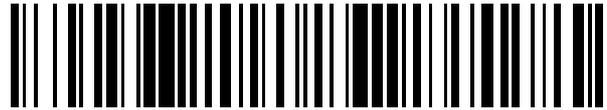


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 638 068**

21 Número de solicitud: 201600179

51 Int. Cl.:

H01L 31/0224 (2006.01)

H01L 21/288 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

29.02.2016

43 Fecha de publicación de la solicitud:

18.10.2017

88 Fecha de publicación diferida del informe sobre el estado de la técnica:

06.11.2017

Fecha de concesión:

30.08.2018

45 Fecha de publicación de la concesión:

06.09.2018

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (100.0%)
OTRI. Edificio Central Universidad. Delgado
Barreto, s/n
38201 La Laguna (Sta Cruz deTenerife) ES**

72 Inventor/es:

**PASTOR TEJERA , Elena María ;
GARCIA, Gonzalo;
GILLÉN VILLAFUENTE, Olmedo y
ANULA ALAMEDA, Benito**

54 Título: **Célula fotoeléctrica de alta eficiencia**

57 Resumen:

Célula fotovoltaica de alta eficiencia de bajo coste y no tóxica donde la rejilla metálica utilizada en la parte superior de las celdas convencionales de silicio se sustituye por una capa metálica conductora e invisible a la radiación solar.

ES 2 638 068 B1

DESCRIPCIÓN

Célula fotoeléctrica de alta eficiencia.

5 Objeto de la invención

Sector de la "Ciencia de los Materiales" aplicada a la "Nanotecnología" manipulando la materia a escala atómica y creando un material que experimenta una notable mejora en la eficiencia energética de las celdas solares y fotovoltaicas.

10

Antecedentes de la invención

Un panel solar es un módulo que aprovecha la energía de la radiación solar. El término contempla tanto a los colectores solares utilizados para producir agua caliente (usualmente doméstica) y como a los paneles fotovoltaicos utilizados para generar electricidad.

15

En el caso de los paneles fotovoltaicos, estos están formados por numerosas celdas que convierten la luz en electricidad. Estas celdas dependen del efecto fotovoltaico por el que la energía luminosa produce cargas positiva y negativa en dos semiconductores próximos de diferente tipo, produciendo así un campo eléctrico capaz de generar una corriente.

20

La estructura para las celdas solares de silicio típicas de la industria moderna de celdas solares se ilustra en la figura 1. Estas celdas poseen dedos colectores (Figura1 (1)) y contacto posterior obtenidos por serigrafía, además de presentar una texturización superficial por ataque químico entre otras cosas. En general las celdas comerciales no incluyen emisor selectivo optimizado, ni la pasivación de estados de superficie, particularmente en el emisor, además de que la tecnología serigráfica utilizada impone límites para la reducción de las pérdidas, tanto por resistencia en serie como por sombreado, debidas a los dedos colectores en el enrejado de las celdas solares. Por ello, la máxima eficiencia en estas celdas "industriales" es de sólo 6 a 15%, dependiendo de la tecnología utilizada.

25

30

La celda solar de silicio con mayor eficiencia (24.7%) hasta el momento se ha realizado mediante una estructura sofisticada denominada "Passivated Emitter and Rear Locally diffused (PERL)", ilustrada en la figura 2. Esta estructura, desarrollada por Martin Green y su grupo en Australia [Progress and Outlook for High-Efficiency Crystalline Silicon Solar Cells, M.A. Green, J. Zhao, A. Wang, S.R. Wenham, Solar Energy Materials & Solar Cells 65 9-16 (2001)¹], es de gran importancia porque ha mostrado que es posible alcanzar eficiencias de conversión cercanas a la máxima eficiencia teórica (32%, límite Shockley-Queisser) de celdas de silicio bajo luz solar (espectro AM1.5 global normalizado a 1 kW m⁻²), pero requieren procesos de fabricación tales como la fotolitografía de múltiples niveles, la oxidación y difusión de impurezas en laboratorios ultra limpios (clase microelectrónica para fabricar circuitos integrados) y el empleo de obleas de silicio de extrema calidad, de forma que no pueden industrializarse a costos de producción apropiados para su aplicación terrestre.

35

40

45

Además de los mecanismos típicos de pérdida de energía (termalización de portadores por la red; pérdida de voltaje en la unión y los contactos; recombinación de huecos y electrones) tenemos otros que existen en la práctica y que pueden reducirse mediante el diseño y la aplicación de los procesos de fabricación adecuados. Entre éstos podemos mencionar: la recombinación superficial debida a la presencia de defectos en la superficie de cualquier material; y la reflexión de la radiación solar en la superficie de la celda solar. El primero puede reducirse mediante lo que se llama pasivación superficial. En el caso

50

del silicio, generalmente se realiza depositando capas finas de un óxido o nitruro que eliminen los enlaces sueltos en la superficie. [G. Santana y A. Morales-Acevedo, Solar Energy Materials and Solar Cells 60 (2000) 135]. En el segundo caso, la reflectancia normalmente se reduce depositando una o dos capas de materiales con espesor e índice de refracción adecuados sobre la cara en que incide la luz [A. Morales-Acevedo, E. Luna-Arredondo y G. Santana, 29th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, New Orleans, LA (IEEE, New York, 2002), p. 293.] De esta manera habría un mayor acoplamiento óptico entre el aire y el silicio. Otra manera de lograr esto último es texturizando la superficie con arreglos piramidales (Figura 2 (2)), de manera que la luz es "atrapada" induciendo la reflexión múltiple hacia la foto-celda. Por consiguiente, la celda solar de silicio más avanzada posee una estructura del emisor tipo n+, la base es tipo p y la región posterior es tipo p+ (o sea una celda solar de silicio n+ - p - p+, Figura 2 (3)). Hay que resaltar que debajo del dedo metálico del enrejado (Figura 2 (1)) se tendrá una región n++ para formar un buen contacto óhmico. También debe notarse que normalmente se incluye una capa de óxido o nitruro de silicio para lograr la pasivación de la superficie del emisor (Figura 2 (4)). Este es el tipo de estructura conocido como "celda solar con emisor selectivo". Sin embargo, no se conoce una solución como la propuesta. En este caso, se trata de sustituir la rejilla metálica utilizada en la parte superior de las celdas comerciales por una capa metálica conductora e invisible a la radiación solar. La eliminación de la rejilla metálica (Figura 1 y 2 (1)) que refleja parcialmente la luz (sombreado), permite un aumento en la eficiencia de la celda solar como consecuencia del aprovechamiento de toda el área del semiconductor para realizar el efecto fotoeléctrico. Además, al retirar la rejilla metálica se eliminan todos los componentes tóxicos necesarios para su unión a la superficie de la celda. De esta forma, se consiguen fabricar celdas solares por un procedimiento que da lugar a celdas solares más eficientes, de menor toxicidad y de menor costo.

Descripción de la invención

La solución propuesta consiste en suplantarse la rejilla metálica utilizada en la parte superior de las celdas comerciales, por una capa metálica conductora e invisible a la radiación solar. De esta forma no existirá pérdida de energía por reflexión de la radiación solar en la superficie de la celda solar (sombreado), aumentando la eficiencia de conversión energética.

El método utilizado para la formación de micelas conteniendo un núcleo metálico fue el de microemulsión, que consiste básicamente en preparar micelas orgánicas conteniendo en su núcleo alrededor de 500 átomos de Pt [O. Guillén-Villafuerte, G. García, B. Anula, E. Pastor, N.C. Blanco, M.A. López-Quintela, A. Hernández-Creus and G.A. Planes, Angew. Chem. Int. Ed. 118 (2006) 4372].

En el presente trabajo se han sintetizado con éxito diversas micelas con diferentes metales en su núcleo, como son Pt, Sn, Ni, Rh, Ir, Cu, Fe, Pd, Cr y Ag. Estas micelas con núcleo metálico se depositaron y distribuyeron uniformemente sobre la superficie de una celda solar en ausencia del enrejado metálico. Para ello, una alícuota de la disolución de micelas se depositó sobre la placa solar (en ausencia de la rejilla conductora). Posteriormente, se sometió a la muestra a un tratamiento térmico (300°C por 30 minutos) bajo una atmósfera reductora (H_2/N_2 : 1/10). Se observó que el depósito metálico es uniforme, posee buena conductividad eléctrica y más importante aún es que se produce eficazmente el efecto fotoeléctrico, es decir el depósito metálico resulta en una capa conductora e invisible a la radiación solar.

Descripción de los dibujos

Figura 1: Principales características de una típica celda solar de silicio, donde se indica el uso de dedos colectores (1).

5

Figura 2: Principales características de la celda solar de silicio que presenta la mayor eficiencia hasta el momento. En ella se destaca el uso de dedos colectores (1), el texturizado de la superficie con arreglos piramidales (2) y la estructura de la "zona de barrera" (3).

10

Figura 3: Curva de Potencia bajo irradiación lumínica de una placa solar comercial en ausencia del enrejado metálico (A) y de una monocapa de micelas que contienen Pt en su interior sobre una placa solar comercial en ausencia del enrejado metálico (B).

15

Figura 4: Curva de Potencia bajo irradiación lumínica de una placa solar comercial en ausencia del enrejado metálico (A) y de multicapas de micelas que contienen Pt en su interior sobre una placa solar comercial en ausencia del enrejado metálico (C).

Realización preferente de la invención

20

Las Figuras 3 y 4 muestran el efecto de depositar una monocapa (Figura 3 (B)) y multicapas (Figura 4 (C)) de micelas que contienen Pt en su interior sobre una placa solar comercial en ausencia del enrejado metálico (Figuras 3 (A) y 4 (A)). Se observa como la potencia máxima así como el potencial en cortocircuito desarrollado por la celda solar aumenta ligeramente al depositar las micelas que contienen platino en su núcleo.

25

REIVINDICACIONES

- 5 1. Célula fotovoltaica de alta eficiencia de bajo coste y no tóxica **caracterizada** por la sustitución de la rejilla metálica utilizada en la parte superior de las celdas convencionales por una capa metálica conductora e invisible a la radiación solar.
- 10 2. Procedimiento para el depósito de una monocapa o multicapas metálicas utilizada en células fotovoltaicas carentes de rejillas metálicas **caracterizada** según la reivindicación (1) que comprende las siguientes etapas:
- 15 I. Depositar una alícuota de micelas conteniendo un núcleo metálico (ej. Pt, Sn, Ni, Rh, Ir, Cu, Fe, Pd, Cr y Ag, etc.) sobre una celda solar comercial (oblas de silicio mono y/o policristalinas) en ausencia del enrejado metálico (dedos colectores).
- 20 II. Secado bajo un flujo de gas inerte.
- III. Lavado exhausto con acetona.
- IV. Calentamiento a una temperatura de aproximadamente 300°C durante aproximadamente media hora bajo un flujo de gas reductor.

Figura 1

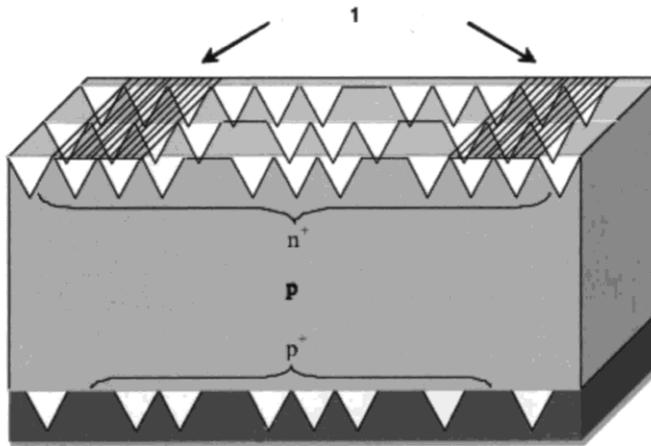


Figura 2

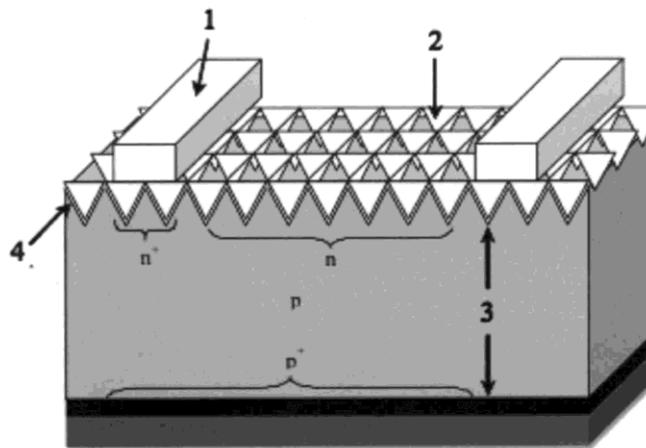


Figura 3

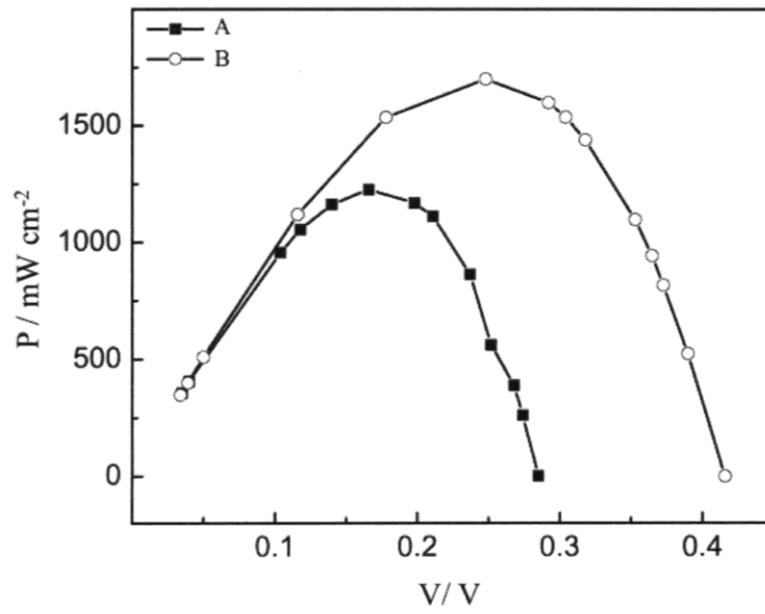
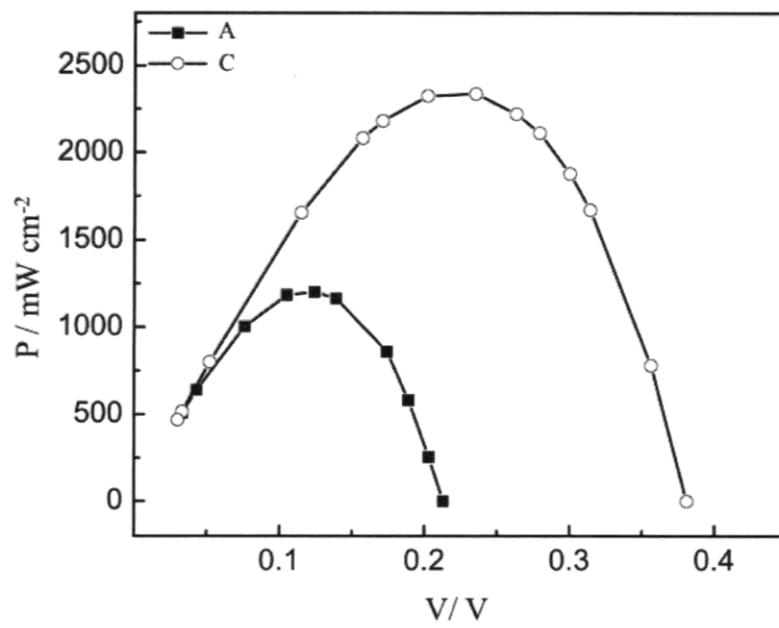


Figura 4





- ②① N.º solicitud: 201600179
 ②② Fecha de presentación de la solicitud: 29.02.2016
 ③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **H01L31/0224** (2006.01)
H01L21/288 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	WO 2016009242 A1 (CENTRE NAT RECH SCIENT) 21/01/2016, Resumen; página 4, línea 34 - página 5, línea 6.	1
X	CHUN-CHIEH, C., et al., Efficiency improvement in nanorod amorphous silicon thin film with passivation layer and ultrathin metal electrode for photovoltaic application, Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), 2011 37th IEEE, 19/06/2011, Páginas 594 - 598, ISBN 978-1-4244-9966-3 ; ISBN 1-4244-9966-6, <DOI: doi:10.1109/PVSC.2011.6186024>. resumen; apartado: "Lower and upper electrodes".	1
X	NAKATO, Y., et al., Silicon photoelectrodes modified with ultrafine metal islands, Electrochimica Acta, 01/04/1992, Vol. 37, Nº 5, Páginas 897 - 907, ISSN 0013-4686, <DOI: doi: 10.1016/0013-4686(92)85041-l>. Resumen y apartado 4.	1
X	WO 2013128458 A1 (RAMOT AT TEL-AVIV UNIVERSITY LTD.) 06/09/2013, Página 3 páginas 5 - 7; páginas 12 - 16; página 21.	1-2

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia
 Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
 A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita
 P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
 E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
26.10.2017

Examinador
M. d. García Poza

Página
1/5



- ① N.º solicitud: 201600179
② Fecha de presentación de la solicitud: 29.02.2016
③ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: **H01L31/0224** (2006.01)
H01L21/288 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	GUILLEN-VILLAFUERTE, O., et al., Assembly of subnanometric 2d pt nanoislands in parallel rows onto au(111) by self-organization of Pt clusters, <i>Angewandte Chemie - International Edition</i> , 26/06/2006, Vol. 45, N° 26, Páginas 4266 - 4269, ISSN 1433-7851 (print), <DOI: doi:10.1002/anie.200600826>. Apartado: "Experimental Section".	1-2
A	LEDO-SUAREZ, A., et al., Facile synthesis of stable, sub-nanosized silver atomic clusters in microemulsions, <i>Angewandte Chemie International Edition</i> , 17/10/2007, Vol. 46, Páginas 8823-8827, <DOI: doi:10.1002/anie.200702427>. Resumen.	1-2

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
26.10.2017

Examinador
M. d. García Poza

Página
2/5

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

H01L

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

INVENES, EPODOC, WPI, XPEP, NPL

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 26.10.2017

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 2	SI
	Reivindicaciones 1	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	SI
	Reivindicaciones 1-2	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	WO 2016009242 A1 (CENTRE NAT RECH SCIENT)	21.01.2016
D02	CHUN-CHIEH, C., et al., Efficiency improvement in nanorod amorphous silicon thin film with passivation layer and ultrathin metal electrode for photovoltaic application, Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), 2011 37th IEEE, 19/06/2011, Páginas 594 - 598	19.06.2011
D03	NAKATO, Y., et al., Silicon photoelectrodes modified with ultrafine metal islands, Electrochimica Acta, 01/04/1992, Vol. 37, Nº 5, Páginas 897 - 907	01.04.1992
D04	WO 2013128458 A1 (RAMOT AT TEL-AVIV UNIVERSITY LTD.)	06.09.2013

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**- Novedad (Art. 6.1 LP11/1986):**

El documento D01 divulga una célula fotovoltaica con un electrodo formado por una capa metálica y transparente (formada por nanohilos de plata, resumen; página 4, línea 34 - página 5, línea 6).

El documento D02 divulga una célula fotovoltaica con un electrodo superior formado por una capa metálica y transparente (lámina ultradelgada de plata, resumen; apartado: "Lower and upper electrodes").

El documento D03 divulga una célula fotovoltaica con un electrodo formado por una capa metálica y transparente (formada por islas metálicas ultrafinas de platino, resumen y apartado 4).

Por lo tanto, a la vista de la información divulgada en el estado de la técnica, se considera que el objeto de la invención, tal y como se recoge en la reivindicación 1, carece de novedad y de actividad inventiva (Arts. 6.1 y 8.1 LP 11/1986, respectivamente).

- Actividad inventiva (Art. 8.1 LP 11/1986):

El documento D04 divulga el uso de capas metálicas transparentes (que comprenden nanohilos metálicos) como electrodos en diversos dispositivos como, por ejemplo, células fotovoltaicas (resumen y páginas 9 y 21). Es decir, a la vista de la información divulgada en este documento, el experto en la materia podría llegar a una célula fotovoltaica con una capa metálica transparente como electrodo, como la célula fotovoltaica de la invención tal y como se recoge en la reivindicación 1, sin el ejercicio de la actividad inventiva y con razonables expectativas de éxito.

Por otro lado, en este documento también se divulga el procedimiento de preparación de dichas capas, que comprende: la obtención de una solución precursora con un precursor metálico, al menos un tensioactivo y al menos un agente reductor; la formación de una capa sobre un sustrato a partir de la solución precursora, que puede ser una microemulsión (página 13); el lavado de la capa con un compuesto orgánico y el secado. Los metales pueden ser elegidos entre: Pt, Ni, Rh, Ir, Cu, Fe, Pd, Cr y Ag (páginas 11 a 16 y 6).

Siguiendo un razonamiento análogo al expuesto más arriba con relación a la célula fotovoltaica, a la vista de las alternativas divulgadas en el documento D04, el experto en la materia, podría llegar al procedimiento de depósito de la capa metálica de una célula fotovoltaica, tal y como se recoge en la reivindicación 2, sin el ejercicio de la actividad inventiva y con razonables expectativas de éxito.

Por lo tanto, a la vista de la información divulgada en el estado de la técnica, se considera que el objeto de la invención, según se recoge en las reivindicaciones 1 y 2, carece de actividad inventiva (Art. 8.1 LP 11/1986).