



(12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 39098 A1** (51) Cl. internationale : **H01L 31/00**
(43) Date de publication : **29.12.2017**

-
- (21) N° Dépôt : **39098**
(22) Date de Dépôt : **07.06.2016**
(71) Demandeur(s) : **MASCIR (MOROCCAN FOUNDATION FOR ADVANCED SCIENCE INNOVATION & RESEARCH), RABAT DESIGN CENTER, RUE MOHAMED EL JAZOULI, MADINAT AL IRFANE RABAT 10100 (MA)**
(72) Inventeur(s) : **SEKKAT Zouheir ; NESTERENKO Dmitry**
(74) Mandataire : **ABDELHAQ AMMANI**

-
- (54) Titre : **Cellule solaire à couche mince comprenant un réseau de nano-trous**
(57) Abrégé : La présente invention concerne une cellule solaire à couche mince composée d'une première électrode déposée sur un substrat transparent, d'une couche photosensible disposée sur la première électrode et d'une seconde électrode placée sur la couche photosensible. Un réseau de trous est agencé à l'intérieur de la cellule solaire à couche mince. Les réseaux de trous permettent l'excitation en mode guidé dans la couche photosensible conduisant à une amélioration de l'absorption de lumière par la cellule et une amélioration de la densité du courant de court-circuit de ladite cellule.

Cellule solaire à couche mince comprenant un réseau de nano-trous.**Abrégé :**

La présente invention concerne une cellule solaire à couche mince composée d'une première électrode déposée sur un substrat transparent, d'une couche photosensible disposée sur la première électrode et d'une seconde électrode placée sur la couche photosensible. Un réseau de trous est agencé à l'intérieur de la cellule solaire à couche mince. Les réseaux de trous permettent l'excitation en mode guidé dans la couche photosensible conduisant à une amélioration de l'absorption de lumière par la cellule et une amélioration de la densité du courant de court-circuit de ladite cellule.

Cellule solaire à couche mince comprenant un réseau de nano- trous.**Domaine de l'invention:**

- 5 La présente invention concerne le domaine des éléments de conversion photoélectrique, dans lequel la perforation est mise en œuvre par nano-trous, afin d'améliorer de manière significative l'efficacité d'absorption à large bande pour le spectre du rayonnement solaire.

Art antérieur :

- 10 L'amélioration de l'efficacité de conversion de l'énergie de la lumière solaire, la réduction du coût des matériaux et de fabrication des éléments des cellules solaires devrait être adressé pour le photovoltaïque. La réduction du coût de matière est généralement réalisée par le biais de réduction de l'épaisseur d'une couche de conversion photoélectrique dans un élément de la cellule solaire. La minimisation de l'épaisseur de la couche active dans la
15 cellule solaire est basée sur un compromis entre une absorption plus faible de l'énergie de la lumière incidente et une recombinaison plus forte des porteurs du matériau de la couche active.

- Les couches minces au Silicium Cristallin (c-Si) et au Silicium amorphe hydrogéné (a-Si: H) permettent de réduire l'épaisseur de la couche de conversion photoélectrique au niveau de
20 la cellule photovoltaïque vu qu'ils augmentent l'absorption dans la région visible.

- Une cellule solaire à couche mince a-Si: H est une structure plane multicouche déposée sur un substrat ou un superstrat transparent. En général, la structure est composée d'une première électrode, une couche photoélectrique, et une seconde électrode déposées successivement sur le substrat. La couche photoélectrique est représentée par la couche
25 active photoélectrique intrinsèque a-Si: H (i-a-Si: H) encadré par deux couches une type p et une de type n. Les films sont fabriqués par dopage i-a-Si: H.

Les cellules solaires à couches minces classiques ont deux configurations basées sur la séquence de dépôt. Dans la configuration p-i-n, une électrode en un oxyde conducteur transparent (TCO) est déposée sur le substrat. Ensuite, la couche p, la couche i-a-Si: H, la couche n, et la seconde électrode réfléchissante.

- 5 Pour la configuration n-i-p, la première électrode métallique réfléchissante est déposée sur le substrat. La couche 'Buffer' de TCO est ensuite déposée sur la première électrode métallique réfléchissante. Ensuite, la couche n, la couche i-a-Si:H, la couche p, et la deuxième électrode TCO frontale sont déposées successivement.

10 L'électrode réfléchissante peut être fabriquée à partir d'aluminium ou d'argent, et elle doit être suffisamment épaisse pour réfléchir la lumière, qui n'a pas été absorbée par la couche photoélectrique. L'épaisseur de la couche active photoélectrique en silicium amorphe hydrogéné (a-Si: H) ne dépasse généralement pas 500 nm. l'ordre d'épaisseur des couches p et n est de quelques dizaines de nanomètres.

15 La lumière pénètre dans la couche photoélectrique active à travers l'électrode TCO. Dans la couche active photoélectrique, les photons ayant une énergie suffisante excitent les électrons dans la bande de valence vers la bande de conduction générant des paires électrons / trous. Le nombre des paires électrons / trous engendrées dépend de la quantité de photons absorbés du spectre solaire. Pour compenser la diminution de l'absorption dans les cellules solaires à couches minces avec couche active photoélectrique ultra-mince
20 (épaisseur de quelques centaines de nanomètres), la mise en œuvre de micro et nano-structurés, qui permettent un piégeage efficace de lumière dans la cellule , est nécessaire.

Pour les cellules solaires à couches minces d'une épaisseur réduite, qui sont comparables à l'ordre de la longueur d'onde du rayonnement solaire incident, il y a un besoin pour des techniques de gestion de la lumière. Piégeage de lumière, guidage, confinement et les
25 techniques de diffraction peuvent être appliquées. Auparavant, des microstructures ont été implémentées aux surfaces de la couche photoélectrique pour permettre de disperser la lumière transmise et augmenter le trajet optique. La diffraction de la lumière par des micro et nanostructures disposées périodiquement peut entraîner le piégeage de la lumière sous la condition de réflexion totale interne au sein de la couche photoélectrique offrant une
30 amélioration de l'absorption. Toutefois, l'amélioration de l'absorption par des

microstructures formées sur les surfaces de la couche photo-électrique est limitée par l'efficacité de la diffusion ou diffraction définies par la hauteur des structures.

Description de l'invention :

5 La présente invention vise à résoudre les problèmes décrits dessus et fournit une cellule solaire à couche mince qui comprend un dispositif optoélectronique photoactif disposée sur le substrat. Le dispositif optoélectronique est composé d'une couche photoélectrique prise en sandwich entre deux électrodes. Une rangée de trous d'air bidimensionnels est positionnée à travers le dispositif optoélectronique photoactif. La direction des trous d'air
10 est normale au substrat. La propagation de la lumière à travers les trous d'air permet le transport efficace de l'énergie lumineuse à la couche photoélectrique. Ladiffraction dans les trous au niveau des électrodes permet le piégeage de la lumière dans la couche photoélectrique.

Brève description des figures :

15 La figure1. Représente une vue schématique en coupe transversale d'une cellule solaire à couche mince.

La figure2. Représente une vue schématique en coupe transversale d'une cellule solaire à couche mince qui comprend des trous d'air bidimensionnelles.

20 Les figures 3A-3B sont des graphiques illustrant l'absorption dans la couche active et la réflexion photoélectrique pour les cellules solaires à couches minces avec et sans perforation d'air.

La figure 4 est un graphique montrant l'amélioration de la densité de courant de court-circuit pour des périodes et des facteurs de remplissage de volume d'air de perforation différents au niveau de la cellule solaire à couche mince.

25

Description détaillée :

Dans la suite, la présente invention sera décrite en se référant aux dessins annexés. La description qui suit a pour but d'aider à mieux comprendre la présente invention, et ne vise pas à limiter la présente invention. Par conséquent, des modifications, des modes de réalisation et d'autres exemples basés sur le concept technologique de la présente invention sont inclus dans la présente invention.

La présente invention utilise les modes de guidage optique se propageant à l'intérieur des trous d'air / électrodes et les trous d'air/interfaces Couche photo-électriques pour l'amélioration de l'absorption dans la couche photoélectrique. L'excitation des modes de guidage améliore la redistribution de la lumière dans la couche photoélectrique. L'amélioration accroît l'absorption des photons reahusant ainsi la densité du courant de court-circuit densité.

La figure 1 représente une vue en coupe transversale d'une structure classique de cellule solaire a couche mince n-i-p 2 déposée sur un substrat 1. La cellule solaire 2 présente une électrode réfléchissante 6 en face arrière, une couche photoélectrique 3, et une électrode supérieure 11 successivement déposée sur le substrat 2. La couche photoélectrique 3 est séparée de l'électrode réfléchissante coté arrière 6 par une couche 'buffer' 7. L'électrode réfléchissante côté arrière 6 est un film métallique mince, suffisamment épais pour atteindre une réflectance supérieure à 98%. L'électrode supérieure 11 est réalisée d' un matériau transparent conducteur électriquement . La couche photo-électrique 3 comporte une couche 8 constituée d'un matériau conducteur d'électrons, une couche photoélectrique active 9 qui absorbe les photons transmis à la couche photoélectrique active 9 et génère des électrons et des trous, et une couche 10 constituée d'un matériau conducteur de trous. La lumière 4 se propageant dans un milieu ambiant 5 est incident sur l'électrode supérieure 11. La lumière transmise est ensuite partiellement absorbée par la couche active photoélectrique 9 et la couche 10 avec génération de paires électron-trou. La partie de la lumière transmise, non absorbée, est alors réfléchiée par l'électrode réfléchissante 6.

La figure 2 montre une vue en coupe transversale de la perforation d'air de la cellule solaire couche mince n-i-p utilisé selon la présente invention pour améliorer le piégeage de la lumière dans la cellule solaire 2. Les trous d'air 12 sont formés dans la cellule solaire 2. Les trous 12 peuvent être réalisés périodiquement dans le plan parallèle à la surface du substrat

2, où les trous 12 sont perpendiculaires à la surface du substrat 2. les trous d'air peuvent être disposés dans des réseaux triangulaires, rectangulaires, et hexagonaux. Chaque trou d'air présente un rayon d'environ 70 nm à environ 400 nm.

La lumière incidente 4 se propage dans la cellule solaire 2 à travers l'électrode supérieure 11 et les trous 12. Dans le cas de distribution périodique des trous 12, la diffraction de la lumière permet l'excitation des ordres de diffraction qui se propagent dans la cellule solaire 2 sous des angles plus larges augmentant le trajet optique et améliorant l'absorption dans la couche active photoélectrique 9. A l'interface entre les trous 12 et la couche photoélectrique active 9, des modes guidés verticaux peuvent être excités avec une amélioration de l'absorption due à l'augmentation résonante de l'intensité dans la couche 9. La réflexion devrait être réduite par la structure des trous d'airs appliquée aux interfaces dans les structures multicouches due à l'excitation des modes guidés et la diffusion de la lumière dans les couches minces.

Dans ce mode de réalisation, le substrat 2 peut être réalisé en verre ou en matière plastique. l' électrode réfléchissante du coté arrière 6 est un contact conducteur en métal tel que l'aluminium, l'argent. L'épaisseur de l'électrode 6 doit être suffisante pour réfléchir vers la cellule 2 presque toute la lumière, qui n'est pas absorbés par la propagation vers l'avant. La couche Buffer 7 et l'électrode supérieure 11 sont des films de TCO tels que l'oxyde de zinc (ZnO), ZnO dopé Al (ZnO: Al), l'oxyde d'indium et d'étain (ITO). Les trous d'air perforés peuvent être remplis par un matériau diélectrique.

L'absorption de la lumière par la couche active photoélectrique dans une cellule solaire caractérise les performances de la cellule. La puissance absorbée par unité de volume $A(x, y, z, \lambda)$ à la longueur d'onde λ de la couche active photoélectrique peut être trouvée par la relation

25

$$A(x, y, z, \lambda) = -\pi \frac{c_0}{\lambda} |\vec{E}(x, y, z, \lambda)|^2 \text{Im}[\varepsilon(x, y, z, \lambda)]$$

où c_0 est la vitesse de la lumière dans le vide, $\varepsilon(x, y, z, \lambda)$ est une distribution spatio-spectrale de la permittivité relative du volume de la couche active photoélectrique, $\vec{E}(x, y, z, \lambda)$ est la distribution du vecteur électrique spatio-spectrale. Le spectre d'absorption normalisé dans le volume V peut être estimée par

$$5 \quad A(\lambda) = \frac{1}{V} \int_V A(x, y, z, \lambda) dV$$

Le spectre d'absorption $A(\lambda)$ est utilisé pour l'estimation de la densité de courant de court-circuit J_{sc} atteignable, selon l'hypothèse que tous les photons absorbés génèrent des paires électron-trou comme suit

$$10 \quad J_{sc} = \frac{\frac{e}{hc_0} \int_{\lambda} \lambda I_{solar}(\lambda) A(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda} I_{solar}(\lambda) d\lambda}$$

où h est la constante de Planck, e est la charge élémentaire, $I_{solar}(\lambda)$ est le spectre solaire.

Pour estimer la rétro-réflexion et la densité de courant de court-circuit, la structure de la cellule solaire à couches minces a été étudiée numériquement par la méthode des différences finies de Time-Domain (FDTD). La structure examinée se compose d'un substrat 2 semi-infini en verre BK7, une électrode réfléchissante coté arrière d'argent (Ag) 6 d'une épaisseur de 120 nm, une couche buffer en ZnO:Al 3% de 100 nm d'épaisseur, une couche 8 n-a-Si: H de 20 nm d'épaisseur, une couche active photoélectrique 9 i-a-Si: H de 100 nm d'épaisseur, une couche p-a-Si: H 10 de 10 nm d'épaisseur, et un film ITO 11 de 80 nm d'épaisseur. L'incidence normale de la lumière avec le spectre solaire a été prise en compte. Seul la couche i-a-Si: H 9 est supposée photovoltaïquement active, et les paires électrons / trous engendrées dans les couches dopées 8 et 10 ne participent pas au courant de court-circuit de la cellule solaire. Par conséquent, les calculs des spectres d'absorption ont été limités à la couche i-a-Si: H 9. Les simulations ont été réalisées pour différents facteurs de remplissage de surface f des trous d'air dans la cellule et de distance p entre les trous en réseau hexagonal. Le facteur de remplissage de la surface f peut être estimée comme

$f = \pi d^2 / (4p^2 \cos 30^\circ)$ où d est le diamètre des trous. Les résultats ont été moyennés pour la lumière non polarisée dans la région du spectre solaire 0,3-0,8 microns sous incidence normale.

La figure 3A représente la comparaison des spectres d'absorption $A(\lambda)$ simulée de la couche active photoélectrique 9 des cellules solaire à couches minces classique 2 avec et sans trous d'air perforés 12. L'absorption d'une cellule solaire classique est faible dans la région rouge du fait de la faible partie imaginaire de la permittivité. Dans le cas des perforées, la distance entre les trous est $p = 350$ nm, le diamètre des trous est de 280 nm, et le facteur de remplissage de la surface $f = 0,58$. L'augmentation de l'absorption de l'ordre de 25% est observée dans les régions bleue et rouge pour la cellule perforée. L'analyse de l'absorption montre l'amélioration de l'absorption dans le cas perforée d'environ 10% dans la région de l'ultraviolet, qui peut être expliqué par le couplage de la lumière à des modes de canalisation verticaux. L'amélioration de l'absorption dans les régions rouges et infrarouges est lié à l'excitation d'ordres de diffraction dans la couche 'Al-Si: H 9 qui sont piégés dans la cellule 2. La cellule solaire classique présente une densité de courant de court-circuit de J_{sc} de 8,27 mA / cm². La perforation par les trous d'air augmente J_{sc} jusqu'à 10,7 mA / cm², ce qui est supérieur de 29,4% par rapport à une non perforée. La figure 3B représente les spectres de réflexion des structures de cellules solaires en considération. La perforation diminue la réflectivité dans les régions bleu-vert et rouge d'environ 50%.

La Figure 4 montre la densité du courant de court-circuit J_{sc} en fonction du facteur de remplissage de surface de f pour des distances de trous entre les p de 200 nm à 400 nm. La densité de courant de court-circuit J_{sc} augmente avec l'augmentation de p jusqu'à 350 nm. La valeur maximale J_{sc} de 10,7 mA / cm² est obtenue pour $f = 0,58$ et $p = 350$ nm. Quand p continue à augmenter, l'excitation des ordres de diffraction en propagation réduit la densité de courant de court-circuit. Pour toutes les valeurs de p , les valeurs de f qui conduisent à l'amélioration de la densité de courant de court-circuit, sont comprises entre 0 et 0,8. Les valeurs de l'ordre de 0,5 f donnent des valeurs maximales de la densité de courant de court-circuit.

Il existe des limitations sur le diamètre, le facteur de remplissage de la surface et la distance des trous d'air qui vont être réalisées sur la cellule solaire 2. Le facteur de remplissage de surface préférable des trous d'air se trouve dans la plage de 0,1 à 0,8, encore mieux de 0,2 à 0,7. La distance optimale entre les trous d'air se trouve dans la plage allant de 100 à 600 nm, de préférence de 250 à 400 nm. Le diamètre des trous d'air se trouve dans la plage allant de 50 nm à 500 nm.

La présente invention, comme décrit ci-dessus, fait usage de la trempe de la réflectivité de la région de large bande et l'excitation de modes de guidage optiques verticaux dans la région bleue et modes de piégeage optique dans la région rouge. La présente invention fournit un effet remarquable sur l'amélioration de l'absorption dans la région de large bande et la densité de courant de court-circuit de la cellule solaire.

Les réseaux de trous peuvent être formés dans le film mince de la cellule solaire 2 sur un modèles triangulaires, rectangulaires ou peuvent être formés de manière aléatoire. Les trous peuvent être réalisés sur les cellules solaires à film mince cellule au moyen d'un motif dans une couche de résist sensible par des procédés de lithographie holographique ou par faisceau d'électrons avec des ions réactifs ou par conséquent des procédés de gravure humide. Les trous d'air peuvent être remplis par un matériau diélectrique transparent.

Bien que la présente invention ait été particulièrement représentée et décrite en référence aux modes de réalisation exemplaires de celle-ci, il sera compris par l'homme de l'art que divers changements de forme et de détails peuvent y être apportés sans se départir de l'esprit et de la portée de la présente invention tel que défini par les revendications suivantes.

Revendications :

1. Une cellule solaire à couche mince comprenant:

- a) Un substrat,
- b) Un dispositif optoélectronique photoactif déposé sur le substrat,
- c) Des dizaines de nanostructures bidimensionnelles qui pénètrent le dispositif optoélectronique photoactif de la surface exposée à l'air, à la surface parallèle à l'interface entre le substrat et le dispositif optoélectronique photoactif.

2. La cellule solaire à couche mince selon la revendication 1, dans laquelle les dizaines de nanostructures bidimensionnelles sont des trous d'air ou des barres diélectriques formées dans le dispositif optoélectronique photoactif disposées périodiquement dans des réseaux triangulaires ou rectangulaires et la direction de pénétration est perpendiculaire à la surface du substrat.

3. La cellule solaire à couche mince selon la revendication 1, dans laquelle le dispositif optoélectronique photoactif comprend :

- a) Une électrode conductrice réfléchissante déposée sur le substrat,
- b) Une couche photo-électrique disposée sur l'électrode conductrice réfléchissante,
- c) une électrode conductrice transparente déposée sur la couche photoélectrique.

4. La cellule solaire à couche mince selon la revendication 3, dans laquelle la couche photoélectriques Comprend :

- a) Une couche conductrice de trous, disposé sur l'électrode conductrice réfléchissante,
- b) Une couche active photoélectrique, qui génère des électrons et trous à l'aide de photons transmis à la couche active, déposée sur la couche conductrice de trous.
- c) Une couche conductrice d'électrons disposée sur la couche active photoélectrique.

5. La cellule solaire à couche mince selon la revendication 4, dans laquelle la couche conductrice des trous comprend

- a) Une couche Tampon déposée sur l'électrode conductrice réfléchissante.
- b) Une couche constituée d'un matériau conducteur de trous déposée sur la couche Tampon.

6. La cellule solaire à couche mince selon la revendication 1, dans laquelle le dispositif optoélectronique photoactif comprend

- d) Une électrode conductrice transparente déposée sur le substrat,
- e) Une couche photo-électrique déposé sur l'électrode conductrice réfléchissante,
- f) Une électrode conductrice réfléchissante déposée sur la couche photoélectrique.

7. La cellule solaire à couche mince selon la revendication 9, dans lequel la couche photoélectriques comprend

- d) Une couche conductrice d'électrons déposée sur l'électrode conductrice réfléchissante,
- e) Une couche active photoélectrique, qui génère des électrons et des trous utilisant des photons transmis à la couche active, déposée sur la couche conductrice d'électrons.
- f) Une couche conductrice de trous déposée sur la couche active photoélectrique.

8. La cellule solaire à couche mince selon la revendication 2, dans laquelle la distance entre les nanostructures bidimensionnelles est dans la gamme de 100 à 600 nm, de préférence de 250 à 400 nm.

9. La cellule solaire à couche mince selon la revendication 2, dans laquelle les dimensions latérales de la nanostructure bidimensionnelle sont dans la gamme de 50 nm à 500 nm.

10. La cellule solaire à couche mince selon la revendication 2, dans laquelle le facteur de remplissage de surface des dizaines de nanostructures bidimensionnelles est dans la gamme de 0,1 à 0,8, de préférence de 0,2 à 0,7.

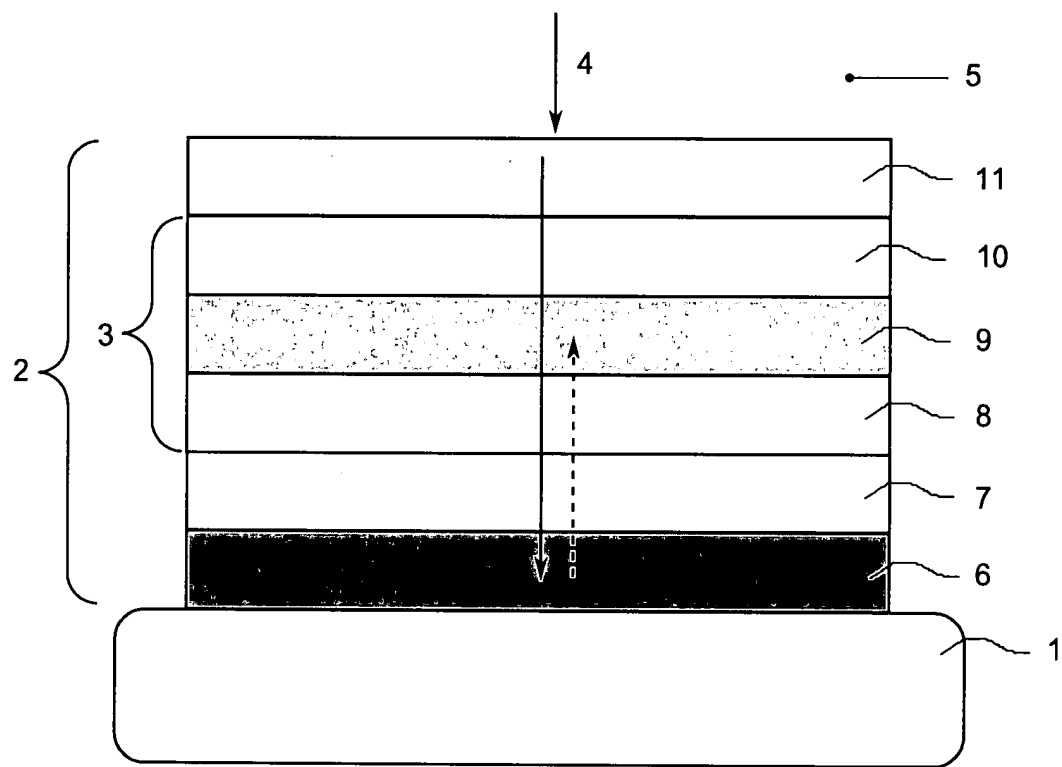


FIG. 1

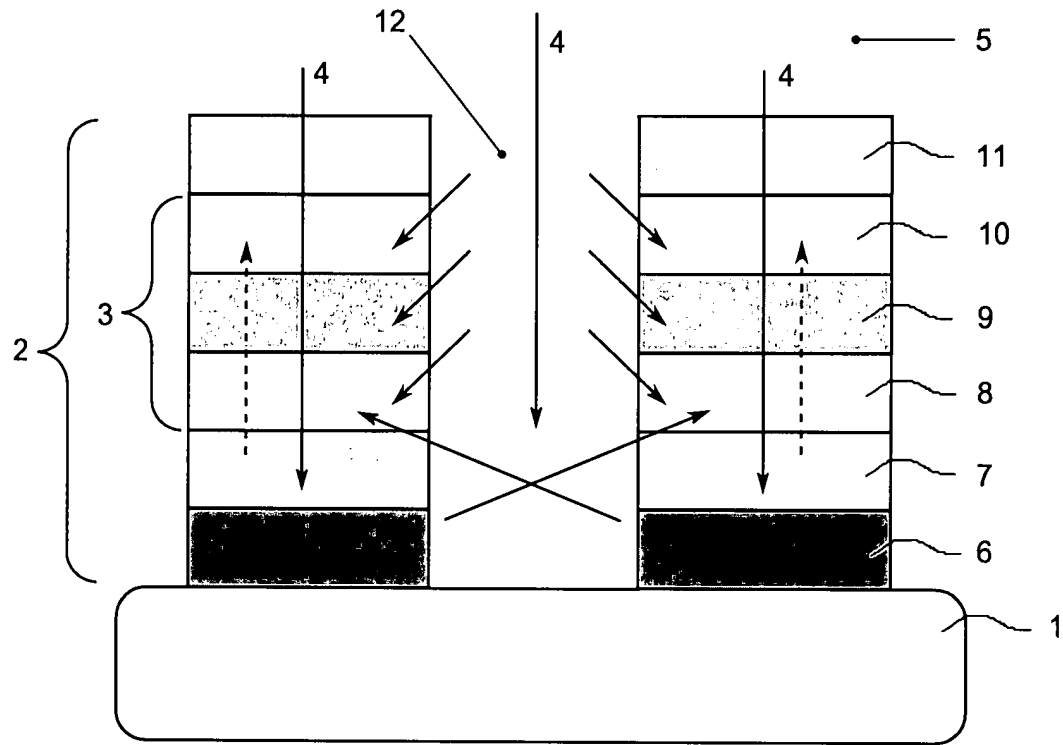


FIG. 2

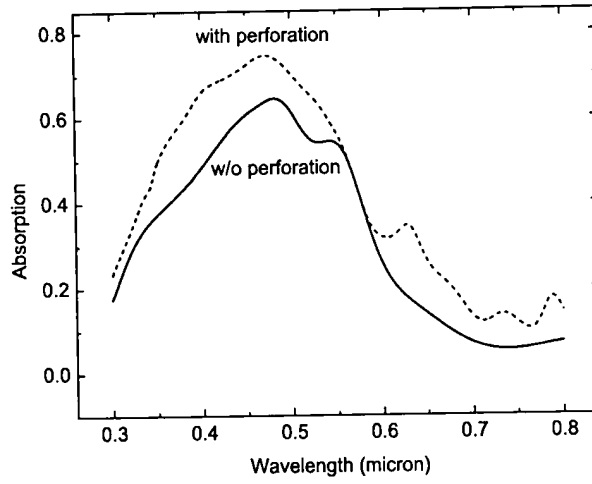


Fig. 3A

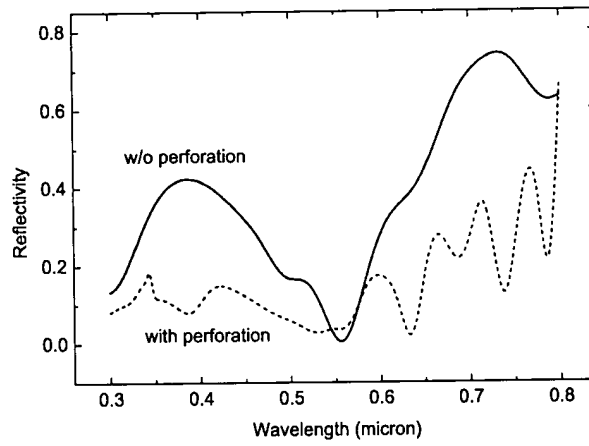


Fig. 3B

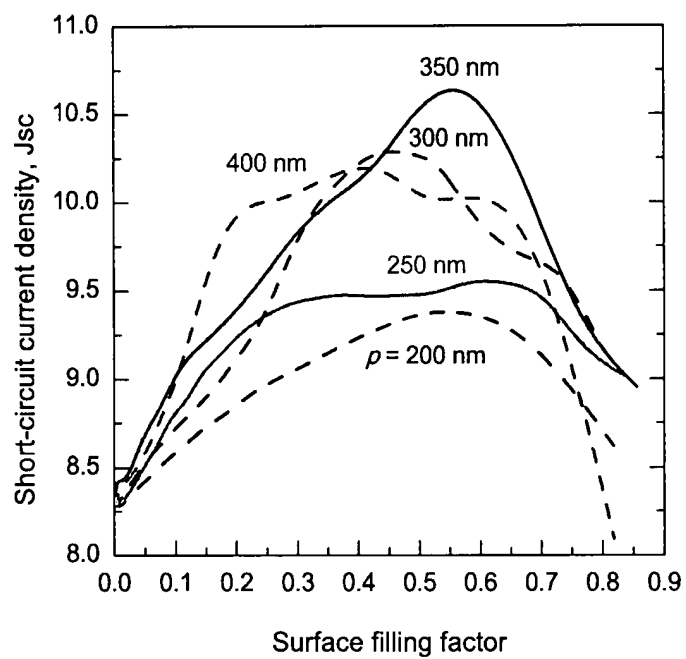


Fig. 4



**RAPPORT DE RECHERCHE
AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE**
(Conformément aux articles 43 et 43.2 de la loi 17-97 relative à la
protection de la propriété industrielle telle que modifiée et
complétée par la loi 23-13)

Renseignements relatifs à la demande	
N° de la demande : 39098	Date de dépôt : 07/06/2016
Déposant : MASCIR (MOROCCAN FOUNDATION FOR ADVANCED SCIENCE INNOVATION & RESEARCH)	
Intitulé de l'invention : Cellule solaire à couche mince comprenant un réseau de nano-trous	
Le présent document est le rapport de recherche avec opinion sur la brevetabilité établi par l'OMPIC conformément aux articles 43 et 43.2, et notifié au déposant conformément à l'article 43.1 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.	
Les documents brevets cités dans le rapport de recherche sont téléchargeables à partir du site http://worldwide.espacenet.com , et les documents non brevets sont joints au présent document, s'il y en a lieu.	
Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :	
Partie 1 : Considérations générales	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 1 : Base du présent rapport	
<input type="checkbox"/> Cadre 2 : Priorité	
<input type="checkbox"/> Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés	
Partie 2 : Rapport de recherche	
Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 4 : Remarques de clarté	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle	
<input type="checkbox"/> Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications dont aucune recherche significative n'a pu être effectuée	
<input type="checkbox"/> Cadre 7 : Défaut d'unité d'invention	
Examineur: M. EL KINANI	Date d'établissement du rapport : 09/02/2017
Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00	



Partie 1 : Considérations générales		
<i>Cadre 1 : base du présent rapport</i>		
Les pièces suivantes de la demande servent de base à l'établissement du présent rapport :		
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Description</u> 8 Pages • <u>Revendications</u> 10 • <u>Planches de dessin</u> 4 Pages 		
Partie 2 : Rapport de recherche		
Classement de l'objet de la demande :		
CIB : H01L31/00 CPC : H01L31/02363, H01L31/035209, Y02E10/50		
Bases de données électroniques consultées au cours de la recherche :		
EPOQUE, Orbit		
Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	N° des revendications visées
X	US20130014814 ; MASSACHUSETTS INST TECHNOLOGY [US]; 17/01/2013	1-10
A	US2010224236 ; ALLIANCE SUSTAINABLE ENERGY [US] ; 09/09/2010	1-10
*Catégories spéciales de documents cités :		
<p>-« X » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément</p> <p>-« Y » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier</p> <p>-« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>-« P » documents intercalaires ; Les documents dont la date de publication est située entre la date de dépôt de la demande examinée et la date de priorité revendiquée ou la priorité la plus ancienne s'il y en a plusieurs</p> <p>-« E » Éventuelles demandes de brevet interférentes. Tout document de brevet ayant une date de dépôt ou de priorité antérieure à la date de dépôt de la demande faisant l'objet de la recherche (et non à la date de priorité), mais publié postérieurement à cette date et dont le contenu constituerait un état de la technique pertinent pour la nouveauté</p>		

Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité*Cadre 4 : Remarques de clarté*

L'objet décrit aux pages 2-4 (configuration p-i-n et n-i-p) et représenté dans la figure 1 n'est pas couvert par les revendications 3-7, ces derniers décrivent des structures de la cellule solaire qui sont différentes de celles décrites dans la description (par exemple, dans la page 2, ligne 5 de la description, il est décrit que dans la configuration n-i-p, la première électrode métallique est déposée sur le substrat, puis la couche buffer de TCO puis la couche n, la couche i-a-Si:H et finalement la dernière couche TCO, contrairement à ce qui est revendiqué dans la revendication 4). Cette discordance entre les revendications et la description crée un doute quant à l'objet de la protection demandée, au point que les revendications manquent de clarté au sens de l'article 35 de la loi 17-97 modifiée et complétée par la loi 23-13.

De plus, la revendication 6 manque de clarté quant à sa partie « e » où une couche réfléchissante a été mentionnée à la place d'une couche transparente.

La revendication dépendante 7 dépend de la revendication 9, ce qui est contraire aux exigences de la loi 17-97 modifiée et complétée par la loi 23-13, il est considéré qu'une erreur matérielle a été induite et que ladite revendication dépendante 7 se rapporte à l'objet de la revendication 6.

Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle

Nouveauté (N)	Revendications 5-7 Revendications 1-4, 8-10	Oui Non
Activité inventive (AI)	Revendications aucune Revendications 1-10	Oui Non
Possibilité d'application Industrielle (PAI)	Revendications 1-10 Revendications aucune	Oui Non

Il est fait référence aux documents suivants. Les numéros d'ordre qui leur sont attribués ci-après seront utilisés dans toute la suite de la procédure

D1 : US20130014814

D2 : US2010224236

1. Nouveauté (N) :

Le document D1 (description paragr. [0009]-[0013], figures) décrit une cellule solaire à couche mince

comprenant un substrat, un dispositif optoélectronique photoactif déposé sur le substrat et des nanostructures bidimensionnelles qui pénètrent le dispositif optoélectronique photoactif de la surface exposée à l'air à la surface parallèle (fig. 6) à l'interface entre le substrat et le dispositif optoélectronique photoactif.

D'où l'objet de la revendication indépendante 1 n'est pas nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17-97 modifiée et complétée par la loi 23-13.

Par ailleurs, la cellule solaire du document D1 comprend des nanostructures bidimensionnelles qui se composent de nanotrous ou encore de nanobarres (abrégé, description des figures : paragr. [0016]-[0022]) formés dans le dispositif optoélectronique photoactif et disposés périodiquement dans des réseaux triangulaires ou rectangulaires (carrés) (paragr. [0014]) et la direction de pénétration est perpendiculaire à la surface du substrat.

En outre, le dispositif optoélectronique photoactif comprend une électrode conductrice réfléchissante déposée au-dessous d'une couche photoélectrique (paragr. [0057]) et une électrode conductrice transparente (paragr. [0015]) déposée sur ladite couche photoélectrique qui comprend une couche conductrice de trous déposée sur l'électrode conductrice réfléchissante, une couche active photoélectrique sur la couche conductrice de trous et une couche conductrice d'électrons disposée sur la couche active photoélectrique.

De plus, la cellule solaire de D1 est caractérisée par une distance entre les nanostructures qui est comprise dans la gamme 100-1000 nm (revendication 2) ou encore 300-700 nm (revendication 11), par des dimensions latérales des nanostructures supérieures à 100 nm (revendication 4), en particulier égales à 364 nm (paragr. [0051]) avec un facteur de remplissage de 0.4-0.6 (paragr. [0040]).

D'où l'objet des revendications 2-4, 8-10 n'est pas nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17-97 modifiée et complétée par la loi 23-13.

L'objet des revendications 5-7 n'est pas suggéré par le document D1 et est donc considéré comme nouveau.

2. Activité inventive (AI) :

Le document D1 considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 5

divulgue une cellule solaire à couche mince ayant une couche photoélectrique qui comprend une couche conductrice de trous déposée sur l'électrode conductrice réfléchissante, une couche active photoélectrique sur la couche conductrice de trous et une couche conductrice d'électrons disposée sur la couche active photoélectrique.

Par conséquent, l'objet de la présente invention diffère de cette cellule connue en ce la couche conductrice de trous comprend une couche tampon déposée sur l'électrode conductrice réfléchissante.

Le problème objectif que la présente invention se propose de résoudre peut donc être considéré comme fournir une structure améliorée d'une cellule solaire à couche mince.

En tout état de cause, cette caractéristique ne représente qu'une légère modification de construction de la cellule solaire de D1. Cette modification est une pratique courante de l'homme du métier (voir document D2 à titre d'exemple), notamment parce que les avantages qui en résultent sont aisément prévisibles (amorcer la recombinaison des porteurs de charges ou encore l'amélioration de la tension de circuit ouvert par exemple). Il serait donc évident pour l'homme du métier d'appliquer cette caractéristique, avec un effet correspondant, dans une cellule solaire à couche mince suivant D1 afin d'obtenir une cellule solaire conformément à la revendication 5.

Par conséquent, l'objet de la revendication 5 n'implique pas d'activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 modifiée et complétée par la loi 23-13.

Nonobstant le manque de clarté mentionné susmentionné, les revendications dépendantes 6, 7 ne contiennent pas de caractéristiques supplémentaires qui satisfassent aux exigences de la loi 17-97 modifiée et complétée par la loi 23-13 en matière d'activité inventive en étant combinées aux caractéristiques de l'une quelconque des revendications auxquelles lesdites revendications dépendantes sont liées.

3. Possibilité d'application industrielle (PAI) :

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.