

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

11 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 142 632

21 N° d'enregistrement national : 22 12594

51 Int Cl⁸ : H 02 S 40/36 (2023.01), H 01 L 31/046, 33/42, 31/072

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 30.11.22.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 31.05.24 Bulletin 24/22.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablissement public à caractère industriel et commercial — FR.

72 Inventeur(s) : MONNA Rémi, DESRUES Thibaut, HLADYS Bertrand et JAY Frédéric.

73 Titulaire(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablissement public à caractère industriel et commercial.

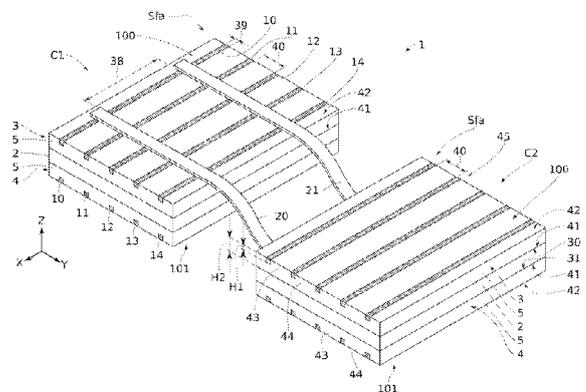
74 Mandataire(s) : HAUTIER IP.

54 Ensemble pour module photovoltaïque, module photovoltaïque et procédé de fabrication de l'ensemble et du module.

57 Ensemble pour module photovoltaïque, module photovoltaïque et procédé de fabrication de l'ensemble et du module

Ensemble pour module photovoltaïque, comprenant au moins deux cellules photovoltaïques (C1, C2), chaque cellule photovoltaïque (C1, C2) comprenant un substrat (2) configuré pour photo-générer des porteurs de charges, et au moins une couche d'oxyde conducteur transparent (3, 4) comportant au moins une première zone (5) présentant une première conductivité électrique, et des deuxième zones (10 à 17) présentant une deuxième conductivité électrique strictement supérieure à la première conductivité électrique, l'ensemble comprenant au moins un élément d'interconnexion (20, 21) couplé électriquement avec les deuxième zones (10 à 17) connecter électriquement les deux cellules (C1, C2) entre elles, ledit au moins un élément d'interconnexion (20, 21) s'étendant selon une direction perpendiculaire à la direction principale (X).

Figure pour l'abrégé : Fig.1



FR 3 142 632 - A1



Description

Titre de l'invention : Ensemble pour module photovoltaïque, module photovoltaïque et procédé de fabrication de l'ensemble et du module

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne un ensemble pour module photovoltaïque formant une chaîne de cellules photovoltaïques. Elle concerne également un module photovoltaïque ainsi que la fabrication d'ensembles photovoltaïques.

ETAT DE LA TECHNIQUE

[0002] Les modules photovoltaïques comportent plusieurs cellules photovoltaïques interconnectées entre elles pour former un ensemble appelé également « chaîne photovoltaïque ». L'interconnexion des cellules est un enjeu majeur car elle définit les caractéristiques de production d'énergie électrique des modules, notamment en termes de puissance électrique.

[0003] Il existe différentes méthodes pour interconnecter des cellules photovoltaïques. On peut fabriquer un module photovoltaïque en encapsulant les ensembles photovoltaïques dans un empilement de matériaux du type polymère et/ou verre. Cet empilement protège les cellules photovoltaïques de l'environnement extérieur tout en conservant la fonction de conversion photo-électrique. Les technologies d'interconnexion sont variées et généralement adaptées aux technologies des cellules photovoltaïques utilisées pour la création des modules. Par ailleurs, la façon dont les cellules photovoltaïques sont connectées entre elles permet d'améliorer les performances du module indépendamment des performances individuelles des cellules photovoltaïques mais également de réduire les pertes de puissance électrique.

[0004] De façon générale, l'interconnexion des cellules photovoltaïques nécessite d'utiliser une grande quantité d'argent pour réaliser les contacts métalliques en face avant et en face arrière des cellules servant à l'évacuation et à la collecte du courant électrique généré par les cellules. Ainsi, l'industrie photovoltaïque consomme actuellement plus de 10 % de l'argent produit mondialement pour une production annuelle de 100 GW. En outre, pour une production supérieure de 3 TW, on estime que la consommation atteindra plus de 50 % de l'argent produit dans le monde si la consommation en argent est de 5 mg/W. À l'heure actuelle, une cellule photovoltaïque du type HET, c'est-à-dire à hétérojonction, consomme entre 25 et 40 milligrammes d'argent par Watt, et des projections indiquent que les 3 TW de production seront atteints en 2035. Il faudra donc dans le futur, réduire drastiquement d'un facteur 8 à 10, la consommation d'argent, avec un objectif d'environ 2 mg/W en 2035. Dans une cellule photovoltaïque, les parties métalliques composées à 80 % d'argent sont des lignes fines

d'une section de $540 \mu\text{m}^2$, appelées doigts ou « fingers » en langue anglaise. Ces doigts servent à collecter des charges produites par le substrat de la cellule. Au sein d'un module photovoltaïque, ces charges sont ensuite extraites à travers les éléments qui relient les cellules, appelées également inter-connecteurs ou encore « wires » ou « ribbon » en langue anglaise (c'est-à-dire des fils ou des rubans), qui sont classiquement composés de fils ou de rubans métalliques, dont le rôle est d'assurer la continuité électrique entre deux cellules, en minimisant les pertes ohmiques. Ces éléments doivent également limiter l'ombrage qu'ils créent lorsqu'ils recouvrent une partie de la surface d'une face de la cellule qui reçoit le rayonnement lumineux. Ces rubans ou fils sont généralement composés de cuivre recouvert d'un alliage métallique à base d'étain, par exemple en SnAg, SnPb, SnAgCu, SnAgBi, etc.

[0005] Actuellement, l'interconnexion la plus répandue utilise une brasure de fils de cuivre gainé (ou étamé) sur des bus, appelées également busbars en langue anglaise, situés à la surface des cellules photovoltaïques. De façon générale, les bus sont créés au préalable lors d'une étape de métallisation, généralement par sérigraphie. Les cellules sont connectées entre elles, en série ou en parallèle, à l'aide des rubans ou fils de cuivres étamés qui sont connectés, par brasure à l'aide d'un apport de matière provenant du revêtement en alliage métallique, sur les bus présents sur une face de chacune des cellules. Longtemps la technologie à trois bus a été prédominante sur le marché mais l'intérêt croissant des architectures à quatre ou six bus permet une évolution de ce mode d'interconnexion jusqu'à neuf bus, voire davantage, ce que l'on nomme aujourd'hui les Multi-Busbars (MBB) en langue anglaise, c'est-à-dire des ensembles à plusieurs bus. Par exemple, la technologie Multi-Busbars, en plus de son apport en puissance sur les modules, permet une meilleure tenue des modules aux tests de vieillissement accéléré, une diminution de la quantité d'argent utilisé dans le module et donc une réduction du coût de production.

[0006] On peut interconnecter les connecteurs filaires en cuivre sur les doigts des cellules, à l'aide des bus, par soudure. Par exemple, on peut souder les connecteurs filaires (fils de cuivre à section circulaire), servant à la fois de bus et de rubans, directement sur la surface des cellules. En outre, on peut utiliser des plots de soudure en pâte d'argent préalablement sérigraphiés afin de permettre la soudure des inter-connecteurs filaires aux busbars qui interconnectent les doigts de la cellule entre eux. Par exemple un alliage utilisé pour faire la brasure est à base de plomb, d'étain et d'argent. Par exemple la brasure peut être réalisée via des rayons infrarouges en utilisant des inter-connecteurs filaires d'un diamètre de $300 \mu\text{m}$. Mais cette soudure par rayons infrarouges est effectuée à une température proche de $200 \text{ }^\circ\text{C}$, et peut endommager localement la cellule.

[0007] Un autre procédé consiste à connecter deux cellules voisines sans bus par des fils de

cuire en utilisant une feuille en polymère. Ce procédé est habituellement désigné par la marque commerciale SmartWire Connection Technology™ (SWCT). Dans ce procédé, les fils de cuivre sont incorporés dans une feuille ou matrice en polymère et recouverts d'un alliage de brasure à basse température, principalement à base de bismuth, avec un point de fusion inférieur à 138 °C. L'utilisation d'alliage de brasure à basse température réduit le stress pouvant apparaître sur les points de contact entre le fil de cuivre et les doigts de la cellule. Par ailleurs, la matrice en polymère est une couche thermocollant composé de deux couches, une première couche avec des propriétés adhésives en partie inférieure et une deuxième couche servant de support mécanique en partie supérieure. Le fil de cuivre est toujours en contact avec la métallisation de la cellule, et le film comprenant la matrice en polymère et les fils de cuivre est positionné sur la cellule. Les doigts des cellules peuvent être réduits en largeur, de 35 à 40 µm, ce qui permet une réduction de consommation d'argent par rapport aux technologies utilisant des bus. Le diamètre des fils de cuivre est d'environ 200 µm ou 250 µm et les doigts étant moins larges, il y a moins d'ombrage sur les cellules. Mais un tel procédé nécessite également d'utiliser une grande quantité d'argent pour connecter les doigts avec les fils de cuivre.

- [0008] Par exemple on peut citer la demande de brevet américain US20140182675 et la demande internationale WO 2014/150235 qui divulguent une cellule photovoltaïque comprenant des doigts de métallisation situés en face avant de la cellule. La demande de brevet américain US 20120015147 divulgue une cellule photovoltaïque comprenant un substrat, une première couche sur le substrat comprenant des nanoparticules d'oxyde métallique et une deuxième couche recouvrant la première couche, la deuxième couche comprenant des éléments dopants, telles que de l'aluminium, du gallium, de l'indium ou du bore.
- [0009] On peut également citer la demande de brevet coréen KR20130085188 qui divulgue une cellule photovoltaïque comprenant une couche d'un substrat pour photo-générer des porteurs de charges, une couche d'oxyde conducteur transparent, appelée également couche de TCO (transparent conductive oxide en langue anglaise) ou communément couche TCO, disposée sur une face du substrat. La couche d'oxyde conducteur transparent présente un motif avec des nervures formant des rainures au sein desquelles est disposée une couche d'oxyde de zinc dopé à l'aluminium en contact électrique avec des doigts de métallisation formés en face avant de la cellule.
- [0010] La demande internationale WO 2014/128032 divulgue une cellule photovoltaïque comprenant des doigts de métallisation et une couche d'oxyde conducteur transparent comprenant des lignes fortement conductrices alignées sous et le long des doigts de métallisation.
- [0011] Mais ces cellules ne permettent pas de diminuer fortement la consommation d'argent

utilisée pour interconnecter deux cellules photovoltaïques.

[0012] Il existe d'autres techniques consistant à connecter directement des fils de cuivre dans la couche TCO d'une cellule à l'hétérojonction, mais on observe une perte de puissance électrique fournie en comparaison avec les mêmes fils de cuivre connectés à des doigts de la cellule. Par ailleurs, la suppression des droits entraîne une forte augmentation de la résistance série qui de ce fait engendre une baisse significative de la puissance du module. Cette forte augmentation de la résistance série provient d'une augmentation de la résistance latérale des porteurs libres dans la couche TCO. En effet, dans une cellule à l'hétérojonction, les porteurs libres doivent transiter latéralement dans la couche TCO avant d'atteindre les doigts de la cellule.

[0013] Un objet de la présente invention est donc de proposer une solution pour interconnecter des cellules photovoltaïques en limitant les inconvénients mentionnés ci-dessus. En particulier, il existe un besoin consistant à proposer un procédé fiable d'interconnexion de cellules photovoltaïques, tout en permettant de réduire les coûts de fabrication, et en particulier pour réduire la consommation d'argent.

[0014] Les autres objets, caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à l'examen de la description suivante et des dessins d'accompagnement. Il est entendu que d'autres avantages peuvent être incorporés.

RESUME

[0015] Pour atteindre cet objectif, il est proposé un ensemble pour module photovoltaïque, comprenant au moins deux cellules photovoltaïques.

[0016] Chaque cellule photovoltaïque comprend :

- un substrat configuré pour photo-générer des porteurs de charges, et
- au moins une couche d'oxyde conducteur transparent comportant au moins une première zone présentant une première conductivité électrique, et des deuxièmes zones présentant une deuxième conductivité électrique strictement supérieure à la première conductivité électrique, les deuxièmes zones s'étendant longitudinalement selon respectivement des lignes parallèles à une direction principale.

[0017] L'ensemble comprend au moins un élément d'interconnexion couplé électriquement avec les deuxièmes zones de chacune desdites au moins deux cellules photovoltaïques pour les connecter électriquement entre elles.

[0018] Ledit au moins un élément d'interconnexion s'étend selon une direction perpendiculaire à la direction principale.

[0019] Chaque cellule photovoltaïque est dépourvue de ligne de métallisation supplémentaire connectant électriquement ledit au moins un élément d'interconnexion avec ladite au moins une couche d'oxyde conducteur transparent.

[0020] Ainsi on fournit un ensemble de cellules photovoltaïques interconnectées entre elles

et dépourvues de métallisation en argent supplémentaire. Un tel ensemble utilise un minimum de quantité de matériau conducteur.

[0021] Selon un autre aspect, il est proposé un module photovoltaïque, comprenant au moins un ensemble tel que défini ci-avant.

[0022] Selon un autre aspect, il est proposé un procédé de fabrication d'un ensemble pour module photovoltaïque tel que défini ci-avant, comprenant :

- une fourniture d'au moins deux cellules photovoltaïques ; chaque cellule photovoltaïque comprenant :
 - un substrat configuré pour photo-générer des porteurs de charges, et
 - au moins une couche d'oxyde conducteur transparent comportant au moins une première zone présentant une première conductivité électrique, et
- une formation de deuxièmes zones présentant une deuxième conductivité électrique strictement supérieure à la première conductivité électrique, les deuxièmes zones s'étendant longitudinalement selon respectivement des lignes parallèles à une direction principale.

[0023] Le procédé comprend un dépôt d'au moins un élément d'interconnexion couplé électriquement avec les deuxièmes zones de chacune desdites au moins deux cellules photovoltaïques pour les connecter électriquement entre elles.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

[0024] Les buts, objets, ainsi que les caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront mieux de la description détaillée d'un mode de réalisation de cette dernière qui est illustré par les dessins d'accompagnement suivants dans lesquels :

[0025] [Fig.1] La [Fig.1] représente schématiquement une vue en perspective un mode de réalisation d'un ensemble pour module photovoltaïque ;

[0026] [Fig.2] La [Fig.2] représente schématiquement une vue en perspective d'un autre mode de réalisation d'un ensemble pour module photovoltaïque ;

[0027] [Fig.3]

[0028] [Fig.4]

[0029] [Fig.5] Les figures 3 à 5 représentent schématiquement des vues en coupe d'autres modes de réalisation d'un ensemble pour module photovoltaïque ;

[0030] [Fig.6]

[0031] [Fig.7] Les figures 6 et 7 représentent schématiquement des étapes de mise en œuvre d'un procédé de fabrication d'un ensemble pour module photovoltaïque.

[0032] Les dessins sont donnés à titre d'exemples et ne sont pas limitatifs de l'invention. Ils constituent des représentations schématiques de principe destinées à faciliter la compréhension de l'invention et ne sont pas nécessairement à l'échelle des applications

pratiques.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE

- [0033] Avant d'entamer une revue détaillée de modes de réalisation et de mises en œuvre de l'invention, sont énoncées ci-après des caractéristiques optionnelles qui peuvent éventuellement être utilisées en association ou alternativement.
- [0034] Selon un exemple, au moins une cellule photovoltaïque est du type à hétérojonction dans laquelle le substrat comprend un silicium cristallin et un silicium amorphe hydrogéné.
- [0035] Selon un exemple, au moins une cellule photovoltaïque comprend des première et deuxième couches d'oxyde conducteur transparent disposées respectivement en contact avec des première et deuxième faces du substrat, la deuxième face du substrat étant située d'un côté opposé à celui de la première face.
- [0036] Selon un exemple, pour au moins une cellule photovoltaïque, les deuxième zones sont séparées d'une distance supérieure ou égale à une largeur d'au moins une deuxième zone, la largeur étant mesurée selon une direction perpendiculaire à la direction principale.
- [0037] Selon un exemple, pour au moins une cellule photovoltaïque, ladite au moins une première zone a une face, dite interne, en contact avec au moins une face du substrat, et une face, dite externe, opposée à la face interne, présentant plusieurs paires de nervures, chaque paire de nervures délimitant entre elles une rainure où est disposée une deuxième zone.
- [0038] Selon un exemple, pour au moins une cellule photovoltaïque, les deuxième zones sont disposées en contact avec au moins une face du substrat, et ladite au moins une cellule photovoltaïque comprend plusieurs premières zones disposées en contact avec ladite au moins une face du substrat.
- [0039] Selon un exemple, pour au moins une cellule photovoltaïque, ladite au moins une première zone a une face, dite interne, en contact avec au moins une face du substrat, et une face, dite externe, opposée à la face interne, en contact avec les deuxième zones.
- [0040] Selon un autre exemple, pour au moins une cellule photovoltaïque, les deuxième zones s'étendent longitudinalement selon respectivement des lignes continues.
- [0041] Selon un autre exemple, pour au moins une cellule photovoltaïque, les deuxième zones s'étendent longitudinalement selon respectivement des lignes discontinues.
- [0042] Selon un exemple, ledit au moins un élément d'interconnexion est en contact mécanique direct avec les deuxième zones d'au moins une cellule photovoltaïque.
- [0043] Selon un exemple, l'ensemble comprend une couche diélectrique recouvrant en partie la première zone.

- [0044] Selon un exemple, pour au moins une cellule photovoltaïque, l'ensemble comprend des plots métallisés, chaque plot métallisé étant disposé en contact mécanique avec une deuxième zone de ladite au moins une cellule photovoltaïque et ledit au moins un élément d'interconnexion.
- [0045] Selon un exemple, au moins une cellule photovoltaïque est du type simple jonction comprenant une seule couche d'oxyde conducteur transparent.
- [0046] Selon un exemple, au moins une cellule photovoltaïque est du type double jonction comprenant deux couches d'oxyde conducteur transparent.
- [0047] Dans la présente invention des types de dopage seront indiqués. On entend par dopage, une addition d'une quantité minimale d'impuretés dans une couche comprenant un monocristal ou un poly-cristal, pour la transformer en couche électriquement conductrice comprenant des porteurs de charges libres. Ces dopages sont des exemples non limitatifs.
- [0048] Sur les figures 1 à 5, on a représenté un ensemble 1 pour module photovoltaïque. L'ensemble 1 comporte au moins deux cellules photovoltaïques C1, C2. Un module photovoltaïque comprend un ensemble de cellules photovoltaïques 2, 20 interconnectées entre elles pour produire un courant, et on appelle également l'ensemble 1 « chaîne photovoltaïque ». Chaque cellule photovoltaïque C1, C2 comprend un substrat 2 et au moins une couche d'oxyde conducteur transparent 3, 4. Le substrat 2 est configuré pour photo-générer des porteurs de charges. Par exemple, une cellule C1, C2 peut être du type HET, c'est-à-dire du type à hétérojonction. Une cellule du type à hétérojonction est une cellule C1, C2 comprenant un substrat en silicium cristallin et au moins une couche en silicium amorphe hydrogéné.
- [0049] De façon générale, une cellule photovoltaïque C1, C2 convertit une partie du rayonnement lumineux en énergie électrique. A cet effet, le substrat 2 est configuré pour générer, à réception du rayonnement lumineux, des charges libres à se déplacer et destinées à être collectées pour produire un courant électrique.
- [0050] La couche d'oxyde conducteur 3, 4 est également appelé couche TCO. La cellule C1, C2 peut comporter une unique couche TCO disposée en contact avec une première face 30 du substrat 2. Avantageusement, une cellule C1, C2 peut comporter une première couche TCO disposée en contact avec la première face 30 du substrat 2 et une deuxième couche TCO disposée en contact avec une deuxième face 31 du substrat 2, la deuxième face 31 étant située d'un côté opposé à celui de la première face 30. Une couche TCO 3,4 permet de collecter les charges produites par le substrat 2 et faciliter le déplacement de ses charges ainsi produites. Une cellule photovoltaïque C1, C2 peut être une cellule simple jonction à base de silicium cristallin de type hétérojonction ou une cellule, dite tandem, c'est-à-dire à double jonction comprenant au moins une sous-cellule à base de silicium cristallin de type hétérojonction, et notamment une cellule

tandem comprenant une sous-cellule à base de pérovskite et une sous-cellule à hétéro-jonction. Dans le cas d'une cellule tandem, il y a également deux couches TCO 3, 4 des deux côtés de la cellule.

- [0051] En particulier, une couche TCO 3, 4 comporte au moins une première zone 5 présentant une première conductivité électrique. En outre, une couche TCO 3, 4 comporte plusieurs deuxièmes zones 10 à 17 présentant une deuxième conductivité électrique strictement supérieure à la première conductivité électrique. On appelle également les deuxièmes zones 10 à 17 des zones fortement conductrices, et la ou les premières zones 5 des zones faiblement conductrices. Par exemple, la première conductivité électrique d'une première zone 5 peut être obtenue par un premier dopage de la couche TCO 3, 4 à l'endroit de la première zone 5. Par ailleurs, la deuxième conductivité électrique d'une deuxième zone 10 à 17 peut être obtenue par un deuxième dopage de la couche TCO 3, 4 à l'endroit de la deuxième zone 10 à 17. Selon un exemple, le premier dopage est différent du deuxième dopage de manière à obtenir des conductivités électriques distinctes. En variante, les premier et deuxième dopages pourraient être identiques, avec les première et deuxième zones 5 et 10 à 17 ayant des épaisseurs distinctes pour obtenir des conductivités électriques distinctes, les épaisseurs étant mesurées selon une direction perpendiculaire à la première face 30 du substrat 2. Ainsi, pour un même dopage, en augmentant l'épaisseur d'une zone de la couche TCO 3, 4, on diminue la résistance électrique de la zone. Par exemple, pour un même dopage, la couche TCO 3, 4, à l'endroit des deuxièmes zones 10 à 17 a une épaisseur strictement supérieure à celle de la couche TCO 3, 4 à l'endroit des premières zones 5.
- [0052] Plus particulièrement, les deuxièmes zones 10 à 17 s'étendent longitudinalement selon respectivement des lignes parallèles à une direction principale X.
- [0053] Par ailleurs, l'ensemble 1 comprend au moins un élément d'interconnexion 20, 21 couplé électriquement avec les deuxièmes zones 10 à 17 de chacune des cellules photovoltaïques C1, C2 de l'ensemble 1 pour les connecter électriquement entre elles.
- [0054] Plus particulièrement, au moins un élément d'interconnexion 20, 21, et de préférence chaque élément d'interconnexion 20, 21, s'étend selon une direction inclinée par rapport à la direction principale X d'un angle compris entre 85° et 105° , de préférence à 90° . Avantageusement, les éléments d'interconnexion 20,21 s'étendent selon une direction perpendiculaire à la direction principale en X. Ainsi, on s'affranchit d'avoir à aligner les éléments d'interconnexion 20, 21 avec les deuxièmes zones 10 à 17.
- [0055] En particulier, chaque cellule photovoltaïque C1, C2 est dépourvue de ligne de métallisation supplémentaire connectant électriquement au moins un élément d'interconnexion, et de préférence chaque élément d'interconnexion 20, 21, avec la couche d'oxyde conducteur transparent 3, 4 comprenant les deuxièmes zones 10 à 17.

En d'autres termes, une cellule C1, C2 ne comprend, ni une ligne de métallisation connectant le ou les éléments d'interconnexion 20, 21 avec une deuxième zone 10 à 17, ni une ou plusieurs lignes de métallisation connectant le ou les éléments d'interconnexion 20, 21 avec une première zone 5. Ces lignes de métallisation sont souvent désignées « doigts ». Le couplage électrique entre les éléments d'interconnexion et les deuxièmes zones 10 à 17 se fait, par exemple directement, c'est-à-dire sans l'intermédiaire de doigts de métallisation.

- [0056] Les éléments d'interconnexion 20, 21 peuvent, par exemple, comprendre des fils ou des rubans de cuivre étamés, c'est-à-dire des fils ou rubans de cuivre sur lesquels on a déposé une couche d'alliage métallique à base d'étain, par exemple en SnAg, SnPb, SnBiPb, SnAgCu, SnAgBi, etc., pour les préserver de l'oxydation. Les éléments d'interconnexion 20, 21 peuvent être collés ou soudés sur la couche TCO 3, 4. En variante, les éléments d'interconnexion 20, 21 sont posés directement sur la couche TCO 3, 4, en contact mécanique avec les deuxièmes zones 10 à 17, et la connexion électrique entre les éléments d'interconnexion 20,21 et les deuxièmes zones 10 à 17 peut être réalisée ultérieurement lors d'une étape de lamination. On entend par la lamination, une étape comprenant un apport de chaleur aux cellules photovoltaïques C1, C2 de sorte à effectuer une brasure d'au moins un élément d'interconnexion 20, 21 avec les deuxièmes zones 10 à 17 de chaque cellule photovoltaïque C1, C2 de sorte à coupler mécaniquement et électriquement les éléments d'interconnexion 20, 21 avec les deuxièmes zones 10 à 17.
- [0057] Ainsi, en ajoutant des deuxièmes zones 10 à 17 présentant une conductivité électrique supérieure à celle de la ou des premières zones 5, on crée des zones 10 à 17 ayant une résistance électrique plus faible que celle de la ou des premières zones 5. Les deuxièmes zones 10 à 17 facilitent le déplacement des charges produites par le substrat 2, et notamment le déplacement latéral selon une direction secondaire Y perpendiculaire à la direction principale X. En d'autres termes, les deuxièmes zones 10 à 17 évitent une augmentation significative de la résistance série dans le module dû à l'augmentation de la distance de transport latéral au sein de la couche TCO 3, 4. En outre, la collecte des porteurs de charges par les éléments d'interconnexion 20, 21 est améliorée du fait que les éléments d'interconnexion 20,21 s'étendent de manière inclinée d'un angle compris entre 85° et 105° , de préférence à 90° , avec les deuxièmes zones 10 à 17. Avantagusement, la collecte des porteurs de charges est encore améliorée lorsque les éléments d'interconnexion 20,21 s'étendent perpendiculairement aux deuxièmes zones 10 à 17.
- [0058] Par ailleurs, les éléments d'interconnexion 20, 21 sont séparés d'une première distance 38, la première distance 38 étant mesurée selon la direction principale X. À titre d'exemple, la première distance 38 peut être comprise entre 2 et 16 millimètres, de

préférence entre 2 et 8 mm. Par exemple, pour au moins une cellule photovoltaïque C1, C2, les deuxièmes zones 10 à 17 sont séparées d'une deuxième distance 40 supérieure ou égale à une largeur 39 d'au moins une deuxième zone 10 à 17, la largeur étant mesurée selon une direction perpendiculaire à la direction principale en X. Par exemple, la deuxième distance 40 peut être comprise entre 0,1 et 2 mm, de préférence entre 0,5 et 1 mm. Avantageusement, la première distance 38 est strictement supérieure à la deuxième distance 40. Ainsi, la distance parcourue par les porteurs de charges libres dans la couche TCO 3, 4 pour atteindre les deuxièmes zones 10 à 17 est très inférieure à la distance à parcourir pour atteindre les éléments d'interconnexion 20, 21 en passant par la première zone 5.

[0059] De façon générale, le dopage des deuxièmes zones 10 à 17 consiste à ajouter des impuretés localement dans les deuxièmes zones 10 à 17 de manière à augmenter la conductivité électrique des deuxièmes zones 10 à 17. On note que plus le dopage des deuxièmes zones 10 à 17 augmente, plus la conductivité électrique des deuxièmes zones 10 à 17 augmente, ce qui diminue la résistance électrique, dite résistance série, des deuxièmes zones 10 à 17. Par ailleurs, une augmentation du dopage des deuxièmes zones 10 à 17 entraîne également une augmentation de l'absorption de la lumière par les deuxièmes zones 10 à 17, du fait notamment de l'augmentation de la densité des porteurs de charges, ce qui réduit le courant généré par le module photovoltaïque. En d'autres termes, l'ensemble 1 associe une ou plusieurs régions d'une couche TCO 3, 4 peu conductrices 5 donc peu absorbantes de la lumière avec des régions fortement conductrices 10 à 17. Avantageusement, pour une surface Sfa de la face avant 100 d'une cellule C1, C2, on crée des deuxièmes zones 10 à 17 dont la surface totale présente au niveau de la face avant 100 de la cellule C1, C2 est très inférieure à la surface Sfa de la face avant 100 de la cellule C1, C2. Ainsi, on favorise la collecte des porteurs de charges, pour augmenter le courant produit, tout en diminuant l'effet d'absorption de lumière par les deuxièmes zones 10 à 17.

[0060] Les deuxièmes zones 10 à 17 fortement conductrices permettent de réduire la résistance latérale dans la couche TCO 3, 4 permettant au courant de circuler plus facilement dans la couche TCO 3, 4. En outre, un dopage en éléments conducteurs des deuxièmes zones 10 à 17 permet également d'avoir une résistance électrique entre les deuxièmes zones 10 à 17 et les éléments d'interconnexion 20,21 plus faible.

[0061] Par exemple les deuxièmes zones 10 à 17 peuvent être réalisées par modification de la première zone 5, en introduisant de l'hydrogène, ou par introduction d'éléments conducteurs localement dans la première zone 5. En variante, les deuxièmes zones 10 à 17 peuvent être déposées par pulvérisation en utilisant un masque ou réalisées par dopage laser localisé ou par implantation d'hydrogène localisé suivi d'un recuit, c'est-à-dire une mise en température de la cellule C1, C2 à une température comprise

entre 100 et 800 °C, préférentiellement entre 200°C et 300°C.

- [0062] Par exemple, on peut implanter de l'hydrogène pour introduire des impuretés à l'intérieur de la première zone 5, afin d'en modifier les propriétés électriques. Ces modifications sont engendrées grâce aux propriétés intrinsèques de l'élément introduit, notamment grâce aux interactions, c'est-à-dire aux défauts, qu'il génère dans la première zone 5. Cette étape est particulièrement adaptée au traitement de la surface de la couche TCO 3, 4. On peut également utiliser une implantation par immersion plasma, par exemple une implantation ionique par immersion plasma (notée PIII), une implantation ionique par source plasma (notée PSII), ou encore une implantation ionique à base de plasma (notée PBII).
- [0063] Sur la [Fig.6], on a représenté un exemple dans lequel la couche TCO 3, 4 est immergée dans un plasma 301 qui contient des ions 300 à implanter. Pour réaliser les deuxièmes zones 10 à 17, on applique une tension négative (comprise entre -20V et -100kV), en général pulsée, sur la couche TCO 3, 4 afin qu'autour d'elle se forme une gaine 302. Les ions 300 situés dans cette gaine 302 sont accélérés par un champ électrique à l'intérieur de la gaine 302 et sont alors implantés dans la couche TCO 3, 4.
- [0064] Sur la [Fig.7], on a représenté un autre mode de mise en œuvre pour réaliser les deuxièmes zones 10 à 17 dans la couche TCO 3, 4. Dans cet autre mode de mise en œuvre, une implantation d'hydrogène peut être réalisée. C'est l'implantation d'hydrogène peut se faire de façon sélective par une implantation à travers un masque. Pour réaliser l'implantation d'hydrogène, on utilise une tension d'accélération comprise entre 0,5 et 6 kV (préférentiellement entre 1 et 4 kV) et la dose est comprise entre 1×10^{14} et 1×10^{16} cm⁻² (préférentiellement entre 5×10^{14} et 5×10^{15} cm⁻²). Afin d'améliorer la diffusion de l'hydrogène dans la couche TCO 3, 4, la couche TCO 3, 4 peut être ensuite recuite à différentes températures, par exemple une température comprise entre 100 et 450 °C. Par exemple, lorsqu'on utilise une couche en oxyde d'étain dopé à l'Indium (ITO ou Indium Tin Oxide en langue anglaise), l'implantation d'hydrogène entraîne une diminution de la résistivité électrique des deuxièmes zones 10 à 17, quelle que soit la température de recuit ultérieur. En particulier, pour une température de recuit inférieure ou égale à 300 °C, il est possible de diviser par deux la résistivité électrique de la couche TCO 3, 4. En d'autres termes, on peut obtenir des deuxièmes zones 10 à 17 ayant une conductivité électrique environ égale à deux fois celle de la première zone 5. En outre, en utilisant des températures de recuit plus élevées, c'est-à-dire supérieures à 300 °C, la différence de conductivité électrique entre les deuxièmes zones 10 à 17 et la première zone 5 est moins importante. Par ailleurs, au-delà d'une température de recuit de 350 °C, la différence de conductivité électrique est négligeable. Ainsi, on utilisera une température de recuit inférieure ou égale à 350 °C et de préférence une température de recuit strictement inférieure à 300 °C. De

manière générale, on obtient pour toutes les températures de recuit, des deuxièmes zones 10 à 17 ayant une résistivité inférieure ou égale à 40 Ohms/carré, c'est-à-dire une résistivité inférieure ou égale à $1,5 \times 10^{-4}$ Ohm*cm, avec une épaisseur des deuxièmes zones de 38 nm, l'épaisseur étant mesurée selon une direction perpendiculaire à la première face 30 du substrat 2.

- [0065] Avantageusement, les dopages des première et deuxièmes zones 5, 10 à 17, permet d'obtenir des deuxièmes zones 10 à 17 ayant une conductivité électrique d'un facteur compris entre 15 et 40 fois, de préférence 30 fois, la conductivité électrique de la première zone 5. Par exemple, pour les zones fortement conductrices, pour obtenir 5 Ohms/carré, il faut une épaisseur de 300 nm de couche TCO avec une résistivité de $1,5 \times 10^{-4}$ Ohm*cm. Pour les zones faiblement conductrices, on peut obtenir 400 Ohms/carré en rajoutant de l'oxygène lors du dépôt, pour une épaisseur de 30 nm, on obtient donc une résistivité de 12×10^{-4} Ohm*cm ; pour 100 nm on obtient 40×10^{-4} Ohm*cm, ce qui fait un rapport de 27 environ.
- [0066] Afin de limiter l'absorption de la lumière par les deuxièmes zones 10 à 17, de la face 100, 101 de la cellule C1, C2 destinée à recevoir la lumière, on utilisera un dopage de manière à obtenir, pour une épaisseur H1 des deuxième zones 10 à 17 égale à 70 nm, une résistivité électrique comprise entre 300 et 400 Ohms/carré. C'est-à-dire comprise entre 21×10^{-4} Ohm*cm pour 70 nm et 28×10^{-4} Ohm*cm pour 70 nm. L'épaisseur H1, ou hauteur, des deuxièmes zones 10 à 17 est mesurée selon une direction Z perpendiculaire à la direction principale X et à la direction secondaire Y. Par exemple, pour une épaisseur H1 comprise entre 15 et 30 nanomètres, on utilisera un dopage de manière à obtenir une résistivité électrique égale à 200 Ohms/carré, c'est-à-dire une résistivité électrique égale à 3×10^{-4} Ohm*cm pour 15 nm ou égale à 6×10^{-4} Ohm*cm pour 30 nm.
- [0067] Par ailleurs, afin de réaliser la première zone 5 faiblement conductrice, on limite la densité de porteurs de charges en réduisant le dopage permettant de générer ces porteurs. Ainsi, la première zone 5 faiblement conductrice sera plus transparente au rayonnement lumineux, c'est-à-dire moins absorbante.
- [0068] De façon générale, on note également que la conductivité électrique σ (ayant pour unité le S/m, ou Siemens par mètre, ou encore en $(\text{Ohms} \cdot \text{mètre})^{-1}$) est l'inverse de la résistivité électrique ρ (ayant pour unité le Ohm*mètre), en d'autres termes : $\rho = 1 / \sigma$ (équation 1). Dans le reste de la description, et à des fins de simplification, on donnera, à titre d'exemple, des valeurs de résistivité électrique ρ pour les premières et deuxième zones 5, 10 à 17.
- [0069] Par exemple, on peut réaliser la première zone 5 ayant une résistivité électrique comprise entre 40 et 400 Ohms/carré, de préférence entre 150 et 250 Ohms/carré (avec 150 Ohms/carré correspondant à 10×10^{-4} Ohm*cm pour 70 nm, et 250 Ohms/carré cor-

respondant à 17×10^{-4} pour 70 nm).

- [0070] Avantageusement, la première zone 5 à une absorption à la lumière, en particulier une lumière ayant une longueur d'onde comprise entre 300 et 1200 nanomètres, inférieure à 2 %, et de préférence inférieure à 1 %. Par exemple, la première zone 5 peut avoir un indice optique compris entre 1,8 et 2,1, de préférence entre 1.9 et 2. Par ailleurs, l'épaisseur H2 de la première zone 5 est comprise entre 5 et 70 nanomètres (lorsque la cellule C1, C2 comprend une seule couche TCO 3), de préférence entre 15 et 30 nanomètres (lorsque la cellule C1, C2 comprend deux couches TCO 3, 4). L'épaisseur H2 est mesurée selon la direction Z perpendiculaire aux directions principale X et secondaire Y. On peut utiliser différents matériaux pour réaliser la première zone 5, par exemple en utilisant une couche d'ITO poly-cristalline, ou une couche d'indium dopé à l'hydrogène, ou une couche d'indium dopé au tungstène, ou une couche d'indium dopé au zinc, une couche d'oxyde de zinc (ZnO) dopé à l'aluminium, ou une couche d'oxyde de zinc (ZnO) dopé au gallium, ou encore une couche en oxyde d'étain (SnO2) dopé à l'arsenic.
- [0071] Par exemple, on peut réaliser des deuxième zones 10 à 17 fortement conductrices ayant une résistivité électrique minimale réalisable d'environ $1,5 \times 10^{-4}$ Ohm*cm. En d'autres termes, la conductivité électrique des deuxième zones 10 à 17 est strictement supérieure à la conductivité de la première zone 5.
- [0072] On peut utiliser différents matériaux pour réaliser les deuxième zones 10 à 17. Par exemple, on peut utiliser une couche d'ITO poly-cristalline ayant pour résistivité $1,5 \times 10^{-4}$ Ohm*cm. On peut utiliser une couche en oxyde de zinc dopé à l'aluminium (AZO) ayant pour résistivité $2,2 \times 10^{-4}$ Ohm*cm. On peut utiliser une couche d'oxyde de zinc (ZnO) dopé en aluminium ayant pour résistivité $1,4 \times 10^{-4}$ Ohm*cm. On peut utiliser une couche d'oxyde de zinc (ZnO) dopé en Gallium ayant pour résistivité $1,2 \times 10^{-4}$ Ohm*cm. On peut utiliser une couche en oxyde d'étain (SnO2) dopé en arsenic ayant pour résistivité $1,5 \times 10^{-4}$ Ohm*cm. De préférence, on choisit de réaliser des deuxième zones 10 à 17 ayant une résistivité inférieure ou égale à $1,5 \times 10^{-4}$ Ohm*cm.
- [0073] Par exemple, les deuxième zones 10 à 17 peuvent avoir une largeur 39 comprise entre 5 à 30 μm . En outre, les deuxième zones 10 à 17 peuvent être séparées d'une distance 40 comprise entre 0,1 et 1 mm. En outre, une hauteur H1 des deuxième zones 10 à 17 peut être comprise entre 70 et 300 nanomètres. Dans l'exemple illustré à la [Fig.1], les deuxième zones 10 à 17 ne sont pas en contact avec la première face 30 du substrat 2. C'est-à-dire que la hauteur H2 de la première zone 5 est strictement supérieure à la hauteur H1 des deuxième zones 10 à 17.
- [0074] Les éléments d'interconnexion 20, 21 peuvent être mis en contact avec les deuxième zones 10 à 17 situées sur les faces avant 100 des cellules pour un montage en parallèle

des cellules photovoltaïques C1, C2. Lorsqu'on souhaite monter les cellules photovoltaïques en série, les éléments d'interconnexion 20, 21 sont situés sur la face avant 100 d'une première cellule C1, et sur la face arrière 101 d'une deuxième cellule photovoltaïque C2.

[0075] Avantageusement, les éléments interconnexion 20, 21 sont en contact mécanique direct avec les deuxièmes zones 10 à 17 d'au moins une cellule photovoltaïque C1, C2. Les éléments d'interconnexion 20,21 peuvent être des fils de cuivre, de préférence étamés, c'est-à-dire comprenant un revêtement extérieur comprenant de l'étain, par exemple à base d'étain, de bismuth et d'argent (SnBiAg), ou à base d'étain, de cuivre et d'argent (SnAgCu), ou à base d'étain, de bismuth et de plomb (SnBiPb), ou à base d'étain, et de plomb (SnPb). Le diamètre de la section des fils de cuivre 20, 21 peut être compris entre 150 et 250 micromètres. Avantageusement, les éléments d'interconnexion 20,21 sont espacés d'une distance 38 comprise entre 2 et 8 mm.

[0076] En variante, comme illustré sur la [Fig.5], pour au moins une cellule photovoltaïque C1, C2, l'ensemble 1 comprend des plots métallisés 60, chaque plot métallisé 60 étant disposé en contact mécanique avec une deuxième zone 10 à 17 de la cellule photovoltaïque C1, C2 et avec au moins un élément d'interconnexion 20, 21. Plus particulièrement un plot métallisé 60 ne correspond pas à une ligne de métallisation, notamment du fait qu'une largeur ou une longueur maximum d'un plot métallisé 60 est strictement inférieure à une distance séparant deux éléments d'interconnexion 20, 21. Ainsi, un plot métallisé 61 n'est pas configuré pour connecter électriquement, à lui seul, deux éléments d'interconnexion 20, 21 distincts. Les plots métallisés 60 peuvent être réalisés à partir d'une colle conductrice pour améliorer le contact entre les éléments d'interconnexion 20, 21 et les deuxièmes zones 10 à 17. La colle conductrice peut être déposée en ligne continue sous les éléments d'interconnexion 20, 21 ou sur les deuxièmes zones 10 à 17 de façon localisée à l'intersection entre les éléments d'interconnexion 20, 21 et les deuxièmes zones 10 à 17.

[0077] Sur les figures 1 et 2, on a représenté un mode de réalisation d'un ensemble 1 de deux cellules photovoltaïque C1, C2, pour chaque cellule C1, C2, la première zone 5 d'au moins une couche TCO 3, 4 a une face 41, dite interne, en contact avec au moins une face 30, 31 du substrat 2, et une face 42, dite externe, opposée à la face interne 41. De façon générale, les faces internes 41 des couches TCO 3, 4 sont disposées en contact avec le substrat 2. En d'autres termes, les faces externes 42 des couches TCO 3, 4 sont disposées à distance du substrat 2. Par ailleurs, la face externe 42 d'une couche TCO 3, 4 présente plusieurs paires de nervures 43, 44, chaque paire de nervures 43, 44 délimitant entre elles une rainure 45 où est disposée une deuxième zone 10 à 17. Par exemple, pour au moins une cellule photovoltaïque C1, C2, les deuxièmes zones 10 à 14 s'étendent longitudinalement selon respectivement des lignes

continues. Par exemple les lignes continues sont parallèles à la direction principale X. En variante, les deuxièmes zones 15 à 17 s'étendent longitudinalement selon respectivement des lignes discontinues. Par exemple les lignes discontinues sont parallèles à la direction principale X.

- [0078] Sur la [Fig.3], on a représenté un autre mode de réalisation d'une cellule photovoltaïque C1, C2 d'un ensemble 1, pour laquelle les deuxièmes zones 10 à 17 d'au moins une couche TCO 3, 4 sont disposées en contact avec au moins une face 30, 31 du substrat 2. En outre, la cellule photovoltaïque C1, C2 comprend plusieurs premières zones 5 disposées en contact avec la face 30, 31 du substrat 2. Dans ce mode de réalisation, on peut réaliser des deuxièmes zones 10 à 17 ayant une hauteur H1 supérieure ou égale à une hauteur H2 de la première zone 5. Préférentiellement, la hauteur H1 est strictement supérieure à la hauteur H2 de la première zone 5.
- [0079] Sur les figures 4 et 5, on a représenté un autre mode de réalisation d'une cellule photovoltaïque C1, C2, pour laquelle la première zone 5 d'au moins une couche TCO 3, 4 est sous forme d'une couche avantageusement continue, présentant une face interne 41 disposée en contact avec au moins une face 30, 31 du substrat 2, et une face externe 42 opposée à la face interne 41, disposée en contact avec les deuxièmes zones 10 à 17. En d'autres termes, les deuxièmes zones 10 à 17 sont déposées/formées en surface de la première zone 5 et plus particulièrement sur la face externe 42 de la première zone 5. Elles ne sont alors pas directement en contact avec la face interne 41 du substrat 2. Dans cet autre mode de réalisation, on peut recouvrir en partie la première zone 5 d'une couche diélectrique 61, de préférence transparente. En d'autres termes, la couche diélectrique 61 comprend plusieurs parties disposées entre deux deuxièmes zones 10 à 14 voisines. La couche diélectrique transparente 61 permet de limiter la réflexion de la lumière par la couche TCO 3, 4, en particulier par la première zone 5. En effet, lorsque la première zone 5 a une épaisseur H2 faible, c'est-à-dire une épaisseur inférieure ou égale à 30 nm, la réflexion de la lumière par la première zone 5 augmente. La couche diélectrique transparente 61 a une épaisseur H3 comprises entre 30 et 100 nanomètres. Ainsi, la couche diélectrique transparente 61 comprend plusieurs parties respectivement placées entre deux deuxièmes zones 10 à 17. Par exemple, la couche diélectrique transparente 61 peut comprendre du nitrure de silicium (SiN), d'oxyde de silicium (SiO) ou d'oxynitrure de silicium (SiOxNy), seul ou en combinaison. Avantageusement, la couche diélectrique transparente 61 a un indice optique proche de celui de la couche TCO 3, 4, par exemple un indice optique compris entre 1,8 et 2,1, de préférence entre 1,9 et 2.
- [0080] On peut noter que l'ensemble 1 qui vient d'être décrit permet de s'affranchir d'avoir à réaliser des doigts en argent sur une face 100, 101 d'une cellule photovoltaïque C1, C2 connectée électriquement à des éléments d'interconnexion 20,21. En d'autres

termes, on fournit un ensemble 1 dépourvu de lignes de métallisation supplémentaires connectant électriquement des éléments interconnexion 20, 21 avec une couche de TCO.

- [0081] Un exemple de procédé de fabrication de l'ensemble 1 tel que défini ci-avant va maintenant être décrit. Le procédé comprend les principales étapes suivantes :
- une fourniture d'au moins deux cellules photovoltaïques C1, C2 ; chaque cellule photovoltaïque C1, C2 comprenant un substrat 2 configuré pour photogénérer des porteurs de charges, et au moins une couche d'oxyde conducteur transparent 3, 4 comportant au moins une première zone 5 présentant un dopage configuré de sorte que ladite au moins une première zone 5 a une première conductivité électrique ; et
 - une formation de deuxièmes zones 10 à 17 présentant un dopage configuré de sorte que les deuxièmes zones 10 à 17 ont une deuxième conductivité électrique strictement supérieure à la première conductivité électrique, les deuxièmes zones 10 à 17 s'étendant longitudinalement selon respectivement des lignes parallèles à une direction principale X.
- [0082] Le procédé comprend, en outre, un dépôt d'au moins un élément d'interconnexion 20, 21 couplé électriquement avec les deuxièmes zones 10 à 17 de chaque cellule photovoltaïque C1, C2 pour les connecter électriquement entre elles. En particulier, au moins un élément d'interconnexion est déposé en s'étendant selon une direction inclinée par rapport à la direction principale X d'un angle compris entre 85° et 105°, de préférence à 90°.
- [0083] Par exemple, les éléments d'interconnexion 20, 21 peuvent être déposés sur la cellule C1, C2 à l'aide d'une feuille en polymère selon la technique SmartWire Connection Technology™ (SWCT).
- [0084] L'ensemble pour module photovoltaïque et le procédé de fabrication d'un tel ensemble permettent de réduire d'une façon très importante la consommation d'argent par cellule. En outre, un tel ensemble permet de s'affranchir d'utiliser une métallisation en argent pour chacune des cellules. Une telle suppression permettrait également d'augmenter la puissance des cellules grâce à une réduction de l'ombrage dû à la métallisation en argent, tels que des doigts, sur la face de la cellule photovoltaïque recevant la lumière.

Revendications

- [Revendication 1] Ensemble pour module photovoltaïque, comprenant au moins deux cellules photovoltaïques (C1, C2), caractérisé en ce que chaque cellule photovoltaïque (C1, C2) comprend :
- un substrat (2) configuré pour photo-générer des porteurs de charges, et
 - au moins une couche d'oxyde conducteur transparent (3, 4) comportant au moins une première zone (5) présentant une première conductivité électrique, et des deuxièmes zones (10 à 17) présentant une deuxième conductivité électrique strictement supérieure à la première conductivité électrique, les deuxièmes zones (10 à 17) s'étendant longitudinalement selon respectivement des lignes parallèles à une direction principale (X),
- l'ensemble comprenant au moins un élément d'interconnexion (20, 21) couplé électriquement avec les deuxièmes zones (10 à 17) de chacune desdites au moins deux cellules photovoltaïques (C1, C2) pour les connecter électriquement entre elles, ledit au moins un élément d'interconnexion (20, 21) s'étendant selon une direction perpendiculaire à la direction principale (X), chaque cellule photovoltaïque (C1, C2) étant dépourvue de ligne de métallisation supplémentaire connectant électriquement ledit au moins un élément d'interconnexion (20, 21) avec ladite au moins une couche d'oxyde conducteur transparent (3, 4).
- [Revendication 2] Ensemble selon la revendication 1, dans lequel au moins une cellule photovoltaïque (C1, C2) comprend des première et deuxième couches d'oxyde conducteur transparent (3, 4) disposées respectivement en contact avec des première et deuxième faces (30, 31) du substrat (2), la deuxième face (31) du substrat (2) étant située d'un côté opposé à celui de la première face (30).
- [Revendication 3] Ensemble selon l'une des revendications 1 à 2, dans lequel, pour au moins une cellule photovoltaïque (C1, C2), les deuxièmes zones (10 à 17) sont séparées d'une distance (40) supérieure ou égale à une largeur (39) d'au moins une deuxième zone (10 à 17), la largeur (39) étant mesurée selon une direction (Y) perpendiculaire à la direction principale (X).

- [Revendication 4] Ensemble selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel au moins une cellule photovoltaïque (C1, C2) est du type à hétérojonction dans laquelle le substrat (2) comprend un silicium cristallin et un silicium amorphe hydrogéné.
- [Revendication 5] Ensemble selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel, pour au moins une cellule photovoltaïque (C1, C2), ladite au moins une première zone (5) a une face (41), dite interne, en contact avec au moins une face (30, 31) du substrat (2), et une face (42), dite externe, opposée à la face interne (41), présentant plusieurs paires de nervures (43, 44), chaque paire de nervures (43, 44) délimitant entre elles une rainure (45) où est disposée une deuxième zone (10 à 17).
- [Revendication 6] Ensemble selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel, pour au moins une cellule photovoltaïque (C1, C2), les deuxièmes zones (10 à 17) sont disposées en contact avec au moins une face (30, 31) du substrat (2), et ladite au moins une cellule photovoltaïque (C1, C2) comprend plusieurs premières zones (5) disposées en contact avec ladite au moins une face (30, 31) du substrat (2).
- [Revendication 7] Ensemble selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel, pour au moins une cellule photovoltaïque (C1, C2), ladite au moins une première zone (5) a une face (41), dite interne, en contact avec au moins une face (30, 31) du substrat (2), et une face (42), dite externe, opposée à la face interne (41), en contact avec les deuxièmes zones (10 à 17).
- [Revendication 8] Ensemble selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel, pour au moins une cellule photovoltaïque (C1, C2), les deuxièmes zones (10 à 17) s'étendent longitudinalement selon respectivement des lignes continues.
- [Revendication 9] Ensemble selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel, pour au moins une cellule photovoltaïque (C1, C2), les deuxièmes zones (10 à 17) s'étendent longitudinalement selon respectivement des lignes discontinues.
- [Revendication 10] Ensemble selon l'une des revendications 1 à 9, dans lequel ledit au moins un élément d'interconnexion (20, 21) est en contact mécanique direct avec les deuxièmes zones (10 à 17) d'au moins une cellule photovoltaïque (C1, C2).
- [Revendication 11] Ensemble selon l'une des revendications 1 à 10, comprenant une couche diélectrique (61) recouvrant en partie la première zone (5).
- [Revendication 12] Ensemble selon l'une des revendications 1 à 9, dans lequel, pour au moins une cellule photovoltaïque (C1, C2), l'ensemble comprend des

plots métallisés (60), chaque plot métallisé (60) étant disposé en contact mécanique avec une deuxième zone (10 à 17) de ladite au moins une cellule photovoltaïque (C1, C2) et ledit au moins un élément d'interconnexion (20, 21).

- [Revendication 13] Ensemble selon l'une des revendications 1 à 12, dans lequel au moins une cellule photovoltaïque (C1, C2) est du type simple jonction comprenant une seule couche d'oxyde conducteur transparent (3).
- [Revendication 14] Ensemble selon l'une des revendications 1 à 13, dans lequel au moins une cellule photovoltaïque (C1, C2) est du type double jonction comprenant deux couches d'oxyde conducteur transparent (3, 4).
- [Revendication 15] Module photovoltaïque, comprenant au moins un ensemble selon l'une quelconque des revendications précédentes.
- [Revendication 16] Procédé de fabrication d'un ensemble pour module photovoltaïque selon l'une des revendications 1 à 14, comprenant :
- une fourniture d'au moins deux cellules photovoltaïques (C1, C2) ; chaque cellule photovoltaïque (C1, C2) comprenant :
 - un substrat (2) configuré pour photo-générer des porteurs de charges, et
 - au moins une couche d'oxyde conducteur transparent (3, 4) comportant au moins une première zone (5) présentant une première conductivité électrique, et
 - une formation de deuxièmes zones (10 à 17) présentant une deuxième conductivité électrique strictement supérieure à la première conductivité électrique, les deuxièmes zones (10 à 17) s'étendant longitudinalement selon respectivement des lignes parallèles à une direction principale (X), et
 - un dépôt d'au moins un élément d'interconnexion (20, 21) couplé électriquement avec les deuxièmes zones (10 à 17) de chacune desdites au moins deux cellules photovoltaïques (C1, C2) pour les connecter électriquement entre elles,

ledit au moins un élément d'interconnexion (20, 21) s'étendant selon une direction perpendiculaire à la direction principale (X), et chaque cellule photovoltaïque (C1, C2) étant dépourvue de ligne de métallisation supplémentaire connectant électriquement ledit au moins un élément d'interconnexion (20, 21) avec ladite au moins une couche d'oxyde conducteur transparent (3, 4).

[Fig. 1]

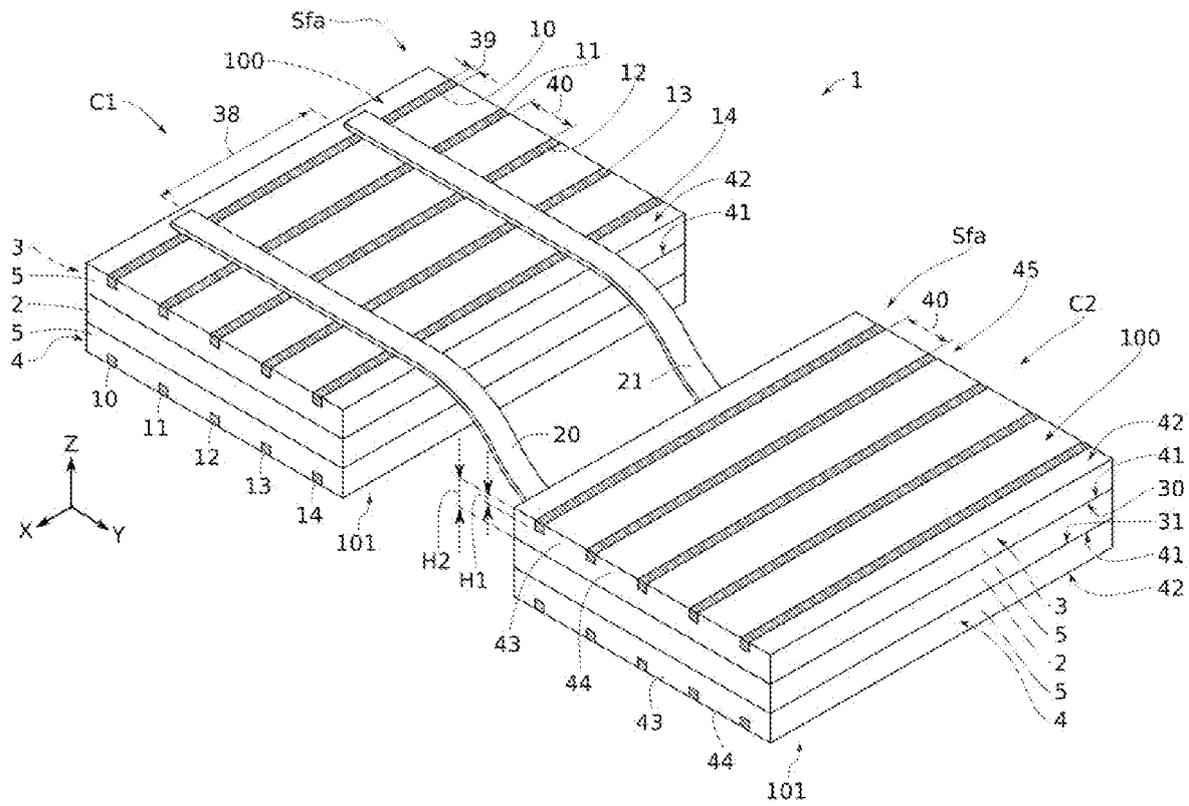


FIG. 1

[Fig. 2]

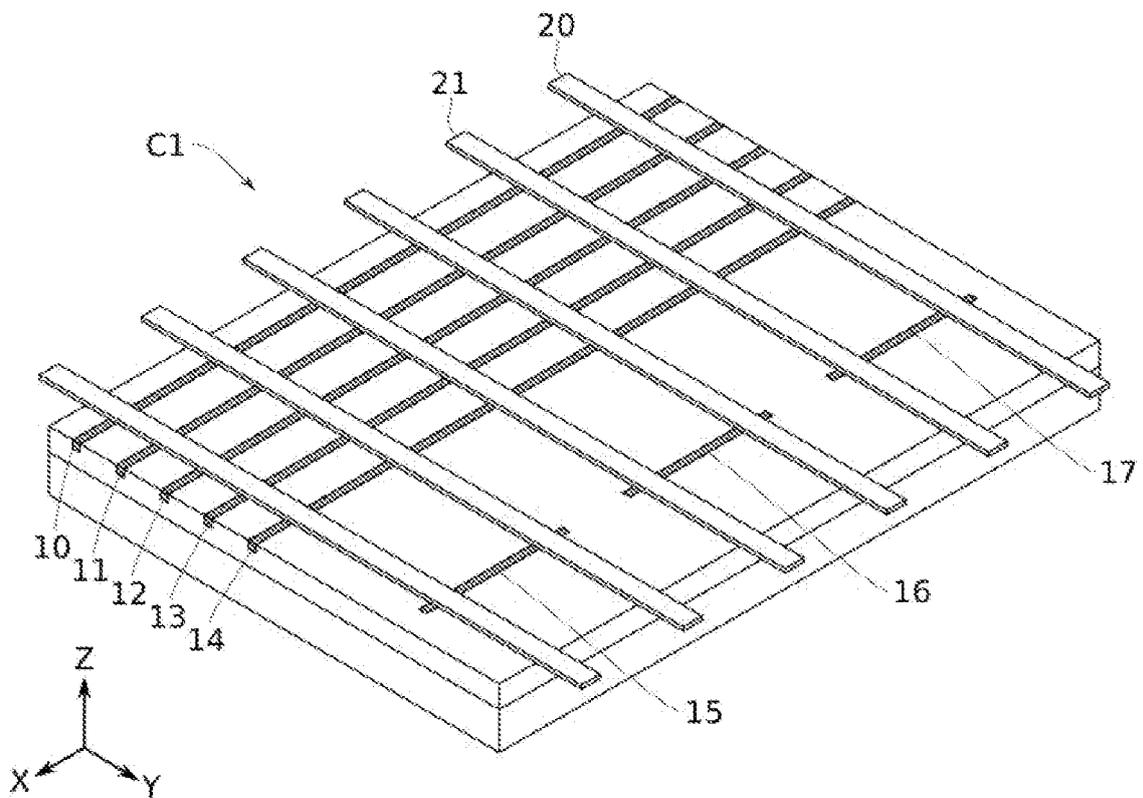


FIG. 2

[Fig. 3]

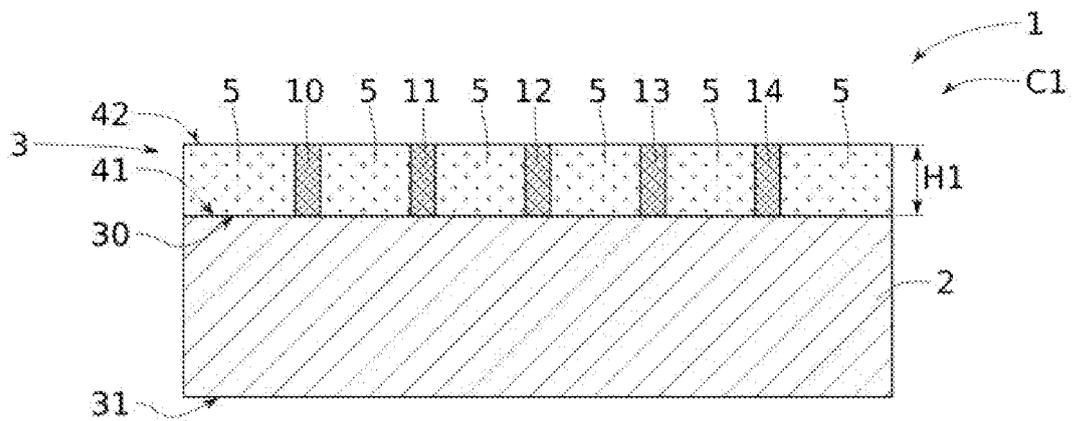


FIG. 3

[Fig. 4]

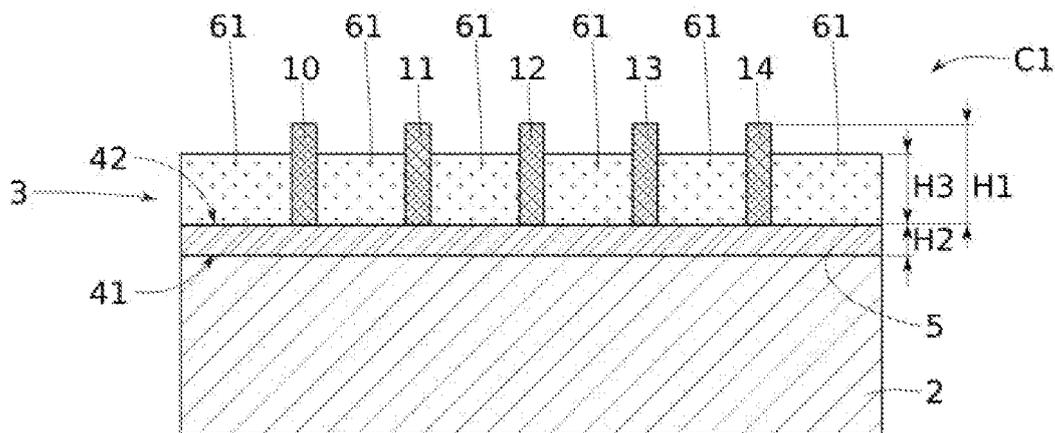


FIG. 4

[Fig. 5]

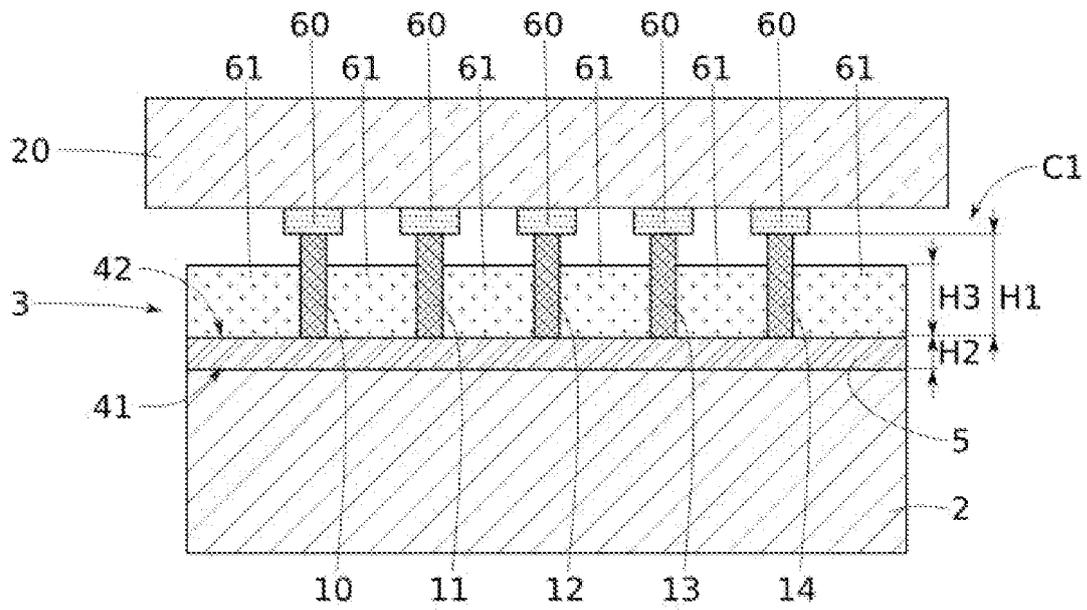


FIG. 5

[Fig. 6]

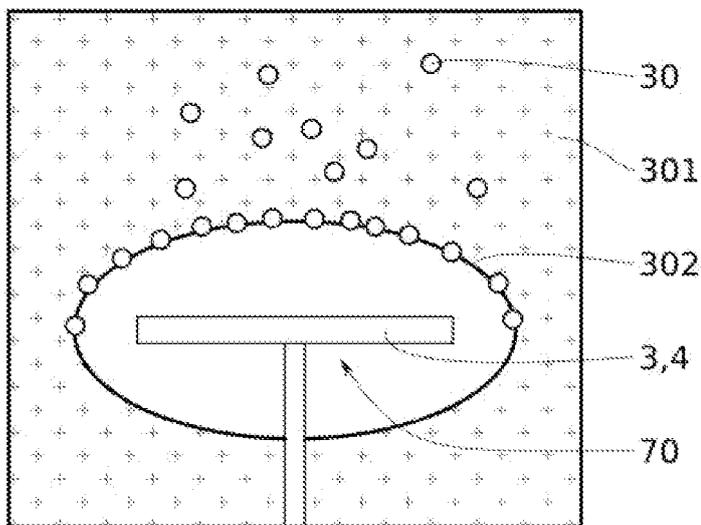


FIG. 6

[Fig. 7]

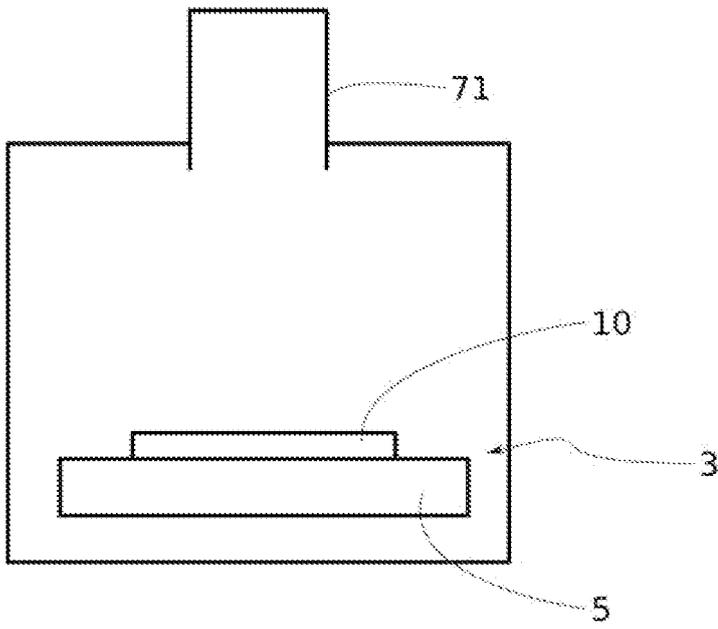


FIG. 7

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 913708
FR 2212594

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y	CN 114 068 735 A (REN JIAXIN) 18 février 2022 (2022-02-18) * alinéas [0028] - [0043]; figures 1-4 * -----	1-16	H02S40/36 H01L31/0465 H01L33/42 H01L31/0725
Y	WO 2012/046935 A1 (LG INNOTEK CO LTD [KR]; BAE DO WON [KR]; PAK HISUN [KR]) 12 avril 2012 (2012-04-12) * First embodiment; figures 1,2 * -----	1-16	
A	US 9 123 861 B2 (TSUDA YUKI [JP]; KONISHI HIROFUMI [JP] ET AL.) 1 septembre 2015 (2015-09-01) * First embodiment; figure 1 * -----	1-16	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H01L
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
14 juin 2023		Rodríguez-Gironés, M	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2212594 FA 913708**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **14-06-2023**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
CN 114068735	A	18-02-2022	AUCUN	

WO 2012046935	A1	12-04-2012	CN 103081120 A	01-05-2013
			EP 2506312 A1	03-10-2012
			JP 5775165 B2	09-09-2015
			JP 2013539241 A	17-10-2013
			KR 20120035756 A	16-04-2012
			US 2015059842 A1	05-03-2015
			WO 2012046935 A1	12-04-2012

US 9123861	B2	01-09-2015	JP 5710024 B2	30-04-2015
			JP WO2013094233 A1	27-04-2015
			US 2014322861 A1	30-10-2014
			WO 2013094233 A1	27-06-2013
