(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) **N° de publication :** **2 993 704**

(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **12 57102**

(51) Int Cl[8] : ***H 01 L 23/13*** *(2013.01), H 01 L 31/0236, 31/042, 31/18, 21/302*

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 23.07.12.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 24.01.14 Bulletin 14/04.

(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 :**

(71) **Demandeur(s) :** *COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES* — FR.

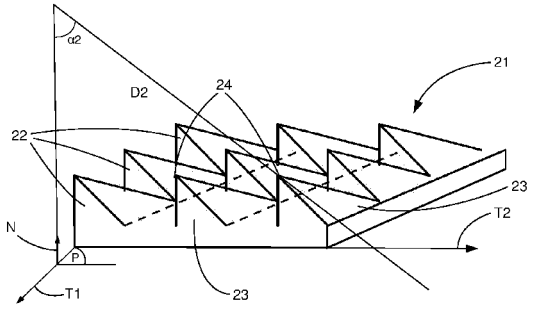
(72) **Inventeur(s) :** COUSTIER FABRICE et BRIZE VIRGINIE.

(73) **Titulaire(s) :** COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES.

(74) **Mandataire(s) :** NOVAIMO.

(54) PROCEDE DE FORMATION DE MOTIFS A LA SURFACE D'UNE PLAQUETTE EN SILICIUM ET PLAQUETTE DE SILICIUM OBTENUE GRACE A UN TEL PROCEDE.

(57) Plaquette (21) en silicium s'étendant au moins localement selon un premier plan (P) et comprenant une surface munie de motifs (22), chaque motif comprenant une base (23) et un sommet (24) ou une arête de sommet, avec une direction médiane entre ladite base et le sommet ou l'arête de sommet formant un angle (a2) non nul par rapport à la normale (N) au premier plan (P).



FR 2 993 704 - A1

La présente invention concerne une plaquette en silicium également connue sous le nom anglo-saxon de « wafer ». L'invention concerne aussi un procédé de traitement ou de texturation de surface d'une plaquette en silicium avec formation de motifs à la surface de ladite plaquette. L'invention concerne en particulier une cellule photovoltaïque et un procédé de fabrication d'une cellule photovoltaïque.

Il est connu de faire subir aux plaques ou tranches de silicium servant à la fabrication de cellules photovoltaïques un traitement de surface, afin que celles-ci puissent absorber un maximum de photons. Dans la plupart des cas, ce traitement de surface est de nature chimique.

Un procédé de traitement de surface courant, appelé « texturation alcaline », est réalisé par application d'une solution à base d'hydroxyde de sodium NaOH ou à base d'hydroxyde de potassium KOH. Cette application d'une solution basique permet d'attaquer le silicium afin de former un réseau de pyramides à la surface des plaques. Cette technique fonctionne très bien sur du silicium monocristallin orienté selon le plan <100>. Dans ce cas, toute la surface du cristal est couverte de pyramides, après traitement. Mais la technique fonctionne beaucoup moins bien avec des plaques de silicium multicristallin. En effet, dans ce cas, 30 à 40% seulement de la surface de la plaque est constituée de cristaux de silicium orientés selon le plan <100>. Ainsi, seulement 30 à 40 % de la surface de la plaque se retrouve munie de pyramides.

On connaît aussi un procédé de traitement de surface réalisé par application d'acide sur la surface. Ce dernier procédé permet de réaliser une texturation isotrope sur toute la surface de la plaque mais le procédé est relativement difficile à mettre en place à cause des produits utilisés (acide fluorhydrique HF, acide nitrique HNO_3). Ce traitement présente un coût élevé, n'est pas très respectueux de l'environnement et est difficile à contrôler car exothermique.

D'autres procédés de traitement de surface existent encore, tels que le traitement plasma. Leur but est d'être moins couteux et/ou plus écologiques, voire moins dangereux.

Dans tous les cas, la texturation obtenue par les procédés présente des motifs ou reliefs s'étendant selon la normale à la surface des plaques de silicium (motifs symétriques). Une telle texturation n'est pas optimale dans de nombreuses situations. Ainsi, il faut monter les panneaux photovoltaïques inclinés d'un angle de 30° à 40° sur un toit plat sous les latitudes de France métropolitaine. Il faut en outre prévoir de grands espaces entre les panneaux pour éviter qu'ils ne se retrouvent les uns à l'ombre des autres. Le taux d'utilisation de la surface d'un tel toit est donc faible.

Le but de l'invention est de fournir une plaquette en silicium permettant de remédier aux problèmes évoqués précédemment et améliorant les plaquettes connues de l'art antérieur. En particulier, l'invention propose un procédé simple, économique, respectueux de l'environnement (car n'utilisant pas de produit chimique dangereux) et qui permette de traiter de manière homogène toute la surface d'une plaquette en silicium y compris une plaquette en silicium multicristallin. L'invention porte également sur une plaquette en silicium avantageusement obtenue par un tel procédé et sur une cellule photovoltaïque comprenant une telle plaquette en silicium.

Selon l'invention, une plaquette en silicium s'étend au moins localement selon un premier plan et comprend une surface munie de motifs. Chaque motif comprend une base et un sommet ou une arête de sommet. Chaque motif présente une direction médiane entre ladite base et le sommet ou l'arête de sommet formant un angle non nul par rapport à la normale au premier plan.

L'angle peut être compris entre 30° et 50°.

La base de chaque motif peut être coplanaire au premier plan.

Chaque motif peut comporter une base allongée, s'étendant dans une direction parallèle au premier plan, d'un premier bord à un deuxième bord de la plaquette.

Les motifs peuvent avoir la forme de pyramides asymétriques.

Les bases des motifs peuvent avoir une forme choisie parmi un parallélogramme, un rectangle, un losange, un carré et un triangle.

La plaquette peut comprendre une répétition spatiale des motifs, notamment une répétition périodique spatialement des motifs.

Les motifs peuvent être des saillies par rapport au premier plan, notamment des saillies pyramidales.

La hauteur des motifs, mesurée selon la normale, peut être comprise entre 0,5 µm et 300 µm et/ou la longueur des motifs, mesurée dans le premier plan, peut être comprise entre 0,5 µm et 300 µm et/ou la largeur des motifs, mesurée dans le premier plan, peut être comprise entre 0,5 µm et 300 µm.

Une cellule photovoltaïque selon l'invention comprend une plaquette en silicium définie précédemment.

Selon l'invention, le procédé permet de former des motifs à la surface d'une plaquette en silicium s'étendant au moins localement selon un premier plan. Le procédé comprend la formation de motifs comprenant une base et un sommet avec une direction médiane entre ledit sommet et ladite base formant un angle non nul par rapport à la normale au premier plan. La formation des motifs est réalisée par au moins une étape d'enlèvement de matière par translation d'un

premier outil selon une première direction à la surface de ladite plaquette en silicium.

Le procédé peut comprendre une étape additionnelle d'enlèvement de matière par translation d'un deuxième outil selon une deuxième direction à la surface de ladite plaquette.

Le premier outil et le deuxième outil peuvent avoir la même géométrie ou des géométries différentes.

Le premier outil et/ou le deuxième outil peut présenter une conformation présentant des dents triangulaires ou sensiblement triangulaires.

Selon l'invention, le procédé de fabrication d'une cellule photovoltaïque comporte une étape de formation de motifs à la surface d'une plaquette en silicium par mise en œuvre du procédé défini précédemment.

Les dessins annexés représentent, à titre d'exemples, deux modes de réalisation d'une plaquette en silicium selon l'invention.

La figure 1 est un schéma en perspective d'un premier mode de réalisation d'une plaquette en silicium selon l'invention.

La figure 2 est un schéma en perspective d'un deuxième mode de réalisation d'une plaquette en silicium selon l'invention.

La figure 3 est un schéma en perspective d'un motif du deuxième mode de réalisation d'une plaquette en silicium selon l'invention.

La figure 4 est un schéma d'un outil utilisé pour réaliser le traitement de surface d'une plaquette en silicium selon l'invention.

Un premier mode de réalisation d'une plaquette 11 en silicium est représenté à la figure 1.

La plaquette 11 s'étend selon un premier plan P. La plaquette comprend une surface munie de motifs 12 s'étendant globalement selon une direction médiane D1 formant un angle α1 non nul par rapport à la normale N au premier plan P. La surface est avantageusement une surface de la plaquette en silicium destinée à recevoir un rayonnement lumineux, notamment lorsque la plaquette en silicium est destinée à être utilisée pour réaliser une cellule photovoltaïque. Plus particulièrement, les motifs formés dans la plaquette en silicium sont dits asymétriques par rapport à la normale N au premier P, contrairement aux motifs symétriques réalisés par des procédés selon l'art antérieur. La direction médiane est également non parallèle au plan P. Alternativement, la plaquette peut s'étendre seulement localement selon le premier plan P. Les motifs 12 s'étendent selon la direction médiane D1, les sections des motifs perpendiculaires à la direction médiane évoluant en diminuant à mesure qu'on s'éloigne du plan P.

L'angle α1 est plus particulièrement adapté à l'angle d'incidence ou à la gamme d'angles d'incidence du rayonnement solaire dans une région particulière. En particulier, pour des régions comme la France métropolitaine, présentant une latitude d'environ 45°, l'angle d'incidence zénithal sur une plaquette disposée horizontalement évolue au cours de l'année entre environ 25° et 65°. L'angle α1 peut par exemple être compris entre 30° et 50°. Il est par exemple de 45°.

Les motifs peuvent comprendre une base 13 et une arête 14 de sommet. Dans ce mode de réalisation, la base est rectangulaire et allongée. La base s'étend selon une deuxième direction T1 d'un premier bord à un deuxième bord de la plaquette en silicium. La section du motif est invariante selon cette deuxième direction. La première direction est parallèle aux lignes passant par le centre

de la base et l'arête de sommet, tout en étant perpendiculaire à la deuxième direction.

La plaquette comprend une répétition spatiale des motifs, notamment une répétition périodique spatialement des motifs. Les motifs sont des saillies.

La hauteur des motifs, mesurée selon la normale N, est comprise entre 0,5 µm et 300 µm et/ou la largeur des motifs, mesurée dans le plan P, est comprise entre 0,5 µm et 300 µm. Avantageusement, la hauteur des motifs, mesurée selon la normale N, est comprise entre 5 µm et 30 µm et de préférence égale à 10 µm et/ou la largeur des motifs, mesurée dans le plan P, est comprise entre 5 µm et 30 µm et de préférence égale à 10 µm et/ou la longueur des motifs, mesurée dans le plan P, est comprise entre 5 µm et 30 µm et de préférence égale à 10 µm.

Le premier mode de réalisation d'une plaquette en silicium est tel qu'une fois utilisé dans une cellule photovoltaïque, le rendement de cette cellule photovoltaïque n'est pas optimum sous une lumière normale à la surface de la plaquette de silicium, mais il est optimisée pour un éclairement incliné par rapport à la surface de la plaquette, ce qui est particulièrement intéressant lorsqu'il est utilisé dans une cellule photovoltaïque destinée à être intégrée dans un module photovoltaïque disposé à plat sur un toit plat implanté dans une zone géographique dans laquelle la valeur de la latitude vaut environ la valeur de l'angle α1. Ceci permet en particulier d'intégrer de tels modules photovoltaïques dans la toiture.

Un tel mode de réalisation d'une plaquette en silicium peut être réalisé par la mise en œuvre d'un premier mode d'exécution d'un procédé de traitement d'une surface selon l'invention. Un tel procédé permet de modifier une surface de la plaquette en silicium par mise en œuvre d'une étape d'enlèvement de matière par translation d'un premier outil 31 selon une direction T1 à la surface

de la plaquette. Ainsi, on peut utiliser une technologie d'usinage mécanique du silicium afin de réaliser une plaquette en silicium avec une texturation de surface asymétrique. Comme vu précédemment, on obtient une plaquette en silicium qui est telle qu'une fois utilisée dans une cellule photovoltaïque, le rendement de cette cellule photovoltaïque est optimum sous une lumière incidente formant un angle (non nul) par rapport à la normale à la surface de la plaquette de silicium.

L'outil peut être spécialement conçu à cet effet. Il peut s'agir d'une machine de découpe avec une lame, par exemple en diamant, également connue sous le nom anglo-saxon « dicing » et normalement conçue pour découper des dés de silicium. Elle est ici utilisée avec un support de lames permettant leur inclinaison avec un angle désiré pour obtenir un usinage formant des rainures entre des pointes asymétriques de la plaquette en silicium. L'outil peut aussi consister en un peigne, notamment un peigne en carbure de tungstène permettant la gravure de la plaquette de silicium avec un motif asymétrique. Le motif obtenu à la surface de la plaquette silicium est donc une rainure dont la section est asymétrique. Notamment, la section peut être triangulaire ou quasi-triangulaire ou en ogive ou en U. Pour ce faire, le peigne 31 comprend des dents 32 de sections similaires aux rainures. Les dents présentent avantageusement des angles de coupe, de taillant et de dépouille adaptés à l'usinage du silicium. Ce sont les formes des dents qui génèrent les formes des rainures ou motifs. Enfin, les géométries des rainures successives peuvent avoir des géométries différentes. Notamment, l'angle $\alpha 1$ non nul par rapport à la normale N au premier plan peut varier d'une rainure à une autre ou d'un motif à un autre. Alternativement ou complémentairement, les rainures peuvent n'être parallèles à aucun bord de la plaquette en silicium, en particulier n'être parallèles à aucun bord de la plaquette en silicium rectangulaire ou carré.

Un deuxième mode de réalisation d'une plaquette 21 en silicium est représenté aux figures 2 et 3. La plaquette en silicium permet de réaliser une cellule photovoltaïque, plusieurs cellules photovoltaïques permettent de réaliser un panneau photovoltaïque.

La plaquette 21 s'étend selon un premier plan P. La plaquette comprend une surface munie de motifs 22 s'étendant selon une direction médiane D2 formant un angle α2 non nul par rapport à la normale N au premier plan. La direction médiane est également non parallèle au plan P. Alternativement, la plaquette peut s'étendre seulement localement selon le premier plan P. Les motifs 22 s'étendent selon la première direction D1, les sections des motifs perpendiculaires à la première direction évoluant en diminuant à mesure qu'on s'éloigne du plan P.

De la même manière que dans le premier mode de réalisation, l'angle α2 est avantageusement adapté à la gamme d'angle d'incidence usuelle pour le rayonnement solaire d'une région donnée. Il peut être compris entre 30° et 50°. Il vaut par exemple 45°.

Les motifs peuvent comprendre une base 23 et un sommet 24. Dans ce mode de réalisation, la base est en forme de parallélogramme ou en forme de rectangle ou en forme de losange ou en forme de carré. La base s'étend entre les fonds de rainures consécutives selon une deuxième direction T1 et entre les fonds de rainures consécutives selon une troisième direction T2. La direction médiane correspond ainsi à la ligne passant par le centre 25 de la base et le sommet 24.

La plaquette comprend une répétition spatiale des motifs, notamment une répétition périodique spatialement des motifs. Les motifs sont des saillies, en particulier des pyramides.

La hauteur des motifs, mesurée selon la normale N, est comprise entre 0,5 µm et 300 µm et/ou la largeur des motifs, mesurée dans le plan P, est comprise entre 0,5 µm et 300 µm et/ou la longueur des motifs, mesurée dans le plan P, est comprise entre 0,5 µm et 300 µm. Avantageusement, la hauteur des motifs, mesurée selon la normale N, est comprise entre 5 µm et 30 µm et de préférence égale à 10 µm et/ou la largeur des motifs, mesurée dans le plan P, est comprise entre 5 µm et 30 µm et de préférence égale à 10 µm et/ou la longueur des motifs, mesurée dans le plan P, est comprise entre 5 µm et 30 µm et de préférence égale à 10 µm.

Le deuxième mode de réalisation d'une plaquette en silicium est tel qu'une fois utilisé dans une cellule photovoltaïque, le rendement de cette cellule photovoltaïque est optimum sous une lumière incidente formant un angle (non nul) par rapport à la normale à la surface de la plaquette de silicium.

Un tel deuxième mode de réalisation d'une plaquette en silicium peut être réalisé par la mise en œuvre d'un deuxième mode d'exécution d'un procédé de traitement d'une surface selon l'invention. Un tel procédé permet de modifier une surface de la plaquette en silicium par mise en œuvre d'une étape d'enlèvement de matière par translation d'un premier outil 31 selon une deuxième direction T1 à la surface de la plaquette, puis par mise en œuvre d'une étape d'enlèvement de matière par translation d'un deuxième outil selon une troisième direction T2 à la surface de la plaquette. On peut utiliser les mêmes technologies d'usinage mécanique du silicium que celles décrites dans le premier mode d'exécution du procédé de traitement. Comme vu précédemment, on obtient une plaquette en silicium qui est telle qu'une fois utilisée dans une cellule photovoltaïque, le rendement de cette cellule photovoltaïque est optimum sous une lumière incidente formant un angle (non nul) par rapport à la normale à la surface de la plaquette de silicium.

Les deuxième et troisième directions peuvent être perpendiculaires ou non perpendiculaires.

Le premier outil et le deuxième outil peuvent être un seul et même outil. Il peut s'agir de plusieurs outils identiques. Il peut aussi s'agir de plusieurs outils présentant des géométries différentes. Un ou les deux outils peuvent présenter des géométries permettant de générer des rainures asymétriques.

Dans un troisième mode de réalisation (non représenté), la plaquette en silicium diffère du deuxième mode de réalisation en ce que les bases des motifs sont triangulaires, notamment triangulaires isocèles ou triangulaires équilatérales.

Un tel troisième mode de réalisation d'une plaquette en silicium peut être réalisé par la mise en œuvre d'un troisième mode d'exécution d'un procédé de traitement d'une surface selon l'invention. Un tel procédé permet de modifier une surface de la plaquette en silicium par mise en œuvre d'une étape d'enlèvement de matière par translation d'un premier outil selon une deuxième direction à la surface de la plaquette, puis par mise en œuvre d'une étape d'enlèvement de matière par translation d'un deuxième outil selon une troisième direction à la surface de la plaquette, puis par mise en œuvre d'une étape d'enlèvement de matière par translation d'un troisième outil selon une quatrième direction à la surface de la plaquette. On peut utiliser les mêmes technologies d'usinage mécanique du silicium que celles décrites dans le premier mode d'exécution du procédé de traitement. La quatrième direction est telle que les arêtes de fond des rainures selon cette direction passent par les intersections des arêtes de fond des rainures selon la deuxième direction avec les arêtes de fond des rainures selon la troisième direction.

Le premier outil, le deuxième outil et le troisième outil peuvent être un seul et même outil. Il peut s'agir de plusieurs outils identiques. Il peut aussi s'agir de

plusieurs outils présentant des géométries différentes. Un ou deux ou les trois outils peuvent présenter des géométries permettant de générer des rainures asymétriques.

Dans les différents modes de réalisation, la plaquette de silicium peut être réalisée par toute technologie d'enlèvement de matière, notamment par laser ou par électroérosion.

Dans les différents modes de réalisation, les motifs ont de préférence une hauteur d'environ 10 µm. De préférence, la longueur et/ou la largeur de la base est de préférence d'environ 10 µm. En effet, cet ordre de grandeur des dimensions (au moins des hauteurs) est préféré du fait du procédé de sérigraphie permettant de réaliser des conducteurs qui doivent venir sur la surface et présenter un bon contact électrique avec celle-ci.

Dans les différents modes de réalisation, les motifs présentent de préférence des angles au sommet compris entre 30° et 80°, de préférence entre 40° et 60°.

Dans les différents modes d'exécution du procédé selon l'invention, l'outil est mis en mouvement par rapport à la plaquette en silicium, à la surface de celle-ci. De préférence, une pression ou un effort de pression constant est appliqué sur l'outil pendant son action sur la plaquette en silicium.

Les plaquettes en silicium selon l'invention permettent de réaliser des cellules photovoltaïques. Selon l'invention, un panneau photovoltaïque comprend plusieurs cellules photovoltaïques ou plusieurs plaquettes en silicium telles que décrites précédemment. Grâce à l'invention, les panneaux photovoltaïques ou les cellules photovoltaïques peuvent être installés à plat, notamment à plat sur un toit de préférence plat, tout en assurant un rendement élevé de conversion du rayonnement solaire en énergie électrique. Le

montage à plat des panneaux solaires permet également de résoudre des problèmes d'esthétique. Il permet principalement d'optimiser l'occupation d'une surface horizontale comme un toit. Antérieurement à l'invention, il fallait monter les panneaux photovoltaïques inclinés d'un angle de 30° à 40° sur un toit plat sous les latitudes de France métropolitaine. Il fallait en outre prévoir de grands espaces entre les panneaux pour éviter qu'ils ne se retrouvent les uns à l'ombre des autres. Le taux d'utilisation de la surface d'un tel toit était donc faible. Avec l'invention, il est possible de recouvrir la surface du toit avec un bon taux d'utilisation et sans que le rendement des panneaux soit dégradé. Par ailleurs, il est possible d'intégrer directement les panneaux à la toiture, ce qui leur permet de jouer un rôle d'étanchéité de la toiture et donc de diminuer les coûts de la toiture.

Des panneaux photovoltaïques ou des cellules photovoltaïques selon l'invention pourraient aussi être utilisés pour équiper des murs verticaux avec les mêmes avantages, c'est-à-dire qu'ils peuvent être posés à plat sur des murs verticaux.

De préférence, on monte les cellules photovoltaïques ou les panneaux solaires de sorte que la direction médiane D1 ou D2 corresponde au mieux à la direction des rayons solaires atteignant les cellules ou les panneaux pour qu'un maximum de lumière puisse être capté lorsque les cellules sont à plat. On optimise ainsi le rendement des cellules ou panneaux.

Revendications :

1. Plaquette (11 ; 21) en silicium s'étendant au moins localement selon un premier plan (P) et comprenant une surface munie de motifs (12 ; 22), chaque motif comprenant une base (13 ; 23) et un sommet (14 ; 24) ou une arête de sommet, avec une direction médiane entre ladite base et le sommet ou l'arête de sommet formant un angle (α1 ; α2) non nul par rapport à la normale (N) au premier plan (P).

2. Plaquette selon la revendication précédente, caractérisée en ce que l'angle est compris entre 30° et 50°.

3. Plaquette selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que la base de chaque motif est coplanaire au premier plan (P).

4. Plaquette selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que chaque motif comporte une base allongée, s'étendant dans une direction (T1) parallèle au premier plan (P), d'un premier bord à un deuxième bord de la plaquette.

5. Plaquette selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que les motifs ont la forme de pyramides asymétriques (22).

6. Plaquette selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que les bases des motifs ont une forme choisie parmi un parallélogramme, un rectangle, un losange, un carré et un triangle.

7. Plaquette selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comprend une répétition spatiale des motifs, notamment une répétition périodique spatialement des motifs.

8. Plaquette selon l'une des revendications précédentes, caractérisée que les motifs sont des saillies par rapport au premier plan (P), notamment des saillies pyramidales.

9. Plaquette selon l'une des revendications précédentes, caractérisée que la hauteur des motifs, mesurée selon la normale (N), est comprise entre 0,5 µm et 300 µm et/ou la longueur des motifs, mesurée dans le premier plan (P), est comprise entre 0,5 µm et 300 µm et/ou la largeur des motifs, mesurée dans le premier plan (P), est comprise entre 0,5 µm et 300 µm.

10. Cellule photovoltaïque comprenant une plaquette en silicium selon l'une des revendications précédentes.

11. Procédé de formation de motifs à la surface d'une plaquette en silicium s'étendant au moins localement selon un premier plan (P), caractérisé en ce qu'il comprend la formation de motifs comprenant une base (13 ; 23) et un sommet (14 ; 24) avec une direction médiane entre ledit sommet et ladite base formant un angle (α1 ; α2) non nul par rapport à la normale (N) au premier plan (P), la formation des motifs étant réalisée par au moins une étape d'enlèvement de matière par translation d'un premier outil (31) selon une première direction (T1) à la surface de ladite plaquette en silicium.

12. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comprend une étape additionnelle d'enlèvement de matière par translation d'un deuxième outil selon une deuxième direction (T2) à la surface de ladite plaquette.

13. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le premier outil et le deuxième outil ont la même géométrie ou ont des géométries différentes.

14. Procédé selon l'une des revendications 11 à 13, caractérisé en ce que le premier outil et/ou le deuxième outil présente une conformation présentant des dents (32) triangulaires ou sensiblement triangulaires.

15. Procédé de fabrication d'une cellule photovoltaïque, caractérisé en ce qu'il comporte une étape de formation de motifs à la surface d'une plaquette en silicium par mise en œuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 14.

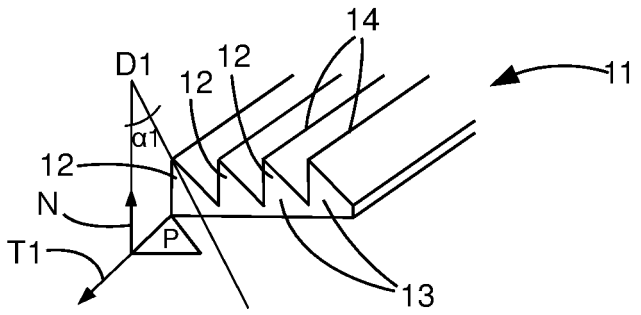


FIG.1

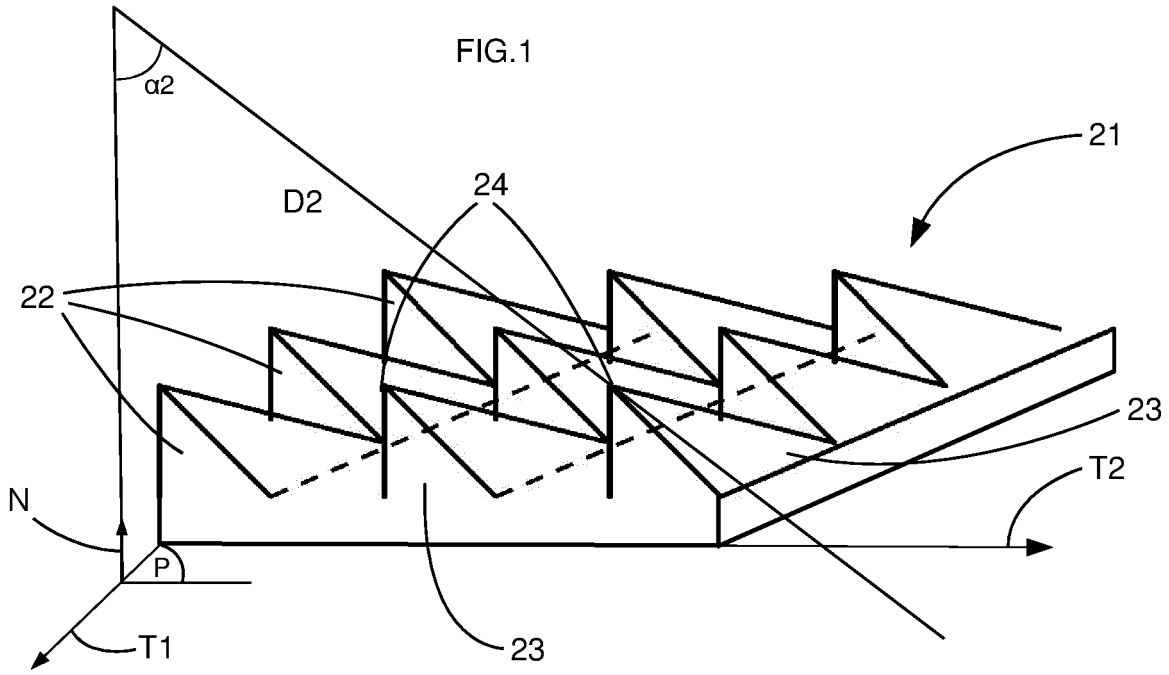


FIG.2

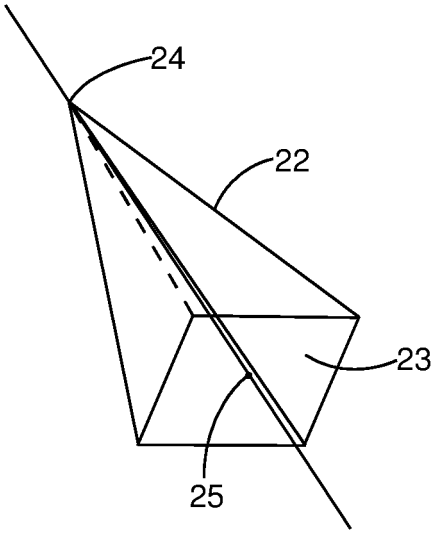


FIG.3

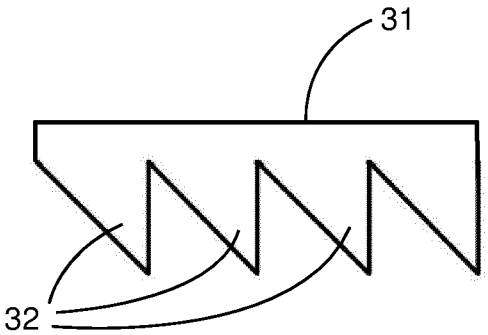


FIG.4

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement national

FA 772415
FR 1257102

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		
X	WO 2009/150654 A2 (YISSUM RES DEV CO [IL]; SHENKAR COLLEGE OF ENGINEERING [IL]; SHAPPIR J) 17 décembre 2009 (2009-12-17) * page 13, ligne 19 - page 15, ligne 6; figure 1 *	1-4,6-10	H01L23/13 H01L31/0236 H01L31/042 H01L31/18 H01L21/302
X	WO 89/06051 A1 (UNISEARCH LTD [AU]) 29 juin 1989 (1989-06-29) * page 5, ligne 9 - page 15, ligne 12; figures 5-7,10-13 *	1-10	
X	DE 197 41 832 A1 (INST SOLARENERGIEFORSCHUNG [DE]) 25 mars 1999 (1999-03-25) * colonne 5, ligne 66 - colonne 6, ligne 62; figure 1 *	1,3,4, 6-15	
X	US 2005/109388 A1 (MURAKAMI TSUTOMU [JP] ET AL) 26 mai 2005 (2005-05-26) * le document en entier *	1,3-10	
X	US 4 379 944 A (BORDEN PETER G ET AL) 12 avril 1983 (1983-04-12) * le document en entier *	1-4,6-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H01L
A	US 5 704 992 A (WILLEKE GERHARD [DE] ET AL) 6 janvier 1998 (1998-01-06) * le document en entier *	1-15	
A	JP 2009 084149 A (SHARP KK) 23 avril 2009 (2009-04-23) * le document en entier *	1-15	
A	WO 2011/134999 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]; GARANDET JEAN-PAUL [FR]; BANCILLON) 3 novembre 2011 (2011-11-03) * le document en entier *	1-15	

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
1 mars 2013	Ley, Marc

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

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1257102 FA 772415

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 01-03-2013
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
WO 2009150654 A2	17-12-2009	CN 102099927 A	15-06-2011
		EP 2308097 A2	13-04-2011
		JP 2011523226 A	04-08-2011
		KR 20110036571 A	07-04-2011
		US 2011162699 A1	07-07-2011
		WO 2009150654 A2	17-12-2009
WO 8906051 A1	29-06-1989	AU 612226 B2	04-07-1991
		AU 2901289 A	19-07-1989
		US 5080725 A	14-01-1992
		WO 8906051 A1	29-06-1989
DE 19741832 A1	25-03-1999	DE 19741832 A1	25-03-1999
		DE 59812443 D1	03-02-2005
		EP 0905794 A2	31-03-1999
		ES 2236854 T3	16-07-2005
		US 6172297 B1	09-01-2001
US 2005109388 A1	26-05-2005	JP 2005142268 A	02-06-2005
		US 2005109388 A1	26-05-2005
		US 2008271783 A1	06-11-2008
US 4379944 A	12-04-1983	AUCUN	
US 5704992 A	06-01-1998	DE 4426347 A1	02-02-1995
		EP 0742959 A1	20-11-1996
		EP 1094527 A2	25-04-2001
		ES 2169078 T3	01-07-2002
		JP 3398385 B2	21-04-2003
		JP H09501268 A	04-02-1997
		US 5704992 A	06-01-1998
		WO 9505008 A2	16-02-1995
JP 2009084149 A	23-04-2009	JP 5133848 B2	30-01-2013
		JP 2009084149 A	23-04-2009
WO 2011134999 A1	03-11-2011	AU 2011247585 A1	22-11-2012
		CN 102870191 A	09-01-2013
		EP 2564414 A1	06-03-2013
		FR 2959599 A1	04-11-2011
		US 2013040105 A1	14-02-2013
		WO 2011134999 A1	03-11-2011

EPO FORM P0465

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82