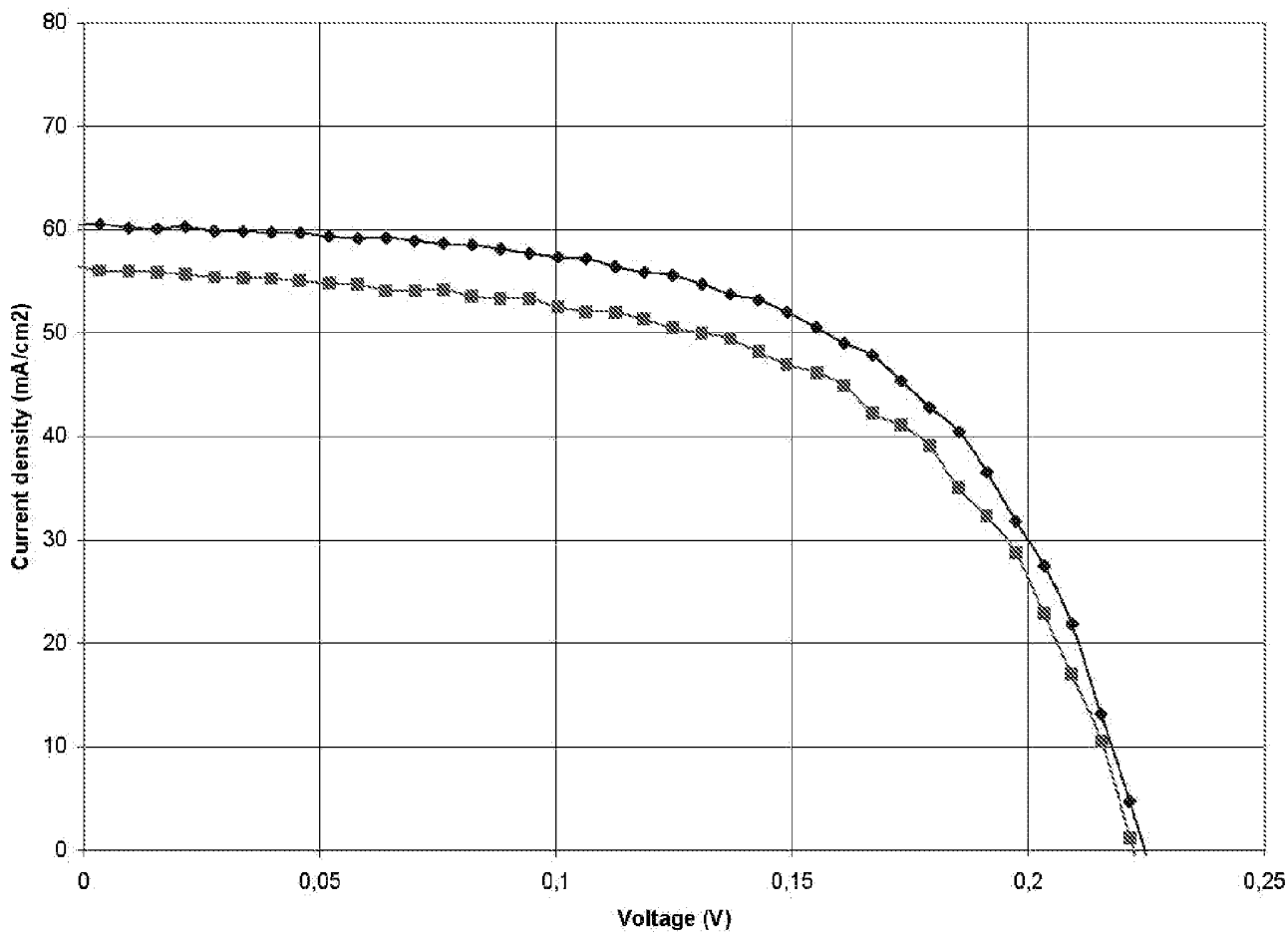


FIG. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/ES 2009/070041

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)

H01L, 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)

INVENES, EPODOC, WPI, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2007/0235072 A1 (BERMEL, P. et al.) 11.10.2007, abstract; paragraphs [0004]-[0007], [0014]-[0016], [0022]-[0014]; figures 2A, 2B, 4A and 4B.	1-13
A	US 2002/0040727 A1 (STAN, M. et al.) 11.04.2002, abstract; paragraphs [0003]-[0005], [0019]-[0021], [0026]; figures 1 and 2.	1-5, 8, 10
A	US 2007/0000536 A1 (YI, Y. et al.) 04.01.2007, abstract; paragraphs [0004]-[0007], [0014]-[0019]; figures 1, 2 and 4.	1-5, 7-13
A	EP 1010997 A1 (KAWAKAMI, S.) 21.06.2000, abstract; paragraphs [0001], [0005]-[0006], [0022], [0075]-[0076]; figures 1 and 17.	1-5, 7-13

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:		"I" 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

18.June.2009 (18.06.2009)

Date of mailing of the international search report

(22/06/2009)

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

International application No.

PCT/ES 2009/070041

C (continuation).

DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of documents, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	HONSBERG, C. & BARNETT, A.: "Light trapping in thin film GaAs solar cells". PROCEEDINGS OF THE PHOTOVOLTAIC SPECIALISTS CONFERENCE, NUEVA YORK, IEEE, US. 07.10.1991, Vol. CONF. 22, pages 262-267. ISBN 978-0-87942-636-1; ISBN 0-87942-636-5.	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/ ES 2009/070041

Patent document cited in the search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2007235072 A	11.10.2007	WO 2007121082 A EP 2018668 A EP 20070759997	25.10.2007 28.01.2009 03.04.2007
US 2002040727 A	11.04.2002	US 7339109 B US 2005227464 A US 2008149177 A	04.03.2008 13.10.2005 26.06.2008
US 2007000536 A	04.01.2007	WO 2006078319 A US 7482532 B	27.07.2006 27.01.2009
EP 1010997 AB	21.06.2000	WO 9844368 A JP 10335758 A JP 3325825 B EP 19980909846 US 6852203 B DE 69831581 T	08.10.1998 18.12.1998 17.09.2002 24.03.1998 08.02.2005 14.06.2006

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ ES 2009/070041

CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 31/0216 (2006.01)

H01L 31/0236 (2006.01)

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional N°
PCT/ES 2009/070041

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)

H01L, 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)

INVENES, EPODOC, WPI, INSPEC

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones N°
X	US 2007/0235072 A1 (BERMEL, P. et al.) 11.10.2007, resumen; párrafos [0004]-[0007], [0014]-[0016], [0022]-[0014]; figuras 2A, 2B, 4A y 4B.	1-13
A	US 2002/0040727 A1 (STAN, M. et al.) 11.04.2002, resumen; párrafos [0003]-[0005], [0019]-[0021], [0026]; figuras 1 y 2.	1-5, 8, 10
A	US 2007/0000536 A1 (YI, Y. et al.) 04.01.2007, resumen; párrafos [0004]-[0007], [0014]-[0019]; figuras 1, 2 y 4.	1-5, 7-13
A	EP 1010997 A1 (KAWAKAMI, S.) 21.06.2000, resumen; párrafos [0001], [0005]-[0006], [0022], [0075]-[0076]; figuras 1 y 17.	1-5, 7-13

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:	"I"	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.

18.Junio.2009 (18.06.2009)

Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional

22 de Junio de 2009 (22/06/2009)

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional

O.E.P.M.

Funcionario autorizado

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

Solicitud internacional N°

PCT/ES 2009/070041

C (continuación).

DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones N°
A	HONSBERG, C. & BARNETT, A.: "Light trapping in thin film GaAs solar cells". PROCEEDINGS OF THE PHOTOVOLTAIC SPECIALISTS CONFERENCE, NUEVA YORK, IEEE, US. 07.10.1991, Vol. CONF. 22, páginas 262-267. ISBN 978-0-87942-636-1; ISBN 0-87942-636-5.	

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Información relativa a miembros de familias de patentes

Solicitud internacional N°

PCT/ES 2009/070041

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de Publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de Publicación
US 2007235072 A	11.10.2007	WO 2007121082 A EP 2018668 A EP 2007075997	25.10.2007 28.01.2009 03.04.2007
US 2002040727 A	11.04.2002	US 7339109 B US 2005227464 A US 2008149177 A	04.03.2008 13.10.2005 26.06.2008
US 2007000536 A	04.01.2007	WO 2006078319 A US 7482532 B	27.07.2006 27.01.2009
EP 1010997 AB	21.06.2000	WO 9844368 A JP 10335758 A JP 3325825 B EP 19980909846 US 6852203 B DE 69831581 T	08.10.1998 18.12.1998 17.09.2002 24.03.1998 08.02.2005 14.06.2006

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional N°

PCT/ ES 2009/070041

CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

H01L 31/0216 (2006.01)

H01L 31/0236 (2006.01)