

ROYAUME DU MAROC

OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIÉTÉ (19)
INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE



المملكة المغربية

المكتب المغربي
للملكية الصناعية والتجارية

(12) FASCICULE DE BREVET

(11) N° de publication : **MA 33504 B1** (51) Cl. internationale : **H01L 31/18; H01L 31/06**
(43) Date de publication : **01.08.2012**

(21) N° Dépôt : **34599**
(22) Date de Dépôt : **03.02.2012**
(30) Données de Priorité : **10.07.2009 US 61/224,658 ; 13.07.2009 US 61/225,013**
(86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/US2010/041500 09.07.2010**
(71) Demandeur(s) : **FIRST SOLAR, INC., 28101 CEDAR PARK Boulevard PERRYSBURG OH 43551 (US)**
(72) Inventeur(s) : **POWELL, Rick, C. ; ; GLOECKLER, Markus ; ; BULLER, Benjamin ; ; SHAO, Rui ;**
(74) Mandataire : **CABINET PATENTMARK**

(54) Titre : **DISPOSITIFS PHOTOVOLTAIQUES INCLUANT DU ZINC**
(57) Abrégé : LA PRÉSENTE INVENTION A TRAIT À UN PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UNE CELLULE PHOTOVOLTAÏQUE QUI PEUT CONSISTER À INCLURE UNE ÉTAPE CONSISTANT À DÉPOSER UNE COUCHE DE SULFURE DE CADMIUM SUR UN EMPILEMENT D'OXYDE CONDUCTEUR TRANSPARENT ; DÉPOSER UNE COUCHE CONTENANT DU ZINC SUR LA COUCHE DE SULFURE DE CADMIUM ; ET DÉPOSER UNE COUCHE DE TELLURURE DE CADMIUM SUR LA COUCHE CONTENANT DU ZINC.

ABREGE

La présente invention a trait à un procédé de fabrication d'une cellule photovoltaïque qui peut consister à inclure une étape consistant à déposer une couche de sulfure de cadmium sur un empilement d'oxyde conducteur transparent ; déposer une couche contenant du zinc sur la couche de sulfure de cadmium ; et déposer une couche de tellure de cadmium sur la couche contenant du zinc.

(DOUZE PAGES)

FIRST SOLAR, INC.
P. P. SABA & CO., Casablanca

01 AOUT 2012
33504

DISPOSITIFS PHOTOVOLTAÏQUES INCLUANT DU ZINC

REVENDEICATION DE PRIORITE

Cette demande revendique la priorité en vertu du 35 U.S.C. § 119(e) à la demande américaine provisoire de brevet No. de série 61/224,658 déposée le 10 juillet 2009, et à la
5 demande américaine provisoire de brevet No. de série 61/225,013 déposée le 13 juillet 2009, qui sont incorporées dans la présente en référence.

DOMAINE TECHNIQUE

Cette invention concerne des dispositifs photovoltaïques et des couches semi-conductrices avec du zinc.

10

CONTEXTE

Durant la fabrication de dispositifs photovoltaïques, des couches de matériau semi-conducteur peuvent être appliquées sur un substrat où une couche sert de couche fenêtre et une seconde couche sert de couche absorbante. La couche fenêtre permet la pénétration du rayonnement solaire dans la couche absorbante, où la puissance optique est convertie en
15 énergie électrique. Certains dispositifs photovoltaïques peuvent employer de minces films transparents qui sont également conducteurs de charge électrique.

Les minces films conducteurs peuvent comporter des couches conductrices transparentes contenant un oxyde conducteur transparent tel l'oxyde de stannate de cadmium. La couche conductrice transparente permet à la lumière de passer à travers une
20 couche fenêtre semi-conductrice vers le matériau actif absorbant la lumière et de servir aussi de contact ohmique pour le transport de porteurs de charge photogénérés loin du matériau absorbant la lumière. Une électrode arrière peut être formée à l'envers de la couche semi-conductrice.

DESCRIPTION DES FIGURES

25 La figure 1 est un diagramme d'un dispositif photovoltaïque comprenant plusieurs couches.

La figure 2 est un diagramme d'un dispositif photovoltaïque comprenant plusieurs couches.

DESCRIPTION DETAILLEE

30 Une cellule photovoltaïque est constituée d'une couche d'oxyde conducteur transparent adjacente à un substrat et de couches de matériau semi-conducteur. Les couches de matériau semi-conducteur peuvent inclure une bicouche, comportant une couche fenêtre semi-conductrice de type n et une couche absorbante semi-conductrice de type p. La couche fenêtre de type n et la couche absorbante de type p peuvent être
35 positionnées en contact l'une de l'autre pour créer un champ électrique. Les photons peuvent libérer des paires électron-trou en entrant en contact avec la couche fenêtre de type n, envoyant des électrons au côté n et des trous au côté p. Les électrons retournent ensuite au côté p en empruntant une trajectoire du courant externe. Le flux d'électrons résultant produit un courant qui, en combinaison avec la tension résultante du champ électrique,
40 produit de l'énergie. Le résultat est la conversion de l'énergie photonique en énergie électrique.

Une cellule photovoltaïque peut ainsi comporter une couche fenêtre en sulfure de cadmium et une couche absorbante en tellure de cadmium. Une couche de sulfure de cadmium et de zinc peut être incorporée afin d'élargir l'énergie de la bande interdite et permettre le réglage du décalage de bande entre le sulfure de cadmium et de zinc et le tellure de cadmium. La couche de sulfure de cadmium et de zinc peut être produite par diverses techniques, y compris la déposition d'une couche contenant du zinc. Par exemple, une couche de tellure de cadmium et de zinc peut être déposée au-dessus d'une couche de sulfure de cadmium, permettant ainsi la diffusion du zinc dans le sulfure de cadmium, soit dans une étape de recuit post-dépôt ou en déposant les couches à une température élevée, comme dans un dépôt par transport de vapeur. De même, une couche de sulfure de zinc peut être déposée au-dessus d'une couche de sulfure de cadmium, permettant la diffusion du zinc. Alternativement, une poudre de cadmium, de zinc et de soufre peut être mélangée et ensuite déposée. Les dispositifs fabriqués compatibles avec cette structure affichent une tension de circuit ouvert croissante et un courant de court-circuit. Toutefois, il serait souhaitable de contrôler la réaction d'échange entre la couche de sulfure de cadmium et la couche de tellure de cadmium et de zinc en variant la teneur en zinc uniquement.

Le contrôle de la réaction du sulfure de cadmium dans le sulfure de cadmium et de zinc est obtenu en variant la distribution initiale du zinc de la structure. Par exemple, la réaction peut être stimulée en déposant une couche de tellure de zinc pur, puis soutenue moyennant la déposition d'une couche avec une couche de tellure de cadmium et de zinc ayant un pourcentage inférieur de zinc. La conversion du sulfure de cadmium en sulfure de cadmium et de zinc peut avoir lieu durant la déposition et ne pas nécessiter de recuit. La combinaison des deux couches permet une meilleure contrôlabilité de la conversion générale. Des structures adéquates contiennent du CdS/ZnTe/CdZnTe/CdTe, CdS/CdZnTe/CdTe, CdS/ZnTe/CdTe, CdS/ZnS/CdTe, et des dérivés ou des variations de ces derniers.

Les épaisseurs de la couche de tellure de zinc sont telles que la quantité de zinc suffit pour convertir la couche de sulfure de cadmium autant que souhaité s'il n'y a pas d'autre couche contenant du zinc, ou si elle est moins que nécessaire, par exemple 20% à environ 40% de zinc dans le sulfure de cadmium et de zinc, et grandit en raison de la déposition d'un film de tellure de cadmium et de zinc ayant une teneur en zinc de 5% à environ 10%. Le degré de cristallinité peut varier, par exemple le sulfure de cadmium et de zinc est presque amorphe ou très cristallin.

Dans un aspect, un procédé de fabrication d'une cellule photovoltaïque consiste à déposer une couche de sulfure de cadmium sur un empilement d'oxyde conducteur transparent ; déposer une couche contenant du zinc au-dessus de la couche de sulfure de cadmium ; et déposer une couche de tellure de cadmium au-dessus de la couche contenant du zinc.

Le procédé peut consister à former un sulfure de cadmium et de zinc, où la formation consiste à soumettre une ou plusieurs couches au recuit. Une ou plusieurs des étapes de déposition ont lieu dans une plage de température d'environ 400°C à environ 800°C, d'environ 500°C à environ 700°C, ou d'environ 550°C à environ 650°C. Une ou plusieurs des étapes de déposition peuvent avoir lieu à environ 550°C ou environ 600°C. Une ou plusieurs des étapes de déposition consistent à transporter une vapeur. Le procédé peut consister à soumettre la couche de sulfure de cadmium et la couche contenant du zinc

au recuit. Le procédé peut consister à soumettre la couche de tellure de cadmium au recuit. Le recuit peut consister à chauffer la couche de sulfure de cadmium et la couche contenant du zinc à une température comprise dans la plage d'environ 400°C à environ 800°C, d'environ 500°C à environ 700°C ou d'environ 550°C à environ 650°C. Le recuit
5 peut consister à chauffer la couche de sulfure de cadmium et la couche contenant du zinc à environ 550°C ou à environ 650°C. La couche contenant du zinc peut comporter le tellure de zinc ou le tellure de cadmium et de zinc. Le tellure de cadmium et de zinc peut avoir une teneur en zinc d'environ 2% à environ 10%. Le tellure de cadmium et de zinc peut avoir une teneur en zinc dans une plage d'environ 4% à environ 8%. Le tellure
10 de cadmium et de zinc peut avoir une teneur en zinc dans une plage d'environ 5% à environ 6%. Une ou plusieurs des étapes de déposition peuvent contrôler la réaction d'échange entre la couche de sulfure de cadmium et le tellure de cadmium et de zinc. La couche contenant du zinc peut comporter aussi du sulfure de zinc. La couche contenant du zinc peut comporter une couche de tellure de cadmium et de zinc au-dessus d'une couche
15 de tellure de zinc. La couche de tellure de cadmium et de zinc peut comprendre une concentration en zinc qui est inférieure à celle de la couche de tellure de zinc. La couche de tellure de cadmium et de zinc peut avoir une teneur en zinc d'environ 2% à environ 10%. La couche de tellure de cadmium et de zinc peut avoir une teneur en zinc dans une plage d'environ 4% à environ 8%. La couche de tellure de cadmium et de zinc peut avoir
20 une teneur en zinc dans une plage d'environ 5% à environ 6%. Une ou plusieurs des étapes de déposition peuvent contrôler la réaction d'échange entre la couche de sulfure de cadmium et la couche de tellure de cadmium et de zinc. L'empilement d'oxyde conducteur transparent peut comporter une couche tampon sur une couche d'oxyde conducteur transparent, où la couche d'oxyde conducteur transparent est positionnée sur
25 une ou plusieurs des couches barrières.

Le procédé consiste à déposer l'empilement d'oxyde conducteur transparent sur un premier substrat. Le premier substrat peut être fait en verre, comme le verre sodocalcique. Chacune des couches barrières peut comporter le nitrure de silicium, le nitrure de silicium dopé à l'aluminium, l'oxyde de silicium, l'oxyde de silicium dopé à l'aluminium, le nitrure
30 de silicium dopé au bore, le nitrure de silicium dopé au phosphore, le nitrure-oxyde de silicium, ou l'oxyde d'étain. La couche d'oxyde conducteur transparent peut comporter une couche de cadmium et d'étain, d'oxyde d'étain ou d'oxyde de zinc. La couche tampon peut comporter l'oxyde d'étain et de zinc, l'oxyde d'étain, l'oxyde de zinc ou l'oxyde de magnésium et de zinc. Le procédé peut consister à soumettre l'empilement d'oxyde
35 conducteur transparent au recuit. Le procédé peut consister à déposer un contact arrière sur la couche de tellure de cadmium. Le procédé peut consister à déposer un support arrière sur le contact arrière.

Dans un aspect, une cellule photovoltaïque peut comporter une couche de sulfure de cadmium et de zinc et une couche de tellure de cadmium au-dessus de la couche de
40 sulfure de cadmium et de zinc, où la couche de sulfure de cadmium et de zinc a une efficacité améliorée.

La cristallinité de la couche de sulfure de cadmium et de zinc est très élevée ou presque amorphe. La couche de sulfure de cadmium et de zinc peut contenir environ 20% à environ 40% de zinc. La cellule photovoltaïque peut comporter une couche de tellure de
45 cadmium et de zinc entre la couche de sulfure de cadmium et de zinc et la couche de tellure de cadmium. La couche de tellure de cadmium et de zinc peut avoir une teneur en zinc d'environ 2% à environ 10%. La couche de tellure de cadmium et de zinc peut

avoir une teneur en zinc dans la plage d'environ 4% à environ 8%. La couche de tellure de cadmium et de zinc peut avoir une teneur en zinc dans la plage d'environ 5% à environ 6%. La cellule photovoltaïque peut comporter un empilement d'oxyde conducteur transparent, où la couche de sulfure de cadmium et de zinc est placée au-dessus de
5 l'empilement d'oxyde conducteur transparent. La cellule photovoltaïque peut comporter un premier substrat, où l'empilement d'oxyde conducteur transparent est placé sur le premier substrat. Le premier substrat peut être fait en verre, comme le verre sodo-calcique.

L'empilement d'oxyde conducteur transparent peut comporter une couche tampon au-dessus d'une couche d'oxyde conducteur transparent, où la couche d'oxyde conducteur
10 transparent est placée sur une ou plusieurs couches barrières. La couche d'oxyde conducteur transparent peut comporter le stannate de cadmium, l'oxyde d'étain ou l'oxyde de zinc. La couche tampon peut comporter l'oxyde d'étain et de zinc, l'oxyde d'étain, l'oxyde de zinc ou l'oxyde de magnésium et de zinc. Chacune des couches barrières peut
15 comporter le nitrure de silicium, le nitrure de silicium dopé à l'aluminium, l'oxyde de silicium, l'oxyde de silicium dopé à l'aluminium, le nitrure de silicium dopé au bore, le nitrure de silicium dopé au phosphore, le nitrure-oxyde de silicium, ou l'oxyde d'étain. La cellule photovoltaïque peut comporter un contact arrière sur la couche de tellure de cadmium, et un support arrière sur le contact arrière.

Dans un aspect, une cellule photovoltaïque peut comporter aussi une couche de
20 sulfure de cadmium, une couche contenant du zinc au-dessus de la couche de sulfure de cadmium, et une couche de tellure de cadmium au-dessus de la couche contenant du zinc.

La couche contenant du zinc peut comporter le tellure de zinc, le sulfure de zinc, le tellure de cadmium et de zinc, ou une couche de tellure de cadmium et de zinc au-
25 dessus d'une couche de tellure de zinc. La cellule photovoltaïque peut comporter un empilement d'oxyde conducteur transparent sur un substrat, où l'empilement d'oxyde conducteur transparent comprend une couche d'oxyde conducteur transparent sur une ou plusieurs couches barrières, et une couche tampon sur la couche d'oxyde conducteur transparent, où la couche de sulfure de cadmium est placée sur l'empilement d'oxyde
30 conducteur transparent.

En nous reportant à la figure 1, une cellule photovoltaïque 100 peut comporter une couche de sulfure de cadmium 110. La couche de sulfure de cadmium 110 peut être déposée sur un substrat 120. Le substrat 120 peut être fait en verre, comme le verre sodo-calcique. Une couche contenant du zinc peut être déposée sur la couche de sulfure de
35 cadmium 110. Par exemple, une couche de tellure de zinc 130 peut être déposée sur la couche de sulfure de cadmium 110. D'autres couches contenant du zinc peuvent également être déposées sur la couche de sulfure de cadmium 110, y compris le tellure de cadmium et de zinc et le sulfure de zinc. Une couche de tellure de cadmium et de zinc 140 peut être déposée au-dessus de la couche de tellure de zinc 130. Les couches peuvent être
40 déposées à une température élevée, par exemple au-dessus d'environ 380°C pour faciliter la diffusion du zinc et former ainsi le sulfure de cadmium et de zinc. Par exemple, les couches du dispositif peuvent être déposées à environ 400°C ou à environ 420°C. Les couches peuvent se déposer dans toute plage de température adéquate, y compris par exemple à environ 400°C jusqu'à environ 800°C, à environ 500°C jusqu'à environ 700°C,
45 ou à environ 550°C jusqu'à environ 650°C. Par exemple, les couches peuvent se déposer à environ 550°C. Pour la couche de tellure de cadmium et de zinc 140, tout pourcentage de

- zinc est viable. Par exemple, environ 0.1% de zinc doit améliorer la performance. Une configuration de $Cd_{1-x}Zn_x$, où x est compris dans la plage d'environ 0.10 à environ 0.12, s'est avéré particulièrement bénéfique, bien que toute valeur dans la plage d'environ 0 à environ 0.30 (c'est-à-dire 0 à environ 15% de zinc) soit acceptable. Il faudrait noter que le
- 5 pourcentage optimal de zinc pour la couche de tellure de cadmium et de zinc peut varier en fonction des détails de déposition (c'est-à-dire le profil de température). Une couche de tellure de cadmium **150** peut être déposée sur la couche de cadmium et de zinc **140**, ou directement sur la couche précédente contenant du zinc. La structure multicouche peut être soumise à un recuit avant ou après la déposition de la couche de tellure de cadmium **150**.
- 10 Le recuit peut avoir lieu dans toutes conditions adéquates. Par exemple, le recuit peut avoir lieu en présence d'un gaz sélectionné pour contrôler un aspect du recuit, par exemple l'azote gazeux. Le recuit peut avoir lieu sous toute pression adéquate, par exemple sous une pression réduite, dans un vide bas, ou à environ 0.01 Pa (10^{-4} Torr). Le recuit peut avoir lieu aussi à toute température ou plage de température adéquate, par exemple au-dessus
- 15 d'environ 380°C. La structure multicouche peut être soumise au recuit à environ 400°C jusqu'à environ 800°C, à environ 500°C jusqu'à environ 700°C, ou à environ 550°C jusqu'à environ 650°C. La structure peut aussi être soumise au recuit pendant toute durée adéquate, par exemple pendant environ 10 à environ 25 minutes, ou environ 15 à environ 20 minutes.
- 20 Plusieurs techniques de dépôt existent pour la déposition des couches susmentionnées, y compris par exemple un dépôt chimique en phase vapeur à basse pression, un dépôt chimique en phase vapeur à la pression atmosphérique, un dépôt chimique en phase vapeur assisté par plasma, un dépôt chimique en phase vapeur thermique, une pulvérisation en courant continu ou alternatif, un dépôt par centrifugation et
- 25 une pyrolyse par pulvérisation. Par exemple, les couches de sulfure de cadmium et de sulfure de zinc peuvent être pulvérisées. Le tellure de cadmium et de zinc, le sulfure de cadmium, le tellure de cadmium et le tellure de zinc peuvent tous se déposer moyennant un dépôt par transport de vapeur.

- La diffusion d'un ou de plusieurs agents chimiques à partir des couches des
- 30 configurations discutées ci-dessus peut occasionner la production de la cellule photovoltaïque **200** de la figure 2. Par exemple, le zinc de la couche de tellure de zinc **130** peut se diffuser dans la couche de sulfure de cadmium **110**, formant ainsi le sulfure de cadmium et de zinc. L'épaisseur du tellure de zinc déposé de la figure 1 est gérée en contrôlant la conversion du sulfure de cadmium en sulfure de cadmium et de zinc. En nous
- 35 reportant à la figure 2, une cellule photovoltaïque **200** peut comprendre une couche de sulfure de cadmium et de zinc **210**. La couche de sulfure de cadmium et de zinc **210** peut contenir toute quantité adéquate de zinc. Les essais ont démontré que tout pourcentage de zinc au-dessus de zéro serait bénéfique consolidant la transmission et l'alignement de bande. Les compositions ayant un pourcentage en zinc de 20% à environ 40% (c'est-à-dire
- 40 les compositions allant de $Cd_{0.6}Zn_{0.4}S$ à $Cd_{0.2}Zn_{0.8}S$) ont fait preuve d'une efficacité particulièrement élevée. Une couche de sulfure de cadmium et de zinc **210** est placée sur un substrat **220**. Le substrat **220** peut être en verre, comme le verre sodo-calcique. La couche de tellure de cadmium **230** est placée sur la couche de sulfure de cadmium et de zinc **110**. Dans une variation, la structure produite contient un tellure de cadmium et de
- 45 zinc entre le sulfure de cadmium et de zinc et le tellure de cadmium.

Chaque couche peut se déposer dans une station de dépôt différente d'une chaîne de fabrication dotée chacune comme requis d'une alimentation autonome en gaz de dépôt

et d'une enceinte de dépôt sous vide. Le substrat peut être transféré d'une station de dépôt à l'autre au moyen d'un convoyeur à rouleaux jusqu'à la déposition de toutes les couches souhaitées. Une couche de substrat supérieure peut être placée au-dessus de la couche supérieure pour former un sandwich et compléter la cellule photovoltaïque.

5 La déposition de couches semi-conductrices dans la fabrication des dispositifs photovoltaïques est décrite par exemple dans les brevets américains Nos. 5,248,349, 5,372,646, 5,470,397, 5,536,333, 5,945,163, 6,037,241 et 6,444,043, qui sont chacun intégralement incorporés dans la présente en référence. La déposition peut impliquer un transport de la vapeur à partir d'une source vers un substrat, ou la sublimation d'un solide
10 dans un système fermé. Un appareil de fabrication de cellules photovoltaïques peut comporter un convoyeur, par exemple un convoyeur à rouleaux. D'autres types de convoyeur sont possibles. Le convoyeur transporte le substrat vers une série d'une ou de plusieurs stations de dépôt afin de déposer des couches de matériau sur la surface exposée du substrat. Les convoyeurs sont décrits dans la demande américaine provisoire
15 11/692,667, qui est incorporée dans la présente en référence.

L'enceinte de dépôt peut être chauffée afin d'atteindre une température de traitement d'environ 380°C à environ 700°C, par exemple la température peut varier d'environ 450°C à environ 550°C, d'environ 550°C à environ 650°C, d'environ 570°C à environ 600°C, d'environ 600°C à environ 640°C, ou dans toute plage adéquate.

20 L'enceinte de dépôt comporte un distributeur de dépôt relié à une alimentation en vapeur de dépôt. Le distributeur peut être relié à plusieurs sources de vapeur pour la déposition de plusieurs couches ou le substrat peut être déplacé à travers une source de vapeur. Le distributeur peut être en forme d'une buse de pulvérisation de géométries variables afin de réaliser une distribution uniforme de l'alimentation en vapeur.

25 La couche fenêtre et la couche absorbante peuvent comporter, par exemple, un semi-conducteur binaire comme un semi-conducteur du groupe II-VI, III-V ou IV comme par exemple ZnO, ZnS, ZnSe, ZnTe, CdO, CdS, CdSe, CdTe, MgO, MgS, MgSe, MgTe, HgO, HgS, HgSe, HgTe, MnO, MnS, MnTe, AlN, AlP, AlAs, AlSb, GaN, GaP, GaAs, GaSb, InN, InP, InAs, InSb, TiN, TiP, TiAs, TiSb, ou des mélanges de ces derniers. Un
30 exemple d'une couche fenêtre et d'une couche absorbante est une couche de CdS revêtue d'une couche de CdTe. Une couche supérieure peut recouvrir les couches semi-conductrices. La couche supérieure peut être faite en métal comme l'aluminium, le molybdène, le chrome, le cobalt, le nickel, le titane, le tungstène ou en alliages de ces derniers. La couche supérieure peut aussi être faite en oxydes métalliques ou nitrures
35 métalliques ou en alliages de ces derniers.

Comme décrit ci-dessus, une cellule photovoltaïque peut comporter une couche conductrice transparente sur une surface du substrat, une première couche semi-conductrice, le substrat soutenant la couche semi-conductrice et une couche métallique étant en contact avec la couche semi-conductrice.

40 La couche inférieure de la cellule photovoltaïque peut être une couche conductrice transparente. Une mince couche de recouvrement peut être au-dessus de et couvrant au moins partiellement la couche conductrice transparente. La couche déposée suivante est la première couche semi-conductrice, qui peut servir comme couche fenêtre et qui peut être plus mince en fonction de l'emploi d'une couche conductrice transparente et de la couche
45 de recouvrement. La couche déposée suivante est la seconde couche semi-conductrice, qui sert de couche absorbante. D'autres couches, telles les couches contenant des dopants,

peuvent au besoin être déposées ou autrement placées sur le substrat tout au long du procédé de fabrication.

La couche inférieure peut être une couche conductrice transparente et peut être par exemple un oxyde conducteur transparent comme l'oxyde de cadmium et de stannate, l'oxyde d'étain ou l'oxyde d'étain dopé au fluor. La déposition d'une couche semi-conductrice à une température élevée directement sur la couche d'oxyde conducteur transparent peut entraîner des réactions affectant négativement la performance et la stabilité du dispositif photovoltaïque. La déposition d'une couche de recouvrement de matériau ayant une stabilité chimique élevée (comme le dioxyde de silicium, le trioxyde de dialuminium, le dioxyde de titane, le trioxyde de dibore et d'autres entités semblables) peut significativement réduire l'impact de ces réactions sur la performance et la stabilité du dispositif. L'épaisseur de la couche de recouvrement doit être réduite en raison de la résistivité élevée du matériau utilisé. Sinon, un bloc résistif contraire au flux du courant souhaité serait créé. Une couche de recouvrement peut réduire la rugosité de surface de la couche d'oxyde conducteur transparent en recouvrant les irrégularités de la surface, ce qui peut aider à déposer la couche fenêtre et celle-ci peut avoir une section transversale plus mince. La rugosité réduite de surface peut contribuer à améliorer l'uniformité de la couche fenêtre. D'autres avantages d'incorporer la couche de recouvrement aux cellules photovoltaïques consistent à améliorer la clarté optique, à améliorer la cohérence de la bande interdite, à assurer une meilleure intensité du champ à la jonction et fournir une meilleure efficacité du dispositif comme mesuré par une perte de tension du circuit ouvert. Les couches de recouvrement sont décrites par exemple dans la publication de brevet américaine 20050257824, qui est intégralement incorporée en référence.

La couche inférieure d'une cellule photovoltaïque peut être une couche conductrice transparente. Une mince couche de recouvrement peut être au-dessus de et couvrir au moins partiellement la couche conductrice transparente. La couche déposée suivante est la première couche semi-conductrice, qui peut servir de couche fenêtre et qui peut être plus mince en fonction de l'emploi d'une couche conductrice transparente et de la couche de recouvrement. La couche déposée suivante est la seconde couche semi-conductrice, qui sert de couche absorbante. D'autres couches, comme les couches contenant des dopants, peuvent au besoin être déposées ou autrement placées sur le substrat au cours du procédé de fabrication.

La première couche semi-conductrice peut servir de couche fenêtre pour la seconde couche semi-conductrice. La première couche semi-conductrice peut être plus mince que la seconde couche semi-conductrice. En étant plus mince, la première couche semi-conductrice permet une meilleure pénétration de longueurs d'ondes plus courtes de la lumière incidente dans la seconde couche semi-conductrice.

La première couche semi-conductrice peut être un semi-conducteur du groupe II-VI, III-V ou IV, comme par exemple, ZnO, ZnS, ZnSe, ZnTe, CdO, CdS, CdSe, CdTe, MgO, MgS, MgSe, MgTe, HgO, HgS, HgSe, HgTe, MnO, MnS, MnTe, AlN, AlP, AlAs, AlSb, GaN, GaP, GaAs, GaSb, InN, InP, InAs, InSb, TiN, TiP, TiAs, TiSb, ou des mélanges ou des alliages de ces derniers. C'est peut être un semi-conducteur binaire, par exemple c'est un CdS. La seconde couche semi-conductrice peut se déposer au-dessus de la première couche semi-conductrice. Le second semi-conducteur peut servir de couche absorbante pour la lumière incidente lorsque la première couche semi-conductrice sert de couche fenêtre. Pareillement à la première couche semi-conductrice, la seconde couche

semi-conductrice peut aussi être un semi-conducteur du groupe II-VI, III-V ou IV, comme par exemple ZnO, ZnS, ZnSe, ZnTe, CdO, CdS, CdSe, CdTe, MgO, MgS, MgSe, MgTe, HgO, HgS, HgSe, HgTe, MnO, MnS, MnTe, AlN, AlP, AlAs, AlSb, GaN, GaP, GaAs, GaSb, InN, InP, InAs, InSb, TiN, TiP, TIAs, TISb, ou leurs mélanges.

- 5 La seconde couche semi-conductrice peut se déposer sur une première couche semi-conductrice. Une couche de recouvrement peut servir pour isoler une couche conductrice transparente électriquement et chimiquement de la première couche semi-conductrice empêchant les réactions survenant à une température élevée pouvant négativement affecter la performance et la stabilité. La couche conductrice transparente
10 peut être déposée sur un substrat.

- Les cellules/dispositifs photovoltaïques fabriqués par les procédés discutés dans la présente peuvent être incorporés dans un ou plusieurs modules photovoltaïques. Les modules peuvent être incorporés dans divers systèmes de production de l'énergie. Par exemple, une cellule photovoltaïque peut être illuminée par un faisceau de lumière afin de
15 générer un courant photoélectrique. Le courant photoélectrique peut être recueilli et converti de courant continu (DC) en courant alternatif (AC) et distribué sur un réseau électrique. Une lumière de toute longueur d'onde adéquate peut être dirigée sur la cellule afin de produire le courant photoélectrique, y compris par exemple plus que 400 nm, ou moins que 700 nm (par exemple, une lumière ultraviolette). Le courant photoélectrique
20 produit par une cellule photovoltaïque peut être combiné avec un courant photoélectrique produit par d'autres cellules photovoltaïques. Par exemple, les cellules photovoltaïques peuvent faire partie d'un ou de plusieurs modules photovoltaïques d'un réseau photovoltaïque, duquel le courant global peut être exploité et distribué.

- Les modes de réalisation décrits ci-dessus sont donnés à titre illustratif et
25 exemplaire. Il faudrait savoir que les exemples donnés ci-dessus peuvent être altérés à certains égards tout en demeurant couverts par la portée des revendications. Il faudrait noter que, bien que l'invention soit décrite par référence à des modes de réalisation préférés, d'autres modes de réalisation sont couverts par la portée des revendications.

30

35

40

45

Revendications

1. Un procédé de fabrication d'une cellule photovoltaïque consistant à :
déposer une couche de sulfure de cadmium sur un empilement d'oxyde
conducteur transparent ;
5 déposer une couche contenant du zinc sur la couche de sulfure de cadmium ;
et
déposer une couche de tellure de cadmium sur la couche contenant du
zinc.
2. Le procédé de la revendication 1, qui consiste aussi à former un sulfure de
10 cadmium et de zinc, où la formation consiste à soumettre une ou plusieurs couches au
recuit.
3. Le procédé de la revendication 1, où la couche contenant du zinc comprend un
tellure de cadmium et de zinc.
4. Le procédé de la revendication 3, où le tellure de cadmium et de zinc a une teneur
15 en zinc d'environ 2% à environ 10%.
5. Le procédé de la revendication 1, où la couche contenant du zinc comprend le
sulfure de zinc.
6. Le procédé de la revendication 1, où la couche contenant du zinc comprend une
couche de tellure de cadmium et de zinc au-dessus d'une couche de tellure de zinc.
- 20 7. Le procédé de la revendication 6, où la couche de tellure de cadmium et de zinc
contient une concentration en zinc qui est inférieure à celle de la couche de tellure de
zinc.
8. Le procédé de l'une des revendications 1, 2, 3, 4 et 5-7, où l'empilement d'oxyde
conducteur transparent comprend une couche tampon sur une couche d'oxyde conducteur
25 transparent, où la couche d'oxyde conducteur transparent est placée sur une ou plusieurs
couches barrières.
9. Une cellule photovoltaïque constituée de :
une couche de sulfure de cadmium et de zinc ; et
une couche de tellure de cadmium sur la couche de sulfure de cadmium et de
30 zinc, où la couche de sulfure de cadmium et de zinc affiche une efficacité
améliorée.
10. La cellule photovoltaïque de la revendication 9, où la couche de sulfure de
cadmium et de zinc contient environ 20 à environ 40% de zinc.
11. La cellule photovoltaïque de la revendication 9, comprenant aussi une couche de
35 tellure de cadmium et de zinc entre la couche de sulfure de cadmium et de zinc et la
couche de tellure de cadmium.
12. La cellule photovoltaïque de la revendication 11, où la couche de tellure de
cadmium et de zinc a une teneur en zinc d'environ 2% à environ 10%.
13. La cellule photovoltaïque de l'une des revendications 9 et 10-12, comprenant aussi
40 un empilement d'oxyde conducteur transparent comprenant une couche tampon sur une
couche d'oxyde conducteur transparent, où la couche d'oxyde conducteur transparent est

placée sur une ou plusieurs couches barrières, où la couche de sulfure de cadmium et de zinc est placée sur l'empilement d'oxyde conducteur transparent.

14. La cellule photovoltaïque de la revendication 13, où la couche d'oxyde conducteur transparent comprend le stannate de cadmium.
- 5 15. La cellule photovoltaïque de la revendication 13, où la couche d'oxyde conducteur transparent comprend l'oxyde d'étain.
16. La cellule photovoltaïque de la revendication 13, où la couche d'oxyde conducteur transparent comprend l'oxyde de zinc.
17. Une cellule photovoltaïque constituée de :
- 10 une couche de sulfure de cadmium ;
une couche contenant du zinc sur la couche de sulfure de cadmium ; et
une couche de tellure de cadmium sur la couche contenant du zinc.
18. La cellule photovoltaïque de la revendication 17, où la couche contenant du zinc comprend le tellure de zinc.
- 15 19. La cellule photovoltaïque de la revendication 17, où la couche contenant du zinc comprend le sulfure de zinc.
20. La cellule photovoltaïque de la revendication 17, où la couche contenant du zinc comprend le tellure de cadmium et de zinc.
21. La cellule photovoltaïque de la revendication 17, où la couche contenant du zinc
20 comprend une couche de tellure de cadmium et de zinc sur une couche de tellure de zinc.
22. La cellule photovoltaïque de l'une des revendications 17-21, comprenant aussi un empilement d'oxyde conducteur transparent sur un substrat, où l'empilement d'oxyde conducteur transparent comprend une couche d'oxyde conducteur transparent sur une ou
25 plusieurs couches barrières et une couche tampon sur la couche d'oxyde conducteur transparent, où la couche de sulfure de cadmium est placée sur l'empilement d'oxyde conducteur transparent.

Nombre de lignes : 450

30

35

40

1/1

Figure 1

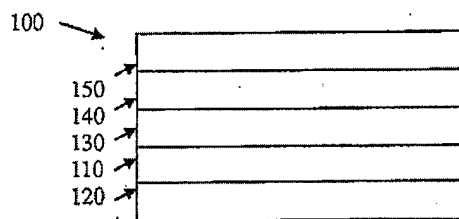


Figure 2

