

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
25 juin 2020 (25.06.2020)



(10) Numéro de publication internationale
WO 2020/127896 A1

(51) Classification internationale des brevets :
H01L 31/18 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2019/086561

(22) Date de dépôt international :
20 décembre 2019 (20.12.2019)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1874013 21 décembre 2018 (21.12.2018) FR

(71) Déposants : COMMISSARIAT A L'ENERGIE
ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATI-
VES [FR/FR] ; 25 Rue Leblanc Bâtiment le Ponant
D, 75015 PARIS (FR). CENTRE NATIONAL DE

LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE [FR/FR] ; 3 rue
Michel-Ange, 75016 PARIS (FR). INSTITUT POLY-
TECHNIQUE DE GRENOBLE [FR/FR] ; 46 avenue Fé-
lix Viallet, 38000 GRENOBLE (FR).

(72) Inventeurs : GERENTON, Felix ; CEA GRENOBLE,
17, rue des Martyrs, 38054 GRENOBLE CEDEX 09 (FR).
NGUYEN, Viet Huong ; 9 avenue Marcellin Berthelot,
38100 GRENOBLE (FR). MUNOZ-ROJAS, David ; 25
rue des Martyrs, 38000 GRENOBLE (FR). HARRISON,
Samuel ; CEA GRENOBLE, 17, rue des Martyrs, 38054
GRENOBLE CEDEX 09 (FR). MUNOZ, Maria-Delfina
; CEA GRENOBLE, 17, rue des Martyrs, 38054 GRE-
NOBLE CEDEX 09 (FR).

(74) Mandataire : LEBKIRI, Alexandre ; Cabinet CAMUS
LEBKIRI, 25, rue de Maubeuge, 75009 PARIS (FR).

(54) Title: PROCESS FOR PASSIVATING PHOTOVOLTAIC CELLS AND PROCESS FOR PRODUCING PASSIVATED PHOTOVOLTAIC SUB-CELLS

(54) Titre : PROCÉDÉ DE PASSIVATION DE CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES ET PROCÉDÉ DE FABRICATION DE SOUS-CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES PASSIVÉES

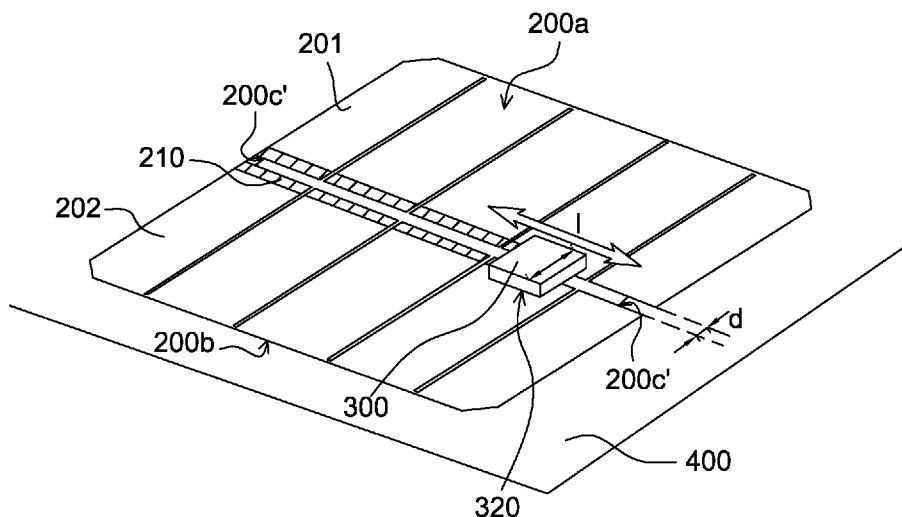


Fig.3

(57) Abstract: The invention relates to a process for passivating photovoltaic cells each comprising a front face (200a) for exposure to incident radiation, a back face (200b) opposite the front face and lateral surfaces connecting the front face and the back face, which process comprises the following steps: • - forming a group of photovoltaic cells (201, 202); • - forming a passivation layer (210) by means of simultaneous spatial atomic layer deposition on a plurality of the photovoltaic cells in the group, in such a way that the passivation layer covers at least one of the lateral surfaces (200c1) of each photovoltaic cell, less than 5% of the area of the front face (200a) of each photovoltaic cell and less than 5% of the area of the back face (200b) of each photovoltaic cell.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de passivation de cellules photovoltaïques comprenant chacune une face avant (200a) destinée à être exposée à un rayonnement incident, une face arrière (200b) opposée à la face avant et des surfaces latérales reliant la face

[Suite sur la page suivante]



WO 2020/127896 A1

(81) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

avant et la face arrière, procédé comprenant les étapes suivantes : • - former un groupe de cellules photovoltaïques (201, 202); • - former une couche de passivation (210) par dépôt spatial de couches atomiques simultanément sur plusieurs des cellules photovoltaïques du groupe, de telle façon que la couche de passivation recouvre au moins une des surfaces latérales (200c') de chaque cellule photovoltaïque, moins de 5 % de la superficie de la face avant (200a) de chaque cellule photovoltaïque et moins de 5 % de la superficie de la face arrière (200b) de chaque cellule photovoltaïque.

DESCRIPTION

TITRE : PROCÉDÉ DE PASSIVATION DE CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES ET PROCÉDÉ DE FABRICATION DE SOUS-CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES PASSIVÉES

5 **DOMAINE TECHNIQUE**

[0001] La présente invention est relative à la fabrication de cellules photovoltaïques. L'invention concerne plus particulièrement un procédé de passivation des surfaces latérales de cellules photovoltaïques entières ou de morceaux de cellules découpés dans des cellules photovoltaïques entières.

10 **ÉTAT DE LA TECHNIQUE**

[0002] Un module photovoltaïque comprend une multitude de cellules photovoltaïques identiques connectées en série et/ou en parallèle afin de fournir en sortie la tension et/ou le courant requis pour alimenter des dispositifs électriques. Le format de module le plus courant emploie 60 cellules carrées (ou « pseudo-carrées »),
15 de 156 mm de côté, réparties en six chaînes (« strings » en anglais) de dix cellules connectées en série. Les six chaînes de cellules photovoltaïques sont également connectées en série. La tension de circuit ouvert aux bornes du module est alors égale à 60 fois la tension de seuil d'une cellule photovoltaïque. Le courant électrique du module correspond approximativement au courant fourni par chaque cellule
20 photovoltaïque (en pratique, les cellules photovoltaïques n'ont pas exactement les mêmes performances et le courant électrique est limité par la cellule la moins performante du module).

[0003] Avec les dernières technologies de cellules photovoltaïques, notamment la technologie PERT (pour « Passivated Emitter and Rear Totally diffused » en anglais),
25 le courant d'une cellule monofaciale de 156 mm x 156 mm en superficie atteint des valeurs élevées, de l'ordre de 9 A pour une irradiance solaire de 1000 W/m². Ces valeurs de courant sont augmentées d'environ 20 % lorsqu'on utilise une cellule bifaciale, du fait du rayonnement solaire diffus capté en face arrière de la cellule. Ce fort courant électrique circule dans les éléments d'interconnexion entre les cellules du
30 module et occasionne des pertes résistives importantes.

[0004] Afin de réduire ces pertes résistives, une solution consiste à assembler des modules avec des cellules photovoltaïques de superficie plus faible, et donc de courant

plus faible. Ces cellules de plus faible superficie sont communément appelées « sous-cellules » et obtenues par découpage de cellules photovoltaïques de pleine taille (ex. 156 mm x 156 mm).

[0005] La découpe d'une cellule photovoltaïque crée de nouveaux bords qui, à la différence de la face avant et de la face arrière de la cellule, ne sont pas recouverts par des couches de passivation. Par ailleurs, la découpe (au laser par exemple) est susceptible de créer des défauts et d'introduire des impuretés à proximité du plan de coupe. Ces défauts et impuretés diminuent la durée de vie des porteurs de charge libres en agissant comme centres de recombinaison des paires électron-trou, ce qui se traduit par une diminution du rendement de la cellule. Ce phénomène est particulièrement prononcé pour les cellules photovoltaïques à hétérojonction (HET), qui possèdent par nature très peu de défauts de surface et où la création de quelques défauts localisés suffit à réduire les performances électriques de la cellule de manière significative.

[0006] Pour optimiser les performances des sous-cellules photovoltaïques, il est donc nécessaire de passiver également les bords nouvellement créés de ces sous-cellules.

[0007] La demande internationale WO2012/057823 décrit un procédé de découpe et de passivation d'un dispositif semi-conducteur, tel qu'une cellule photovoltaïque. Après découpe de la cellule photovoltaïque, une couche de passivation est déposée en couches atomiques (i.e. par ALD, « Atomic Layer Deposition » en anglais) sur la face supérieure et les parois latérales de la cellule découpée. Le matériau de la couche de passivation est par exemple de l'alumine (Al_2O_3) ou du dioxyde de silicium (SiO_2). Le dépôt en couches atomiques est suivi d'une étape de gravure ionique réactive (ou RIE, pour « Reactive Ion Etching » en anglais) afin d'éliminer l'excès de matériau en face supérieure de la cellule découpée et de limiter la couche de passivation aux parois latérales de la cellule. La découpe de la cellule photovoltaïque peut être réalisée en créant, avec un laser, un sillon à la surface de la cellule, puis en clivant mécaniquement la cellule à partir de ce sillon.

[0008] La technique de dépôt ALD permet d'obtenir un revêtement conforme et dense ayant de bonnes propriétés de passivation. Elle est toutefois lourde à mettre en œuvre, car le dépôt s'effectue dans un réacteur dont l'enceinte est mise sous vide partiel. En outre, l'enceinte du réacteur ne peut accueillir qu'un nombre limité de substrats semi-conducteurs.

[0009] Le procédé du document WO2012/057823 ne permet donc pas la passivation de cellules photovoltaïques avec une cadence de production qui soit compatible avec celle des autres étapes de fabrication de cellules photovoltaïques. Par ailleurs, l'étape de gravure RIE augmente le temps de fabrication d'une cellule photovoltaïque.

RÉSUMÉ DE L'INVENTION

[0010] Il existe donc un besoin de prévoir un procédé de passivation de cellules photovoltaïques ayant une cadence de production élevée, de façon à être compatible avec des exigences de production industrielle.

[0011] Selon un premier aspect de l'invention, on tend à satisfaire ce besoin en prévoyant un procédé de passivation de cellules photovoltaïques comprenant chacune une face avant destinée à être exposée à un rayonnement incident, une face arrière opposée à la face avant et des surfaces latérales reliant la face avant et la face arrière, ledit procédé comprenant les étapes suivantes :

- former un groupe de cellules photovoltaïques ;
- former une couche de passivation par dépôt spatial de couches atomiques simultanément sur plusieurs des cellules photovoltaïques du groupe, de telle façon que la couche de passivation recouvre au moins une des surfaces latérales de chaque cellule photovoltaïque, moins de 5 % de la superficie de la face avant de chaque cellule photovoltaïque et moins de 5 % de la superficie de la face arrière de chaque cellule photovoltaïque.

[0012] Contrairement au dépôt ALD classique (dit « temporel ») qui affecte toute la surface d'une cellule photovoltaïque (en l'absence de masque), la technique du dépôt spatial de couches atomiques ou SALD (pour « Spatial Atomic Layer Deposition » en anglais) permet de localiser le dépôt d'un matériau de passivation au voisinage d'un bord seulement de la cellule. Grâce à cette technique, les surfaces latérales de plusieurs cellules photovoltaïques peuvent être passivées simultanément en les rapprochant les unes des autres, tout en évitant une étape de gravure supplémentaire du matériau de passivation en dehors des surfaces latérales. La technique SALD permet en outre un dépôt à pression atmosphérique et à une cadence élevée, ce qui contribue à la réduction du coût de production des cellules photovoltaïques.

[0013] L'absence de couche de passivation sur la totalité de la face avant et/ou la face arrière des cellules photovoltaïques facilite l'étape d'interconnexion ultérieure des cellules photovoltaïques. En effet, les cellules photovoltaïques comprennent en face avant et/ou en face arrière des métallisations (ex. doigts de collecte, busbars) sur lesquelles sont soudées ou collées des éléments d'interconnexion (rubans, fils...). Il est préférable de ne pas recouvrir ces métallisations avec la couche de passivation pour ne pas perturber le collage ou la soudure des éléments d'interconnexion.

[0014] Dans un premier mode de mise en œuvre du procédé de passivation, le groupe de cellules photovoltaïques comprend des première et deuxième cellules photovoltaïques espacées l'une de l'autre et reposant sur l'une de leurs faces avant et arrière, l'une des surfaces latérales de la première cellule photovoltaïque faisant face à l'une des surfaces latérales de la deuxième cellule photovoltaïque.

[0015] Selon un développement de ce premier mode de mise en œuvre, la couche de passivation est déposée simultanément sur les première et deuxième cellules photovoltaïques au moyen d'une tête de distribution de gaz, la tête de distribution de gaz présentant une surface de sortie des gaz de largeur supérieure ou égale à la distance séparant les première et deuxième cellules photovoltaïques.

[0016] De préférence, le groupe de cellules photovoltaïques comprend une pluralité de cellules photovoltaïques empilées les unes sur les autres.

[0017] Dans un deuxième mode de mise en œuvre du procédé de passivation, les cellules photovoltaïques du groupe forment une seule pile et reposent sur une de leurs surfaces latérales ou sur l'une de leurs faces avant et arrière.

[0018] Selon un développement de ce deuxième mode de mise en œuvre, la couche de passivation est formée simultanément sur toutes les cellules photovoltaïques du groupe au moyen d'une tête de distribution de gaz, la tête de distribution de gaz comprenant une surface de sortie des gaz de largeur supérieure ou égale à la hauteur de la pile.

[0019] Dans un troisième mode de mise en œuvre du procédé de passivation, les cellules photovoltaïques du groupe forment deux piles disposées en regard l'une de l'autre et reposent sur l'une de leurs faces avant et arrière.

[0020] Selon un développement de ce troisième mode de mise en œuvre, la couche de passivation est formée simultanément sur toutes les cellules photovoltaïques du groupe au moyen d'une tête de distribution de gaz, la tête de distribution de gaz étant positionnée entre les deux piles et comprenant deux surfaces

de sortie des gaz opposées de largeur supérieure ou égale à la hauteur de chaque pile.

[0021] Le procédé de passivation selon le premier aspect de l'invention peut également présenter une ou plusieurs des caractéristiques ci-dessous, considérées

individuellement ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles :

- la couche de passivation est formée d'alumine (Al_2O_3), de dioxyde de silicium (SiO_2), de nitrure de silicium (Si_3N_4) ou de nitrure de silicium amorphe hydrogéné ($\text{a-Si}_x\text{N}_y:\text{H}$) ;
- le nombre de cellules photovoltaïques dans chaque pile est supérieur ou égal à 100.

[0022] Un deuxième aspect de l'invention concerne un procédé de fabrication de sous-cellules photovoltaïques passivées, comprenant les étapes suivantes :

- fournir des cellules photovoltaïques comprenant chacune une face avant destinée à être exposée à un rayonnement incident et une face arrière opposée à la face avant ;
- découper les cellules photovoltaïques pour former une pluralité de sous-cellules photovoltaïques, chaque sous-cellule photovoltaïque comprenant une face avant destinée à être exposée au rayonnement incident, une face arrière opposée à la face avant et des surfaces latérales reliant les faces avant et arrière de la sous-cellule photovoltaïque, au moins une des surfaces latérales, dite additionnelle, résultant du découpage d'une cellule photovoltaïque ;
- recouvrir d'une couche de passivation au moins une surface latérale additionnelle des sous-cellules photovoltaïques, en suivant un procédé de passivation tel que décrit ci-dessus.

[0023] Dans un mode de mise en œuvre préférentiel de ce procédé de fabrication, le découpage de chaque cellule photovoltaïque comprend une étape d'exposition d'une des faces avant et arrière de la cellule photovoltaïque à un laser pour former une tranchée et une étape de clivage mécanique de la cellule photovoltaïque à partir de la tranchée.

[0024] De préférence, la couche de passivation recouvre en outre au moins une bande de la face exposée par le laser, ladite au moins une bande étant contigüe à ladite au moins une surface latérale additionnelle et représentant moins de 5 % de la superficie de la face exposée par le laser.

[0025] Les cellules photovoltaïques sont par exemple découpées en demi-cellules ou en sous-unités de superficie inférieure à celle d'une demi-cellule.

BRÈVE DESCRIPTION DES FIGURES

[0026] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront clairement de la description qui en est donnée ci-dessous, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux figures annexées, parmi lesquelles :

[0027] [Fig 1A] illustre une étape d'un procédé de fabrication de sous-cellules photovoltaïques.

[0028] [Fig 1B] illustre une étape d'un procédé de fabrication de sous-cellules photovoltaïques.

[0029] [Fig 1C] illustre une étape d'un procédé de fabrication de sous-cellules photovoltaïques.

[0030] [Fig 2] représente une tête de dépôt SALD permettant de passiver un bord découpé d'une sous-cellule.

[0031] [Fig 3] représente un premier mode de mise en œuvre d'un procédé de passivation de cellules photovoltaïques selon l'invention.

[0032] [Fig 4] représente un deuxième mode de mise en œuvre du procédé de passivation selon l'invention.

[0033] [Fig 5] représente un troisième mode de mise en œuvre du procédé de passivation selon l'invention.

[0034] [Fig 6] représente une tête de dépôt SALD conçue pour passiver simultanément deux piles de cellules photovoltaïques.

[0035] Pour plus de clarté, les éléments identiques ou similaires sont repérés par des signes de référence identiques sur l'ensemble des figures.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE D'AU MOINS UN MODE DE RÉALISATION

[0036] Les figures 1A à 1C représentent un mode de mise en œuvre préférentiel d'un procédé de fabrication de sous-cellules photovoltaïques. Une sous-cellule photovoltaïque désigne ici une portion ou un morceau d'une cellule photovoltaïque de pleine taille, aussi qualifiée de cellule photovoltaïque « entière ». Les sous-cellules photovoltaïques sont par exemple destinées à la fabrication de modules photovoltaïques ayant des pertes résistives faibles comparées à celles des modules photovoltaïques classiques (composés de cellules photovoltaïques entières).

[0037] Ce procédé de fabrication comprend une étape S1 consistant à découper des cellules photovoltaïques 100 de pleine taille en une pluralité de sous-cellules 200 (cf. Figs.1A-1B) et une étape S2 de passivation des sous-cellules 200 (cf. Fig.1C). Dans un souci de clarté, seule une cellule photovoltaïque 100 et une sous-cellule 200 ont été représentées (en vue de coupe) sur les figures 1A et 1C respectivement.

[0038] Les cellules photovoltaïques 100 ont été préalablement fabriquées à partir de substrats semi-conducteurs, par exemple en silicium cristallin. Ces substrats ont été initialement découpés dans un lingot de silicium, puis ont été soumis à plusieurs étapes de fabrication (par exemple des étapes de structuration de surface, dopage, recuit, passivation, sérigraphie...), mais aucune autre étape de découpage.

[0039] Les cellules photovoltaïques 100 comprennent chacune une face avant 100a destinée à être exposée au rayonnement solaire incident, une face arrière 100b opposée à la face avant 100a et des parois latérales 100c reliant la face avant 100a et la face arrière 100b. Vues de face (avant ou arrière), les cellules photovoltaïques 100 ont de préférence une forme carrée ou pseudo-carrée. Dans le format pseudo-carré, les quatre coins des cellules photovoltaïques 100 sont tronqués ou arrondis. Les dimensions de la face avant 100a et de la face arrière 100b sont généralement standardisées, par exemple 156 mm x 156 mm.

[0040] Les cellules photovoltaïques 100 peuvent être des cellules monofaciales ou bifaciales. Dans une cellule monofaciale, seule la face avant 100a de la cellule capte le rayonnement solaire. Dans une cellule bifaciale, les deux faces 100a-100b de la cellule captent le rayonnement solaire. La face avant 100a est alors celle permettant d'obtenir le maximum de courant électrique lorsqu'elle est tournée vers le soleil.

[0041] De préférence, les cellules photovoltaïques 100 sont prêtes à être interconnectées en une chaîne de cellules. Elles sont munies en face avant 100a et/ou en face arrière 100b d'une ou plusieurs métallisations 110 destinées à collecter les porteurs de charge photogénérés et à recevoir des éléments d'interconnexion, par exemple des fils ou rubans métalliques. Les métallisations 110 sont de préférence des pistes électriquement conductrices appelées « busbars ». Les busbars 110 peuvent relier électriquement des doigts de collecte (non représentés sur la figure 1A) répartis sur toute la superficie des faces avant 100a et/ou arrière 100b. La face arrière 100b des cellules photovoltaïques 100 peut aussi être entièrement métallisée. Dans une variante de mise en œuvre, les cellules photovoltaïques 100 sont dépourvues de busbars 110 mais comportent uniquement des doigts de collecte.

[0042] La face avant 100a et la face arrière 100b de chaque cellule photovoltaïque 100 présentent avantageusement une couche de passivation 120. Cette couche de passivation 120 rend inactifs les défauts de surface de la cellule photovoltaïque 100 et améliore la durée de vie des porteurs de charge photogénérés.

5 De préférence, la couche de passivation 120 recouvre également les surfaces latérales 100c de la cellule photovoltaïque 100.

[0043] Dans ce mode de mise en œuvre préférentiel, le découpage de chaque cellule photovoltaïque 100 s'effectue en deux opérations successives F1 et F2, illustrées respectivement par les figures 1A et 1B.

10 [0044] L'opération F1 est une opération dite d'amorçage de la découpe qui consiste à exposer l'une des faces avant et arrière de la cellule photovoltaïque 100 (la face avant 100a dans l'exemple de la figure 1A) à un laser 130 afin de former une tranchée 140. La profondeur de la tranchée 140 est strictement inférieure à l'épaisseur de la cellule photovoltaïque 100. La profondeur de la tranchée 140 est de préférence
15 comprise entre 50 μm et 150 μm , alors que l'épaisseur de la cellule photovoltaïque 100 est typiquement comprise entre 150 μm et 200 μm .

[0045] Pour limiter l'endommagement de la cellule de part et d'autre de la tranchée 140, le laser 130 est avantageusement pulsé, les impulsions ayant une durée comprise entre 10^{-6} s et 10^{-15} s.

20 [0046] La formation de la tranchée 140 au moyen du laser 130 crée une zone de fragilité qui facilite le clivage mécanique de la cellule, lors de l'opération F2 (cf. Fig.1B). Le clivage mécanique s'effectue dans le plan de la tranchée 140, au départ de celle-ci, de préférence en exerçant des forces identiques de part et d'autre de la tranchée 140.

25 [0047] Les cellules photovoltaïques 100 sont de préférence découpées en deux (cf. Fig.1B), quatre ou six sous-cellules 200 de même superficie. Les sous-cellules 200 sont alors des demi-cellules, des quarts de cellule ou des sixièmes de cellule. La découpe des cellules photovoltaïques 100 peut être entièrement automatisée grâce à un équipement spécifique, tel que celui décrit dans la demande de
30 brevet CN203659909.

[0048] Chaque sous-cellule 200 comprend une face avant 200a et une face arrière 200b, correspondant respectivement à une partie de la face avant 100a et à une partie de la face arrière 100b de la cellule photovoltaïque 100 dont la sous-cellule 200 est originaire. Chaque sous-cellule 200 peut en outre présenter une ou

plusieurs surfaces latérales 200c correspondant chacune à tout ou partie d'une surface latérale 100c de la cellule photovoltaïque 100. La face avant 200a, la face arrière 200b et les surfaces latérales 200c des sous-cellules 200 sont donc avantageusement recouvertes de la couche de passivation 120.

5 [0049] À l'instar des cellules photovoltaïques 100, les sous-cellules 200 sont prêtes à être interconnectées. Une partie des métallisations 110 de la cellule photovoltaïque 100 est présente en face avant et/ou en face arrière de chaque sous-cellule 200.

[0050] Chaque sous-cellule 200 comprend également une ou plusieurs surfaces
10 latérales additionnelles 200c' résultant du découpage de la cellule photovoltaïque 100. Ces surfaces latérales additionnelles 200c' constituent des zones où le matériau semi-conducteur (ex. silicium) a été mis à nu. Autrement dit, ces surfaces latérales additionnelles 200c' sont dépourvues de couche de passivation, à la différence de la face avant 200a, de la face arrière 200b et des (éventuelles) autres surfaces
15 latérales 200c de la sous-cellule 200. Par exemple, lorsqu'une cellule photovoltaïque 100 est découpée en quatre bandes de cellule parallèles, deux bandes de cellule présentent deux bords parallèles non passivés, et deux autres bandes de cellule présentent un seul bord non passivé.

[0051] En référence à la figure 1C, le procédé de fabrication comprend ensuite une
20 étape S2 de passivation d'au moins un bord découpé des sous-cellules 200, et de préférence de tous les bords découpés. Cette étape vise à neutraliser les défauts de la surface latérale additionnelle 200c' correspondant audit bord découpé, et de préférence de toutes les surfaces latérales additionnelles 200c'. Ainsi, il est possible de limiter la diminution du rendement photovoltaïque des sous-cellules 200 qui est liée
25 à la génération de nouveau(x) bord(s) par découpage.

[0052] Lors de l'étape S2, une couche de passivation 210 est formée par dépôt spatial de couches atomiques ou SALD (pour « Spatial Atomic Layer Deposition » en anglais) sur au moins une surface latérale additionnelle 200c' des sous-cellules 200.

[0053] La technique de dépôt spatial de couches atomiques (SALD) est une
30 variante de la technique de dépôt de couches atomiques ALD classique (dite « temporelle »). Dans cette variante, les différents gaz précurseurs sont séparés dans l'espace plutôt que dans le temps. Les gaz précurseurs sont acheminés en continu vers des régions différentes du substrat sur lequel on souhaite déposer une ou plusieurs couches atomiques. Les flux de gaz précurseurs sont séparés deux à deux

par un rideau de gaz inerte ou une aspiration générée par une pompe à vide. Une couche atomique est formée sur une zone du substrat en exposant cette zone au flux d'un premier précurseur, qui réagit avec les terminaisons et forme une monocouche contenant d'autres terminaisons (groupes réactifs) sur lesquels les molécules d'un deuxième précurseur peuvent réagir en formant une liaison chimique. De préférence, le premier précurseur contient du silicium ou un métal, tel que l'aluminium, et le deuxième précurseur contient de l'oxygène.

[0054] La technique SALD permet d'effectuer un dépôt de couches minces à pression atmosphérique et sans enceinte de confinement. Elle est donc plus simple à mettre en œuvre que la technique ALD classique. Par ailleurs, la vitesse de dépôt est augmentée de plusieurs ordres de grandeur par rapport à la technique ALD classique. La technique SALD présente ainsi de nombreux avantages, particulièrement appréciables dans le cadre de la fabrication de cellules solaires où une cadence de production élevée et une réduction des coûts de production sont recherchées.

[0055] L'étape de dépôt S2 par SALD est avantageusement accomplie à l'aide d'une tête de dépôt dimensionnée de sorte que le dépôt des couches de passivation soit localisé sur une partie seulement des sous-cellules 200. Les dimensions de la tête de dépôt sont de préférence inférieures à celles des sous-cellules 200, par exemple inférieures à 60 mm.

[0056] La figure 2 représente à titre d'exemple une tête de dépôt SALD 300 permettant de déposer la couche de passivation 210 sur une sous-cellule 200. La tête de dépôt 300 comprend un premier conduit d'entrée 311 transportant le premier gaz précurseur, un deuxième conduit d'entrée 312 transportant le gaz inerte et un troisième conduit d'entrée 313 transportant le deuxième gaz précurseur. Des canaux de distribution (non représentés sur la figure 2) acheminent les gaz depuis les conduits d'entrée 311-313 vers une surface de sortie des gaz 320. La surface de sortie des gaz 320 délivre des flux de premier gaz précurseur 331 en alternance avec des flux de deuxième gaz précurseur 332 et des flux de gaz neutre 333 entre les flux de gaz précurseur 331-332.

[0057] La tête de dépôt 300 est placée à faible distance (typiquement inférieure à 1 mm) de la sous-cellule 200 et se déplace de façon relative par rapport à la sous-cellule 200, de façon à déposer successivement plusieurs couches monoatomiques sur la sous-cellule 200. L'ensemble des couches monoatomiques forme la couche de passivation 210. L'épaisseur de la couche de passivation 210 varie en fonction du

nombre de couches monoatomiques déposées. Elle est de préférence comprise entre 10 nm et 100 nm. La sous-cellule 200 peut être placée sur un support mobile (non représenté) qui se déplace sous les flux de gaz émis par la tête de dépôt 300. La tête de dépôt 300 est alors avantageusement immobile. Alternativement, la tête de dépôt 300 est mobile et se déplace le long du bord à passiver de la sous-cellule 200, qui reste immobile. La sous-cellule 200 et la tête de dépôt 300 peuvent être également toutes les deux mobiles. La sous-cellule 200 peut être chauffée à une température comprise entre 25 °C et 300 °C pendant l'étape de dépôt S2, afin de garantir une vitesse de dépôt constante. Le dépôt par SALD peut également être assisté par plasma (comme réalisé classiquement avec la technique PECVD ou PEALD).

[0058] Le matériau de la couche de passivation est par exemple de l'alumine (Al_2O_3), du dioxyde de silicium (SiO_2), de nitrure de silicium (Si_3N_4) ou de nitrure de silicium amorphe hydrogéné ($\text{a-Si}_x\text{N}_y\text{:H}$).

[0059] Comme illustré sur la figure 1C, les conditions du dépôt (telles que la position de la tête de dépôt 300 par rapport à la sous-cellule 200, les débits de gaz, la concentration des précurseurs et la température) et les dimensions de la tête d'injection sont avantageusement choisies de façon à ce que la couche de passivation 210 recouvre en outre une bande 200d de la face impactée par le laser (la face avant 200a dans l'exemple des figures 1A-1C). Cette bande est contiguë à la surface latérale additionnelle 200c' recouverte par la couche de passivation 210. Ainsi, les défauts créés par le laser en face avant ou arrière des sous-cellules 200, au voisinage des bords découpés, peuvent être neutralisés au même titre que les défauts présents sur la surface latérale additionnelle 200c'.

[0060] Le dépôt de la couche de passivation 210 sur la face impactée par le laser et sur la surface latérale 200c' est avantageusement réalisé en une seule fois (la technique SALD bénéficiant d'aussi bonnes performances que l'ALD en termes de conformité du dépôt).

[0061] Lorsque la sous-cellule 200 comprend plusieurs surfaces latérales additionnelles 200c' et que plusieurs d'entre elles sont passivées par SALD à l'étape S2, la couche de passivation 210 recouvre avantageusement plusieurs bandes 200d de la face impactée par le laser, chaque bande 200d étant contiguë à l'une des surfaces latérales additionnelles 200c' passivées.

[0062] L'ensemble des bandes 200d recouvertes par la couche de passivation 210 représente moins de 5 % de la superficie de la face exposée par le laser. Autrement

dit, les métallisations 110 présentes sur cette face ne sont pratiquement pas recouvertes de la couche de passivation 210. En conséquence, l'étape ultérieure d'interconnexion des sous-cellules 200 (dans le but de former des chaînes de sous-cellules, puis des modules photovoltaïques) n'est pas complexifiée. Ceci permet également de n'exclure aucune technique d'interconnexion. Les techniques d'interconnexion par collage ou par soudage, avec des rubans ou des fils, peuvent être toutes employées à la suite du procédé des figures 1A-1C.

[0063] Les sous-cellules 200 peuvent être passivées une par une, c'est-à-dire successivement. Toutefois, dans un mode de mise en œuvre préférentiel de l'étape S2, plusieurs sous-cellules 200 sont passivées simultanément. La technique SALD permet en effet de déposer (localement) un matériau de passivation sur plusieurs sous-cellules 200 simultanément.

[0064] Un procédé de passivation de cellules photovoltaïques par SALD a par ailleurs été développé dans le but d'offrir une cadence de production élevée et d'optimiser la consommation des gaz précurseurs.

[0065] Dans ce procédé de passivation, plusieurs cellules photovoltaïques sont rassemblées pour former un groupe de cellules. Les surfaces latérales à passiver appartenant aux différentes cellules du groupe peuvent être placées à une distance proche les unes des autres, typiquement à une distance inférieure à 5 mm, de préférence inférieure à 1 mm, et même juxtaposées. Puis, une tête de dépôt SALD se déplace de façon relative par rapport aux cellules photovoltaïques de façon à former une couche de passivation simultanément sur plusieurs des cellules photovoltaïques du groupe, et de préférence sur toutes les cellules photovoltaïques du groupe. Les conditions du dépôt sont telles que la couche de passivation recouvre au moins une des surfaces latérales de chaque cellule photovoltaïque, moins de 5 % de la superficie de la face avant de chaque cellule photovoltaïque et moins de 5 % de la superficie de la face arrière de chaque cellule photovoltaïque.

[0066] Dans un mode de mise en œuvre du procédé de passivation, la couche de passivation ne s'étend pas sur les faces avant et arrière des cellules photovoltaïques, mais uniquement les surfaces latérales des cellules photovoltaïques.

[0067] Le procédé de passivation est applicable quelles que soient les dimensions des cellules photovoltaïques. En particulier, il est applicable aussi bien à des cellules photovoltaïques de pleine taille (ex. 156 mm x 156 mm) qu'à des morceaux de cellules (ou sous-cellules) obtenus par découpage. Ce procédé est donc avantageusement

mis en œuvre à l'étape S2 du procédé de fabrication de sous-cellules (décrit ci-dessus en relation avec les figures 1A-1C).

[0068] Plusieurs modes de mise en œuvre du procédé de passivation de cellules photovoltaïques sont décrits ci-après en relation avec les figures 3 à 5. Ces modes de mise en œuvre prennent pour exemple des sous-cellules (200, 201, 202), ayant chacune un bord découpé, c'est-à-dire une surface latérale additionnelle 200c' à passiver (cas des demi-cellules).

[0069] La figure 3 illustre un premier mode de mise en œuvre du procédé de passivation, dans lequel une première sous-cellule 201 et une deuxième sous-cellule 202 sont disposées à plat sur un support 400, qui peut être mobile ou immobile. La bande (ou le tapis) d'un convoyeur constitue un exemple de support mobile. Les sous-cellules 201 et 202 reposent ainsi sur l'une de leurs faces avant et arrière, aussi appelées faces principales, par exemple la face arrière 200b. Les sous-cellules 201 et 202 sont espacées l'une de l'autre, de préférence d'une distance d comprise entre 1 mm et 5 mm. La surface latérale additionnelle 200c' de la première sous-cellule 201 fait face à la surface latérale additionnelle 200c' de la deuxième sous-cellule 202. Les bords découpés des sous-cellules 201 et 202 sont de préférence rectilignes et parallèles entre eux. La distance d est alors constante sur toute la longueur des bords découpés.

[0070] Une tête de dépôt SALD 300 est positionnée au-dessus de l'interstice entre les sous-cellules 201-202 et se déplace (de façon relative par rapport au support 400 des sous-cellules) le long des bords découpés des sous-cellules 201-202. La tête de dépôt 300 recouvre ainsi simultanément les deux surfaces latérales additionnelles 200c' de la couche de passivation 210. La surface de sortie des gaz 320 de la tête de dépôt 300 présente une largeur l supérieure ou égale à la distance d séparant les sous-cellules 201 et 202. La largeur l et la distance d sont mesurées perpendiculairement aux bords découpés des sous-cellules 201 et 202 dans un plan parallèle aux faces avant et arrière 200a-200b.

[0071] La largeur l de la surface de sortie des gaz 320 est de préférence supérieure à la distance d entre les sous-cellules 201 et 202, de sorte que la couche de passivation 210 recouvre en outre une bande 200d de l'autre des faces principales, ici la face avant 200a. La face avant 200a est par exemple la face principale des sous-cellules 201-202 ayant été exposée à un laser.

[0072] Dans les deux modes de mise en œuvre suivants, représentés par les figures 4 et 5, des sous-cellules 200 sont empilées les unes sur les autres. Les sous-cellules 200 sont de préférence empilées en plaquant leurs faces principales, par exemple face avant 200a contre face arrière 200b. De façon alternative, des cales peuvent être disposées entre les sous-cellules 200.

[0073] Sur la figure 4, les sous-cellules 200 ne forment qu'une seule pile 500 et reposent sur la tranche, c'est-à-dire sur l'une de leurs surfaces latérales. Elles sont donc disposées verticalement sur le support 400, plutôt qu'à plat (cf. Fig.3). La tête de dépôt 300 se déplace (de façon relative par rapport aux sous-cellules) le long d'un bord découpé des sous-cellules 200, la surface de sortie des gaz 320 étant tournée vers les surfaces latérales additionnelles 200c' à passiver. Ces surfaces latérales additionnelles 200c' sont de préférence opposées aux surfaces latérales sur lesquelles reposent les sous-cellules 200. Les sous-cellules 200 ayant généralement un format rectangulaire, la surface de sortie des gaz 320 est de préférence orientée parallèlement au support 400.

[0074] Dans une variante de mise en œuvre, les sous-cellules 200 ne forment qu'une seule pile 500 et reposent, à plat, sur l'une de leurs faces principales (avant ou arrière). Une telle disposition peut notamment faciliter le chauffage des sous-cellules 200. La surface de sortie des gaz 320 est alors orientée perpendiculairement au support 400 (plutôt que parallèlement).

[0075] La largeur l de la surface de sortie des gaz 320 est avantageusement supérieure ou égale à la hauteur h de la pile 500. Ainsi, la couche de passivation est déposée simultanément sur toutes les sous-cellules 200 de la pile 500. La tête de dépôt 300 n'a alors besoin de se déplacer que dans une seule direction D, parallèlement aux bords découpés des sous-cellules. L'équipement de dépôt peut ainsi être simplifié.

[0076] Dans le mode de mise en œuvre de la figure 5, les sous-cellules 200 forment des première et deuxième piles 501-502 et reposent, à plat, sur l'une de leurs faces principales (avant ou arrière). Les piles 501-502 sont disposées en regard l'une de l'autre sur le support 400. Les surfaces latérales additionnelles 200c' de la première pile 501 font face aux surfaces latérales additionnelles 200c' de la deuxième pile 502. Une tête de dépôt SALD 600 se déplace (de façon relative par rapport aux piles de sous-cellules 501-502) entre les deux piles 501-502, espacées d'une distance d' comprise avantageusement entre 30 mm et 50 mm. Cette tête de dépôt 600 est

configurée pour former simultanément une couche de passivation 210 sur plusieurs sous-cellules appartenant aux deux piles 501-502.

[0077] La figure 6 montre en détail la tête de dépôt 600 utilisée dans le mode de mise en œuvre de la figure 5. La tête de dépôt 600 diffère de la tête de dépôt 300 illustrée sur la figure 2 en ce qu'elle comporte deux surfaces de sortie des gaz 321-322 opposées, au lieu d'une seule. De préférence, la tête de dépôt 600 comprend un dispositif d'obturation permettant de couper les flux de gaz délivrés par l'une des deux surfaces de sortie 321-322, afin de réaliser si besoin le dépôt sur une seule pile de sous-cellules 200.

[0078] La largeur l des surfaces de sortie des gaz 321-322 est avantageusement supérieure ou égale à la hauteur h de chacune des piles 501-502. Ainsi, la couche de passivation est formée simultanément sur toutes les sous-cellules 200 des deux piles 501-502. La tête de dépôt 600 n'a alors besoin de se déplacer que dans une seule direction D , parallèlement aux bords découpés des sous-cellules 200.

[0079] La largeur l des surfaces de sortie de gaz 320, 321, 322 et la hauteur h des piles 500, 501, 502 (cf. Figs.4-6) sont mesurées perpendiculairement aux faces principales 200a-200b des sous-cellules 200 (comme l'épaisseur des sous-cellules), quelle que soit l'orientation des sous-cellules 200 par rapport au support 400.

[0080] Une partie de la face avant 200a et de la face arrière 200b des sous-cellules 200 peut être recouverte de la couche de passivation dans les modes de mise en œuvre des figures 4 et 5, même lorsque les sous-cellules 200 sont plaquées les unes contre les autres. En effet, suivant les conditions de dépôt (débits de gaz notamment), les gaz précurseurs peuvent diffuser sur une certaine distance vers l'intérieur des faces avant et arrière car celles-ci ne sont pas parfaitement planes. Pour ne pas gêner l'étape ultérieure d'interconnexion des sous-cellules, la couche de passivation occupe moins de 5 % de la face avant des sous-cellules et moins de 5 % de la face arrière des sous-cellules.

[0081] L'équipement de dépôt SALD comprend avantageusement un système de chauffage capable de porter à une même température les différentes surfaces latérales à passiver. Une couche de passivation de même épaisseur et de même composition peut ainsi être obtenue sur les différentes sous-cellules.

[0082] Comme indiqué précédemment, le procédé de passivation décrit en relation avec les figures 3 à 5 peut être mis en œuvre avec des cellules photovoltaïques de pleine taille plutôt qu'avec des sous-cellules. En particulier, pour des technologies de

cellules avancées telles que les cellules à hétérojonction (HET), il peut être utile d'améliorer la passivation existante des bords de cellule en formant une nouvelle couche de passivation.

[0083] Le procédé de passivation de cellules photovoltaïques selon l'invention
5 bénéficie d'une cadence de production élevée, d'environ 15 à 30 s par groupe de cellules, compatible avec celles des autres étapes de fabrication de cellules photovoltaïques, car plusieurs cellules photovoltaïques sont traitées simultanément. Il peut donc aisément être intégré dans une ligne de production de cellules photovoltaïques.

10 [0084] La cadence du procédé de passivation selon les figures 4 et 5 est bien supérieure à celle du procédé selon la figure 3, du fait d'un nombre de cellules traitées simultanément bien supérieur. Le nombre de cellules dans les piles 500, 501, 502 est avantageusement supérieur ou égal à 100, de préférence compris entre 200 et 500.

[0085] Par ailleurs, d'importantes économies de gaz précurseurs sont réalisées
15 d'une part en ne passivant pas totalement les faces avant et/ou arrière des cellules photovoltaïques (contrairement au procédé de l'art antérieur), et d'autre part, en réalisant le dépôt simultanément sur un grand nombre de cellules photovoltaïques (d'après les modes de réalisation des figures 4 et 5).

[0086] L'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits en référence
20 aux figures et des variantes peuvent être envisagées sans sortir du cadre de l'invention. Par exemple, à l'étape S1 du procédé de fabrication de sous-cellules (cf. Figs.1A-1B), les cellules photovoltaïques 100 de pleine taille peuvent être découpées grâce à une technique autre que la prédécoupe au laser suivie du clivage mécanique, par exemple par laser seul, avec ou sans séparation thermique induite par le laser et
25 un éventuel refroidissement, ou par rainurage mécanique.

REVENDICATIONS

[Revendication 1] Procédé de passivation de cellules photovoltaïques (200) comprenant chacune une face avant (200a) destinée à être exposée à un rayonnement incident, une face arrière (200b) opposée à la face avant et des surfaces latérales (200c, 200c') reliant la face avant et la face arrière, procédé comprenant les étapes suivantes :

- former un groupe de cellules photovoltaïques (200, 201, 202) ;
- former une couche de passivation (210) par dépôt spatial de couches atomiques (SALD) simultanément sur plusieurs des cellules photovoltaïques du groupe, de telle façon que la couche de passivation recouvre au moins une (200c') des surfaces latérales de chaque cellule photovoltaïque (200, 201, 202), moins de 5 % de la superficie de la face avant (200a) de chaque cellule photovoltaïque et moins de 5 % de la superficie de la face arrière (200b) de chaque cellule photovoltaïque.

[Revendication 2] Procédé de passivation selon la revendication 1, dans lequel le groupe de cellules photovoltaïques comprend des première et deuxième cellules photovoltaïques (201, 202) espacées l'une de l'autre et reposant sur l'une de leurs faces avant et arrière (200a, 200b), l'une (200c') des surfaces latérales de la première cellule photovoltaïque (201) faisant face à l'une des surfaces latérales (200c') de la deuxième cellule photovoltaïque (202).

[Revendication 3] Procédé de passivation selon la revendication 2, dans lequel la couche de passivation (210) est déposée simultanément sur les première et deuxième cellules photovoltaïques (201, 202) au moyen d'une tête de distribution de gaz (300), la tête de distribution de gaz comprenant une surface de sortie des gaz (320) de largeur (l) supérieure ou égale à la distance (d) séparant les première et deuxième cellules photovoltaïques (201, 202).

[Revendication 4] Procédé de passivation selon la revendication 1, dans lequel le groupe de cellules photovoltaïques comprend une pluralité de cellules photovoltaïques (200) empilées les unes sur les autres.

[Revendication 5] Procédé de passivation selon la revendication 4, dans lequel les cellules photovoltaïques (200) du groupe forment une seule pile (500) et reposent sur une de leurs surfaces latérales (200c, 200c') ou sur l'une de leurs faces avant et arrière (200a, 200b).

[Revendication 6] Procédé de passivation selon la revendication 5, dans lequel la couche de passivation (210) est formée simultanément sur toutes les cellules photovoltaïques (200) du groupe au moyen d'une tête de distribution de gaz (300), la tête de distribution de gaz (300) comprenant une surface de sortie des gaz (320) de largeur (l) supérieure ou égale à la hauteur (h) de la pile (500).

[Revendication 7] Procédé de passivation selon la revendication 4, dans lequel les cellules photovoltaïques (200) du groupe forment deux piles (501, 502) disposées en regard l'une de l'autre et reposent sur l'une de leurs faces avant et arrière (200a, 200b).

[Revendication 8] Procédé de passivation selon la revendication 7, dans lequel la couche de passivation (210) est formée simultanément sur toutes les cellules photovoltaïques (200) du groupe au moyen d'une tête de distribution de gaz (600), la tête de distribution de gaz (600) étant positionnée entre les deux piles (501, 502) et comprenant deux surfaces de sortie des gaz (321, 322) opposées de largeur (l) supérieure ou égale à la hauteur (h) de chaque pile.

[Revendication 9] Procédé de passivation selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel la couche de passivation (210) est formée d'alumine (Al_2O_3), de dioxyde de silicium (SiO_2), de nitrure de silicium (Si_3N_4) ou de nitrure de silicium amorphe hydrogéné ($\text{a-Si}_x\text{N}_y:\text{H}$).

[Revendication 10] Procédé de fabrication de sous-cellules photovoltaïques (200) passivées, comprenant les étapes suivantes :

- fournir des cellules photovoltaïques (100) comprenant chacune une face avant (100a) destinée à être exposée à un rayonnement incident et une face arrière (100b) opposée à la face avant ;
- découper (S1) les cellules photovoltaïques (100) pour former une pluralité de sous-cellules photovoltaïques (200), chaque sous-cellule photovoltaïque comprenant une face avant (200a) destinée à être exposée au rayonnement incident, une face arrière (200b) opposée à la face avant et des surfaces latérales (200c, 200c') reliant les faces avant et arrière de la sous-cellule photovoltaïque, au moins une (200c') des surfaces latérales de chaque sous-cellule photovoltaïque (200), dite additionnelle, résultant du découpage d'une cellule photovoltaïque (100) ;

- recouvrir (S2) d'une couche de passivation (210) au moins une surface latérale additionnelle (200c') des sous-cellules photovoltaïques, en suivant un procédé de passivation selon l'une quelconque des revendications 1 à 8.

5 [Revendication 11] Procédé de fabrication selon la revendication 10, dans lequel le découpage de chaque cellule photovoltaïque (100) comprend une étape (F1) d'exposition d'une des faces avant et arrière (100a, 100b) de la cellule photovoltaïque à un laser (130) pour former une tranchée (140) et une
10 étape (F2) de clivage mécanique de la cellule photovoltaïque (100) à partir de la tranchée (140).

[Revendication 12] Procédé de fabrication selon la revendication 11, dans lequel la couche de passivation (210) recouvre en outre au moins une bande (200d) de la face exposée par le laser (130), ladite au moins une bande étant
15 contigüe à ladite au moins une surface latérale additionnelle (200c') et représentant moins de 5 % de la superficie de la face exposée par le laser.

[Revendication 13] Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, dans lequel les cellules photovoltaïques (100) sont découpées en demi-cellules (200) ou en sous-unités de superficie inférieure à celle d'une demi-cellule.

1/4

-S1(F1)-

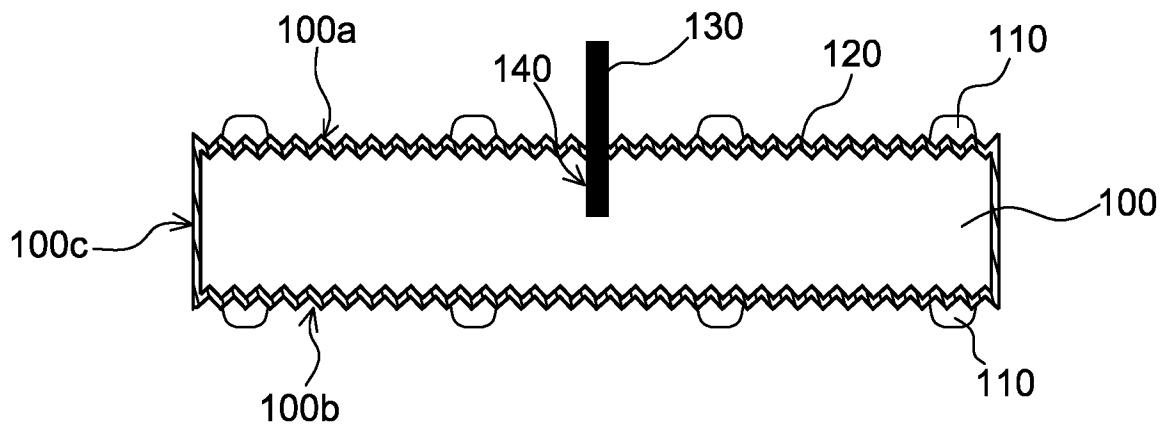


Fig.1A

-S1(F2)-

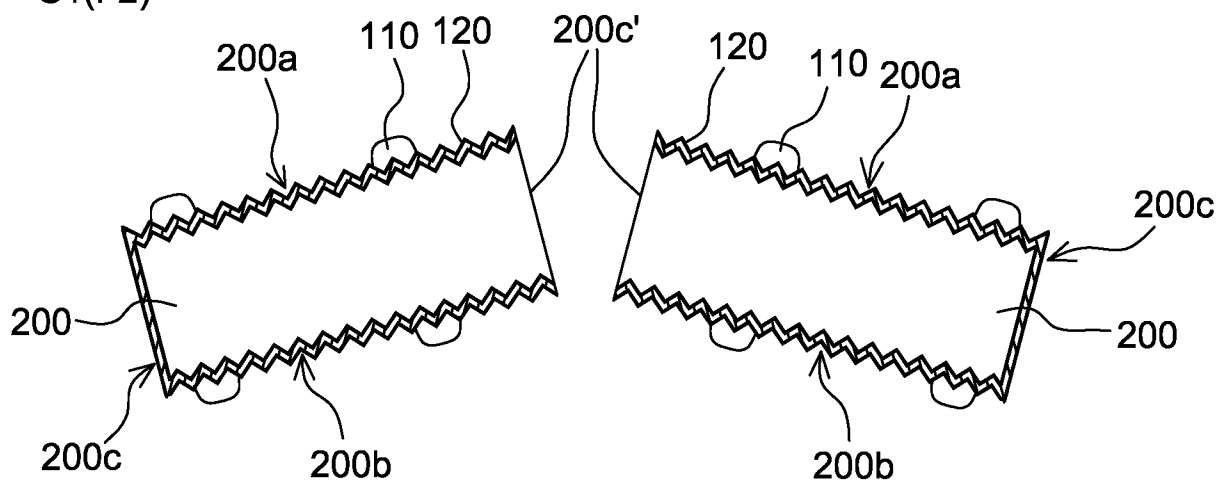


Fig.1B

-S2-

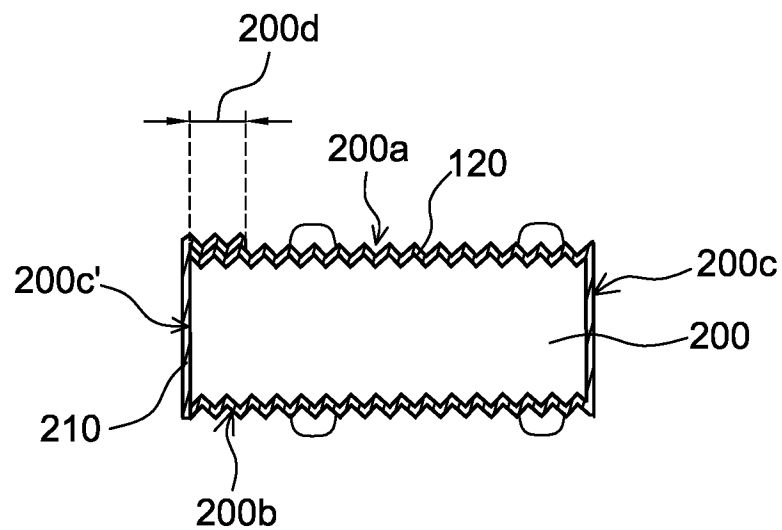


Fig.1C

2/4

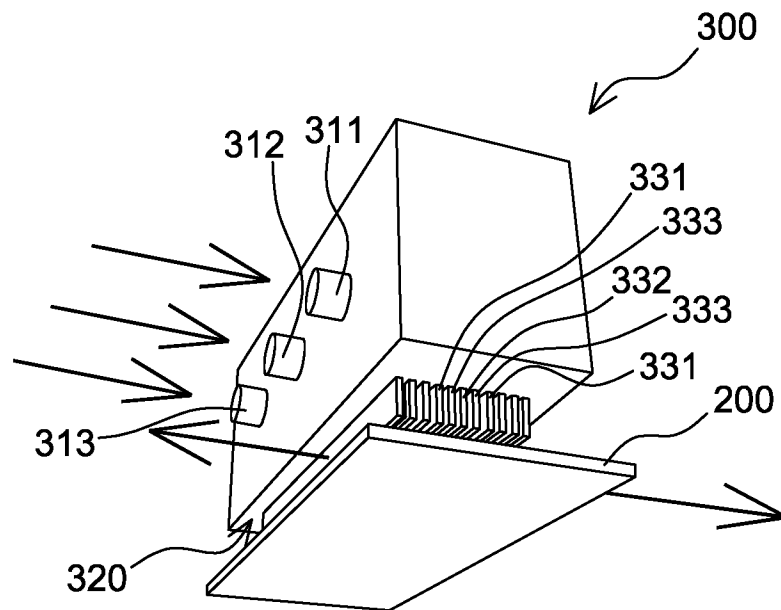


Fig.2

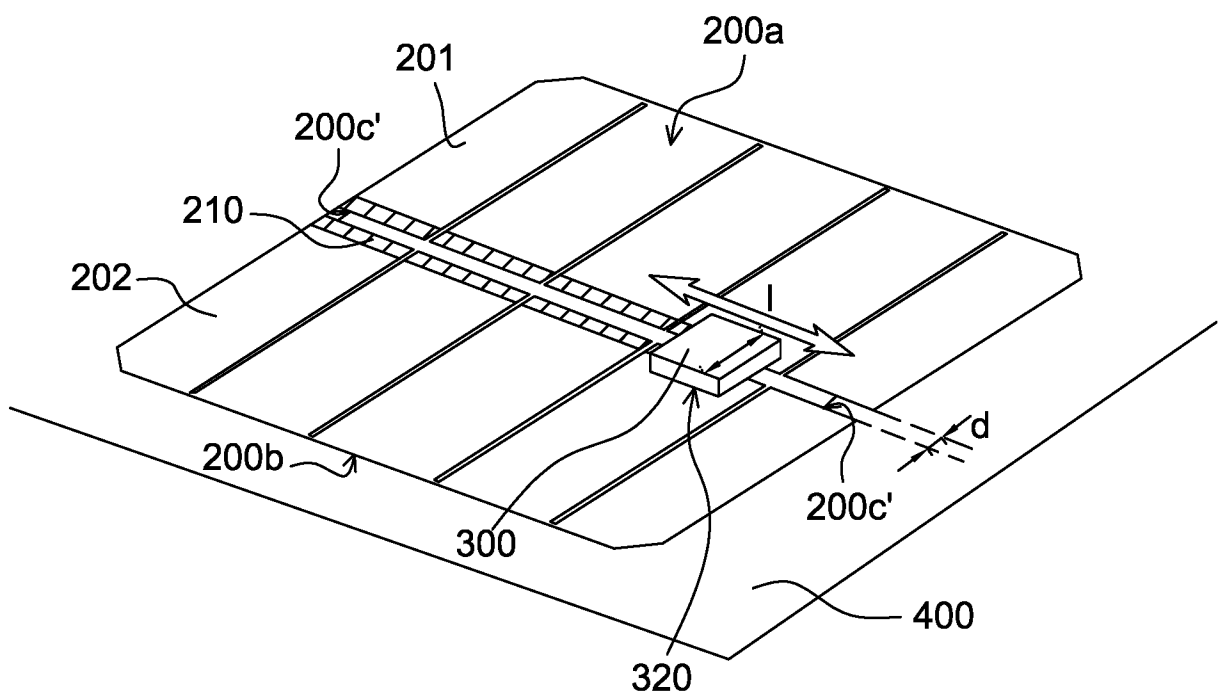


Fig.3

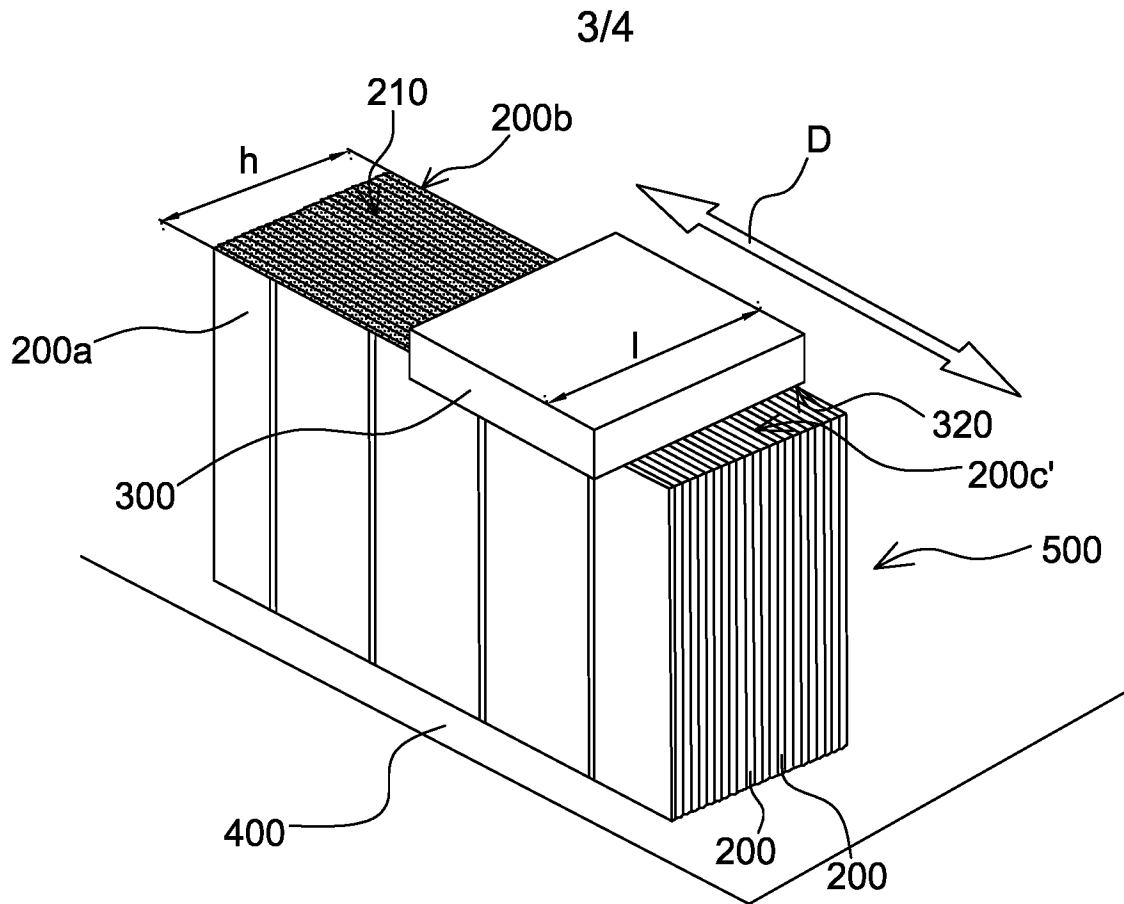


Fig.4

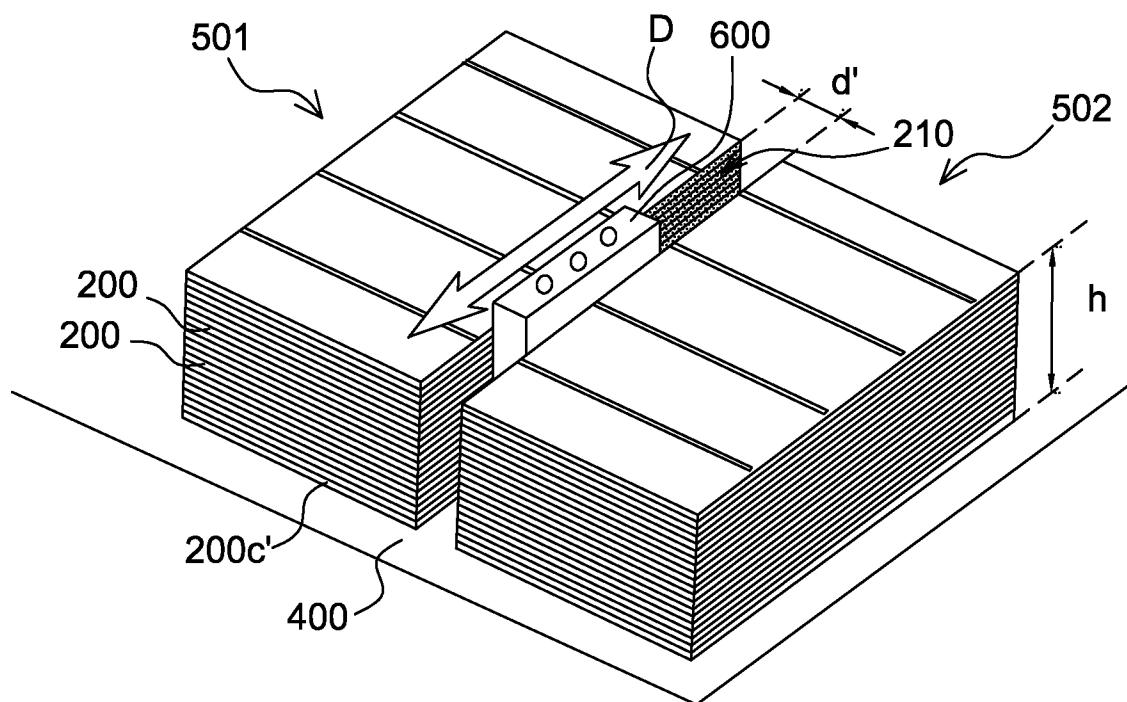


Fig.5

4/4

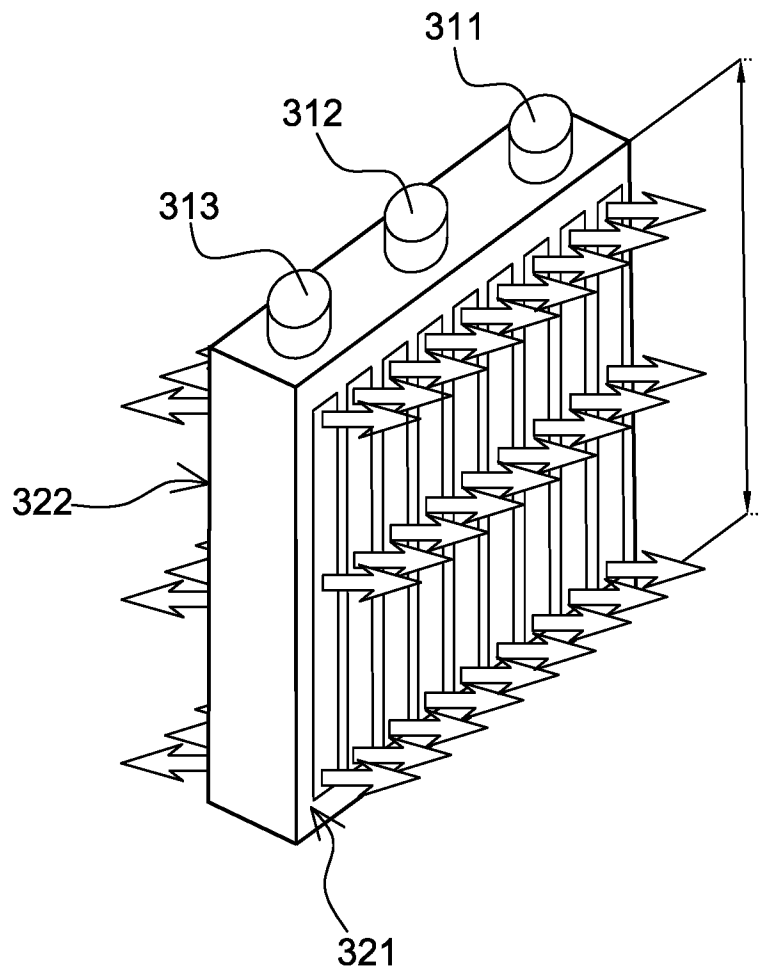


Fig.6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/086561

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01L 31/18**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L; B23K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 3139416 A1 (IMEC VZW [BE]) 08 March 2017 (2017-03-08) Backsurface passivated with Al ₂ O ₃ deposited by SALD; paragraph [0085]	1-13
A	FLORIAN WERNER ET AL. "High-rate atomic layer deposition of Al ₂ O ₃ for the surface passivation of Si solar cells" <i>ENERGY PROCEDIA</i> , Vol. 8, April 2011 (2011-04), pages 301-306, [retrieved on 2011-08-12] DOI: 10.1016/J.EGYPRO.2011.06.140 ISSN: 1876-6102, XP028263082 abstract page 302, paragraph 3	1-13
A	FR 3060852 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 22 June 2018 (2018-06-22) page 11, lines 10-29 figure 3	1-13

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 January 2020

Date of mailing of the international search report

30 January 2020

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Ekoué, Adamah

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/086561**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2012057823 A2 (UNIV CALIFORNIA SANTA CRUZ [US]; NAVAL RES LAB [US] ET AL.) 03 May 2012 (2012-05-03) cited in the application page 8, line 1 - page 9, line 13 page 16, lines 12-15 page 17, line 24 - page 18, line 2	1-13
A	US 2015249173 A1 (GARANDET JEAN-PAUL [FR] ET AL) 03 September 2015 (2015-09-03) paragraphs [0128], [0129] figure 3	1-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/086561

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	3139416	A1	08 March 2017	CN	106505126	A	15 March 2017
				EP	3139416	A1	08 March 2017
				TW	201724232	A	01 July 2017
				US	2017069770	A1	09 March 2017
FR	3060852	A1	22 June 2018	EP	3340318	A1	27 June 2018
				FR	3060852	A1	22 June 2018
WO	2012057823	A2	03 May 2012	US	2013203239	A1	08 August 2013
				WO	2012057823	A2	03 May 2012
US	2015249173	A1	03 September 2015	CN	104797745	A	22 July 2015
				EP	2893058	A1	15 July 2015
				FR	2994982	A1	07 March 2014
				JP	6396296	B2	26 September 2018
				JP	2015531742	A	05 November 2015
				US	2015249173	A1	03 September 2015
				WO	2014037878	A1	13 March 2014

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2019/086561

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H01L31/18 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) H01L B23K		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data, INSPEC		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP 3 139 416 A1 (IMEC VZW [BE]) 8 mars 2017 (2017-03-08) Backsurface passivated with Al2O3 deposited by SALD; alinéa [0085]	1-13
A	----- FLORIAN WERNER ET AL: "High-rate atomic layer deposition of Al2O3 for the surface passivation of Si solar cells", ENERGY PROCEDIA, vol. 8, avril 2011 (2011-04), pages 301-306, XP028263082, ISSN: 1876-6102, DOI: 10.1016/J.EGYPRO.2011.06.140 [extrait le 2011-08-12] abrégé page 302, alinéa 3 ----- -/-	1-13
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 21 janvier 2020		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 30/01/2020
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Ekoué, Adamah

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 3 060 852 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 22 juin 2018 (2018-06-22) page 11, lignes 10-29 figure 3 -----	1-13
A	WO 2012/057823 A2 (UNIV CALIFORNIA SANTA CRUZ [US]; NAVAL RES LAB [US] ET AL.) 3 mai 2012 (2012-05-03) cité dans la demande page 8, ligne 1 - page 9, ligne 13 page 16, lignes 12-15 page 17, ligne 24 - page 18, ligne 2 -----	1-13
A	US 2015/249173 A1 (GARANDET JEAN-PAUL [FR] ET AL) 3 septembre 2015 (2015-09-03) alinéas [0128], [0129] figure 3 -----	1-13

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2019/086561

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 3139416	A1	08-03-2017	CN 106505126 A	15-03-2017
			EP 3139416 A1	08-03-2017
			TW 201724232 A	01-07-2017
			US 2017069770 A1	09-03-2017

FR 3060852	A1	22-06-2018	EP 3340318 A1	27-06-2018
			FR 3060852 A1	22-06-2018

WO 2012057823	A2	03-05-2012	US 2013203239 A1	08-08-2013
			WO 2012057823 A2	03-05-2012

US 2015249173	A1	03-09-2015	CN 104797745 A	22-07-2015
			EP 2893058 A1	15-07-2015
			FR 2994982 A1	07-03-2014
			JP 6396296 B2	26-09-2018
			JP 2015531742 A	05-11-2015
			US 2015249173 A1	03-09-2015
			WO 2014037878 A1	13-03-2014
