

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :

2 916 901

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

(21) N° d'enregistrement national :

07 55378

(51) Int Cl⁸ : H 01 L 31/18 (2006.01), H 01 L 31/052, 31/0236,
B 29 C 43/00, G 02 B 5/00

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 31.05.07.

(30) Priorité :

(43) Date de mise à la disposition du public de la
demande : 05.12.08 Bulletin 08/49.

(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) : SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE
Société anonyme — FR.

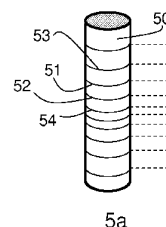
(72) Inventeur(s) : SCHAVONI MICHELE, JOUSSE
DIDIER et UTZMANN FREDERIC.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : SAINT GOBAIN RECHERCHE.

(54) PROCEDE D'OBTENTION D'UN SUBSTRAT TEXTURE POUR PANNEAU PHOTOVOLTAIQUE.

(57) L'invention se rapporte à un procédé pour l'obtention d'un revêtement extérieur d'un dispositif photovoltaïque, ledit revêtement étant constitué par un substrat verrier présentant une texturation sous la forme d'au moins une rangée de rainures parallèles entre elles et de préférence espacées d'une distance régulière d, ledit procédé se caractérisant en ce qu'on utilise, pour l'impression de ladite texturation, des moyens de texturation incorporant des reliefs dont l'espacement est différent de la distance d entre deux rangées de rainures sur le substrat verrier. L'invention porte également sur un substrat ou un module photovoltaïque incorporant un substrat pouvant être obtenu par l'application du procédé précédent.



5a



5b

FR 2 916 901 - A1



**PROCEDE D'OBTENTION D'UN SUBSTRAT TEXTURE
POUR PANNEAU PHOTOVOLTAÏQUE.**

5

L'invention se rapporte au domaine des dispositifs de conversion de l'énergie solaire en énergie électrique pour application industrielle ou domestique, comprenant ou constitués de modules photovoltaïques. Plus particulièrement

10 l'invention se rapporte au domaine des dispositifs ou modules photovoltaïques intégrant des concentrateurs, se présentant sous la forme d'un substrat texturé permettant de concentrer et guider la lumière incidente vers les cellules photovoltaïques permettant ladite conversion.

15

L'énergie solaire est aujourd'hui considérée comme une source d'énergie propre pouvant dans certains cas être une alternative aux énergies fossiles. Le marché de l'énergie photovoltaïque dans le secteur industriel et domestique connaît ainsi depuis plusieurs années des taux de croissance très importants. En 2006, la production mondiale de modules a été d'environ 2,1 GW (gigawatts), ce qui est équivalent à environ 15,5 millions de m² de modules (pour un module standard au silicium cristallin). Le taux de croissance estimé pour 2007 est de 26%, après avoir été de 23% en 2006 et de 41% en 2005.

20

25

Parmi les différentes technologies de cellules photovoltaïques, celle à base de silicium en wafer (monocristallin ou poly-cristallin) est largement dominante, avec environ 95% de parts de marché. Remarquons par ailleurs qu'un certain nombre de technologies en couches minces (Si amorphe, CIS, CdTe,...) voient le jour avec des rendements énergétiques et des coûts de fabrication plus ou moins

30

intéressants. De tels systèmes sont bien évidemment également compris dans le cadre de la présente invention.

On sait que la quantité d'énergie générée par un dispositif photovoltaïque est influencée par différents
5 facteurs et tout particulièrement par la quantité d'énergie solaire absorbée par un module, l'efficacité de conversion des cellules comprises dans ledit module, ainsi que l'intensité de la lumière impactant le module. De nombreuses recherches visent actuellement à améliorer la technologie
10 propre à chacun de ces aspects.

En outre, la quantité totale d'énergie générée par le dispositif est aussi bien évidemment directement proportionnelle à la surface recouverte par le dispositif, et plus précisément par la surface cumulée recouverte par
15 l'ensemble des cellules photovoltaïques incorporées dans le système de conversion. Ainsi la quantité d'énergie mais également le coût de l'investissement sont actuellement directement proportionnels à la taille de l'installation.

Il est connu que le coût initial de l'installation
20 constitue actuellement le principal frein du développement de l'industrie photovoltaïque.

Plus particulièrement, l'élément principal qui limite actuellement une croissance encore plus forte est la pénurie du Silicium utilisé dans la fabrication des cellules
25 photovoltaïque, dont le marché de l'énergie solaire est le plus gros débouché. Tout particulièrement, cette pénurie explique en grande partie que le coût d'une installation actuelle croisse non plus essentiellement en fonction de la taille globale de l'installation, mais surtout en fonction de
30 la partie couverte par les cellules photovoltaïques elles-mêmes.

Dans ce contexte, une approche déjà décrite consiste à réaliser des modules solaires de grande surface intégrant un

3

substrat texturé qui permet la concentration de la lumière sur des cellules de surface plus petite. Dans ces modules, pour des dimensions sensiblement identiques du dispositif et une quantité d'énergie recueillie sensiblement équivalente, 5 l'introduction de concentrateurs de la lumière permet de diminuer sensiblement la surface propre des cellules photovoltaïques, diminuant par là le coût global de l'installation.

La demande de brevet WO2006/133126 ou la demande 10 US2006/272698 décrivent des modes de réalisation possible d'un substrat texturé jouant le rôle de concentrateur de la lumière.

Sur la figure 1 jointe, on a représenté schématiquement selon une vue en perspective (figure 1a) et une vue en coupe 15 (figure 1b), le concentrateur pour en illustrer les principes de fonctionnement. Un module photovoltaïque 1 est formé d'une série de cellules photovoltaïques élémentaires 4 se présentant sous la forme de bandes collées à un substrat verrier 5. Le substrat 5 présente une texturation 7 du type 20 bidimensionnelle, tel que représenté sur la figure 1a, configurée pour permettre le piégeage de la lumière. Plus particulièrement, la texturation 7 peut être décrite comme constituée par une succession de prismes triangulaires 8, parallèles entre eux et dont l'extrémité est tronquée, de 25 telle façon que le substrat présente, sur son côté intérieur, une bande plane 11 dont la surface correspond à celle de la bande photovoltaïque 4 placée en vis à vis.

Le principe de fonctionnement est facilement compréhensible si l'on considère la trajectoire des rayons 2 et 2', tel que 30 représenté sur la Figure 1b. Les deux rayons sont réfractés à l'interface air-verre 6. Le rayon 2 réfracté arrive directement sur la cellule photovoltaïque 4, alors que le rayon 2' subit une réflexion interne totale, au point 3,

avant d'atteindre la cellule 4. L'homme de l'art comprend ainsi aisément que les rayons présentant des angles d'incidence même relativement élevés par rapport à la normale à la surface du substrat 5 seront néanmoins collectés par les

5 cellules photovoltaïques, ce qui induit une concentration de la lumière, au sens de la présente invention. Un facteur de concentration peut également être facilement calculé, correspondant au rapport entre l'espacement 10 entre deux

10 texturations successives et la largeur des cellules photovoltaïques, c'est-à-dire la largeur 9 de la bande 11. Le terme «espacement» selon la présente invention correspond au pas du motif de texturation, ou encore à la distance entre les positions médianes de deux cellules successives.

En outre, l'angle de réception des rayons lumineux peut

15 être sensiblement augmenté en utilisant une texturation sous la forme dont les reliefs sont comparables à ceux décrits en relation avec la figure 1 mais dont des flancs arrondis 20, tel qu'illustré sur la figure 2. Des flancs paraboliques sont apparus très efficaces pour le piégeage de la lumière.

20 Parmi les différents matériaux utilisables pour le substrat 5, un verre minéral présente de nombreux avantages, en particulier pour ce qui concerne la tenue au cours du temps, pour sa grande résistance à la température ou aux UV par exemple. Un verre avec une basse teneur en fer est

25 préféré pour réduire au minimum l'absorption. En particulier le verre Albarino® de la société Saint-Gobain Glass.

Bien qu'elles décrivent de manière plus ou moins complète les détails structuraux du substrat texturé, les publications antérieures ne donnent aucune indication en ce

30 qui concerne le procédé de fabrication d'un tel substrat texturé, tout particulièrement à l'échelle industrielle.

Pourtant, le procédé de fabrication du substrat texturé, tout particulier lorsqu'il est au moins essentiellement du

5

type verrier, en particulier minéral, pose problème. En effet, on conçoit immédiatement, selon la représentation décrite sur les figures 1 et 2, que lors de la fabrication du module photovoltaïque 1, les cellules photovoltaïques représentée sur ces figures sous forme de bandes 4 doivent être placées avec la plus grande précision en regard des bandes 11 sur toute la surface du module 1. En outre, en raison d'une part des coûts de production et d'autre part de la nécessité de réaliser et de vérifier, avant l'assemblage du substrat 5, tous les branchements électriques nécessaires au bon fonctionnement du module, le procédé de fabrication impose que le collage de l'ensemble des bandes photovoltaïques 4 sur les bandes 11 en regard du substrat texturé se fasse en une seule et unique étape.

Dans ces conditions, on conçoit donc que le substrat 11 doit présenter une texturation très précisément définie et régulière, non seulement au niveau des largeurs 9 des bandes 11, qui doivent correspondre exactement à celles des bandes 4, mais également au niveau des espacements 10 entre deux texturations successives.

La méthode la plus classiquement utilisée pour la fabrication de substrat en verre de grande taille consiste en un procédé de laminage, dont le principe est illustré par la figure 3, dans lequel le verre en fusion 30, tiré sur un réfractaire 33, est formé par le passage à travers des rouleaux métalliques 32 et 34. Le verre a une température de l'ordre de 1200 °C avant formage et d'environ 850°C en sortie de la machine de laminage. Lorsque l'on désire imprimer un motif ou une texturation sur le verre, une technique classique consiste à utiliser des rouleaux présentant le négatif du motif ou de la texturation que l'on souhaite obtenir sur le verre. Ces techniques de texturation sont notamment connues dans le domaine du verre décoré ou encore

dans le domaine des dispositifs photovoltaïques, par exemple dans la publication EP 1774372. Indifféremment, les rouleaux peuvent présenter une gravure sur la face supérieure et/ou inférieure. De façon bien connue, le verre est ensuite étiré
5 et envoyé vers une étenderie.

Sur la figure 4a, on a illustré un modèle classique de rouleau 40 présentant un espacement constant d entre deux motifs de texturation 41 et 42. Ces motifs de texturation sont constitués par exemple par un ensemble de reliefs ou
10 excroissances, par exemple de forme prismatiques, présentes à la surface du rouleau 40 et parallèles entre elles. Les reliefs permettent typiquement l'obtention, en face interne du substrat 5, de la texturation 7 décrite précédemment en relation avec les figures 1 ou 2.

15 Sur la figure 4b, on a représenté un substrat photovoltaïque obtenu par un tel procédé. Si les motifs sont gravés au cours de l'étape de laminage par des rouleaux métalliques présentant un relief caractérisé par un espacement constant d entre les excroissances prismatiques,
20 les essais effectués par le demandeur ont montré que, la plupart du temps, l'espacement d' que l'on retrouve sur le vitrage final n'est pas toujours rigoureusement constant, selon une distribution illustrée sur la figure 4 de manière volontairement exagérée, pour permettre une meilleure
25 compréhension. Sans que cela puisse être considérée comme une quelconque théorie ou explication définitive, il est possible que ce phénomène soit lié à l'existence d'une contraction latérale subie par le substrat verrier. Cette contraction latérale ne serait pas constante sur toute la largeur du
30 verre. De tels phénomènes peuvent trouver notamment leur origine dans la compaction du substrat de produisant lors de son refroidissement et/ou à l'étirement qu'il subit après le formage.

Si dans la majorité des applications dans lesquels le verre est texturé, ce phénomène ne présente pas de conséquences, dans le cas particulier d'un substrat pour une application photovoltaïque (concentrateur), une imprécision
5 sur le positionnement de la texturation sur le verre, au sens précédemment décrit, est incompatible avec un procédé industriel car elle ne permet pas un assemblage correct du module 1, pour les raisons précédemment expliquées.

Pour ces mêmes impératifs de précision de l'alignement entre
10 la texturation sur le substrat verrier et les cellules photovoltaïques, il est encore plus problématique de réaliser des motifs dans une direction perpendiculaire à la direction d'étirage du verre, lors de sa mise en forme.

Le but de la présente invention consiste ainsi en un
15 procédé permettant de résoudre les problèmes précédemment exposés, et consiste en particulier en un procédé permettant l'obtention d'un substrat verrier présentant une texturation dont la précision est améliorée. Une telle amélioration a pour effet de garantir lors de la fabrication d'un module
20 photovoltaïque, notamment à l'échelle industrielle, un assemblage suffisamment précis dudit substrat avec les cellules photovoltaïques placés au regard de ladite texturation.

Plus précisément, la présente invention se rapporte à un
25 procédé pour l'obtention d'un revêtement extérieur d'un dispositif photovoltaïque, ledit revêtement étant constitué par un substrat verrier présentant une texturation sous la forme d'au moins une rangée de rainures parallèles entre elles et de préférence espacées d'une distance régulière d,
30 ledit procédé se caractérisant en ce qu'on utilise, pour l'impression de ladite texturation, des moyens de texturation incorporant des reliefs dont l'espacement est différent de la

distance d entre deux rangées de rainures sur le substrat verrier.

Par exemple, lesdits moyens d'impression comprennent au moins un rouleau présentant des reliefs dont l'espacement est
5 différent de la distance d entre deux rangées de rainures sur le substrat verrier.

Typiquement, l'espacement entre deux reliefs successifs sur les moyens d'impression n'est pas constant.

10 Selon une réalisation possible, l'espacement entre deux reliefs successifs sur le rouleau d'impression est minimal au milieu du rouleau et maximal à ses extrémités.

Par exemple l'augmentation de l'espacement entre deux reliefs successifs depuis le milieu du rouleau vers ses
15 extrémités est progressive et linéaire.

Selon une autre réalisation, l'augmentation de l'espacement entre deux reliefs successifs depuis le milieu du rouleau vers ses extrémités est progressive et suit une loi
20 parabolique ou une loi polynomiale d'ordre plus élevée.

L'invention se rapporte également au substrat verrier pour application photovoltaïque, présentant une texturation dont la précision est améliorée par l'utilisation d'un
procédé de fabrication tel que précédemment exposé.

25 Selon un autre aspect, l'invention se rapporte également à un substrat présentant une texturation sur ses deux faces principales. Dans ce mode de réalisation, tel qu'il sera explicité dans les modes de réalisation qui suivent, les
30 performances du module peuvent encore être améliorées.

Plus généralement, un module photovoltaïque a pu être obtenu pour la première fois selon la présente invention, comprenant un substrat verrier présentant une texturation sur

ses deux faces principales, les texturations de la face interne et de la face externe étant configurées et disposées l'une par rapport à l'autre pour concourir à une augmentation du facteur de concentration du rayonnement solaire incident
5 vers les zones de ladite face interne dudit substrat au contact desquelles sont disposées les cellules photovoltaïques, dans ledit module.

Aucune méthode n'avait été décrite jusqu'à présent permettant l'obtention d'un tel substrat. Par application des
10 principes et du procédé de fabrication précédemment décrits, un tel substrat a maintenant pu être obtenu par le demandeur, avec une précision suffisante de la texturation sur les deux faces en regard, pour permettre une augmentation substantielle des performances du module photovoltaïque.

15 Selon certains modes de réalisation de l'invention, les texturations présentes sur les faces intérieure et extérieure du substrat verrier sont disposées selon des lignes parallèles. Les essais effectués par le demandeur ont montrés que dans ce cas, lesdites texturations en face interne et
20 externe doivent préférentiellement être configurées et disposées précisément l'une par rapport à l'autre, pour concourir ensemble à une augmentation supplémentaire du facteur de concentration de la lumière.

Selon d'autres modes de réalisation de l'invention, les
25 texturations présentes sur les faces intérieure et extérieure du substrat verrier sont disposées selon des lignes orthogonales. Dans ce cas, les essais effectués par le demandeur ont montrés qu'une disposition précise desdites texturations en face interne et externe l'une par rapport à
30 l'autre n'était pas forcément nécessaire pour obtenir l'effet d'augmentation supplémentaire du facteur de concentration de la lumière.

Selon une première réalisation possible du module photovoltaïque, la texturation de la face interne du substrat verrier comprend au moins une rangée de rainures parallèles entre elles et espacées d'une distance d , et la texturation
5 de la face externe consiste en une rangée de rainures parallèles entre elles, disposées au droit des rainures de la face interne et espacées de cette même distance d .

Selon une autre réalisation du module photovoltaïque, la
10 texturation de la face interne du substrat verrier comprend au moins une rangée de rainures parallèles entre elles et espacées d'une distance d , et la texturation de la face externe consiste en une rangée de lentilles du type cylindrique parallèles entre elles et espacées de cette même
15 distance d .

Selon une troisième réalisation du module photovoltaïque, la texturation de la face interne du substrat verrier comprend au moins une rangée de rainures parallèles entre elles et espacées d'une distance d , et la texturation de la
20 face externe consiste en un réseau de motifs tridimensionnels tels que des pyramides ou des cônes.

Selon une réalisation alternative du module photovoltaïque, la texturation de la face interne du substrat verrier comprend au moins une rangée de rainures parallèles
25 entre elles et espacées d'une distance d , et la texturation de la face externe comprend au moins une rangée de rainures parallèles entre elles, les rainures des faces supérieures et inférieures étant disposées orthogonalement les unes par rapport aux autres.

30 L'invention se rapporte également au substrat verrier tel que décrit précédemment et présentant une texturation sur ses deux faces principales.

L'invention, ses différents aspects et ses avantages seront mieux compris à la lecture des exemples de réalisation non limitatifs qui suivent, donnés à titre purement illustratifs.

5 La figure 1, déjà décrite précédemment, illustre deux vues schématiques, en perspective et en coupe, d'un module photovoltaïque incorporant un substrat verrier texturé jouant le rôle de concentrateur du rayonnement solaire sur les cellules photovoltaïque.

10 La figure 2 illustre une autre réalisation dans laquelle la texturation présente un rainurage dont les flancs sont arrondis.

La figure 3 illustre schématiquement un procédé de laminage dans lequel sont utilisés des rouleaux de laminage servant en outre de moyens de texturation, au sens de la présente invention.

15 La figure 4a schématise selon l'art antérieur un rouleau présentant des reliefs de texturation dont l'espacement d est constant, permettant d'obtenir, après formage et laminage, le substrat verrier texturé représenté sur la figure 4b.

20 La figure 5a illustre un rouleau selon un mode de réalisation de l'invention comprenant un rouleau incorporant des reliefs selon l'invention, permettant d'obtenir après formage et laminage le substrat verrier texturé représenté sur la figure 5b et dont l'espacement d entre deux rainures successives est constant.

La figure 6 illustre une vue en coupe d'un mode de réalisation du relief présent à la surface du rouleau de texturation.

30 La figure 7 schématise un exemple de réalisation d'une texturation typique susceptible d'être obtenue par application de la présente invention.

La figure 8 représente un premier mode de réalisation d'un substrat verrier texturé sur ses deux faces principales selon la présente invention.

5 Les figures 9a, 9b et 9c représentent trois variantes d'un deuxième mode de réalisation d'un substrat verrier texturé sur ses deux faces principales selon la présente invention.

10 La figure 10 représente un troisième mode de réalisation d'un substrat verrier texturé sur ses deux faces principales selon la présente invention.

La figure 11 représente un quatrième mode de réalisation d'un substrat verrier texturé sur ses deux faces principales selon la présente invention.

15 Sur la figure 5, on a représenté un rouleau 50 permettant la mise en œuvre du procédé selon l'invention. Le rouleau 50 présentant un espacement non constant entre les lignes de relief 51 et 52 et entre les lignes de relief 51 et 53 ou encore 52 et 54. Plus précisément, pour obtenir un
20 espacement d constant sur le vitrage tel que représenté sur la figure 5b, il est nécessaire, lorsqu'on utilise un rouleau lamineur, que l'espacement entre deux reliefs successifs sur les moyens d'impression ne soit pas constant, dans le sens de la longueur du rouleau. Ainsi une amélioration sensible de la
25 régularité de la texturation imprimée sur le substrat verrier, au sens précédemment décrit, a été observée par le demandeur si l'espacement entre deux reliefs successifs sur le rouleau d'impression est non constant et en particulier minimal au milieu du rouleau et maximal aux extrémités.

30 Des résultats permettant l'obtention d'une texturation suffisamment précise et régulière pour l'utilisation du substrat dans un procédé de fabrication d'un module photovoltaïque ont été observé dans le cas où l'augmentation

de l'espacement entre deux reliefs successifs est progressive et sensiblement linéaire depuis le milieu du rouleau vers ses extrémités.

5 D'autres solutions ont permis d'obtenir une précision tout à fait satisfaisant de la texturation finalement obtenue sur le substrat verrier pour l'application, en particulier dans le cas où l'augmentation de l'espacement entre deux reliefs successifs suit sensiblement une variation du type parabolique depuis le milieu du rouleau vers ses extrémités.

10 Au sens de la présente description, on entend par variation linéaire par exemple une variation suivant une loi générale du type :

$$d_{n+1} = ax_n + b, \text{ où}$$

15 d_{n+1} est la distance séparant deux reliefs successifs n et $n+1$ sur le rouleau,

a et b sont des constantes et

x_n est, en valeur absolue, la distance entre le centre du rouleau et le $n^{\text{ième}}$ relief.

20 Au sens de la présente description, on entend par variation parabolique par exemple une variation suivant une loi générale du type :

$$d_{n+1} = ax_n^2 + bx_n + c, \text{ où}$$

d_{n+1} et x_n ont la même signification que précédemment et

a , b et c sont des constantes.

25 Sans sortir du cadre de l'invention, la position du premier relief peut indifféremment être ou non au centre du rouleau.

Pour les réalisations ayant nécessité une précision encore améliorée, des fonctions polynomiales d'ordre supérieure ont également été testées avec succès.

30 La solution ci-dessus, décrite en relation avec les figures 5a et 5b, a notamment permis l'obtention par impression de motifs de texturation plus complexes à partir de rouleaux dont les reliefs ont été adaptés, en particulier

de pyramides à 3, 4, 5, 6 faces, des cônes, des prismes, avec une précision suffisante pour permettre une application comme substrat texturé pour module photovoltaïque.

La figure 6 représente un profil typique, vue en coupe, d'un relief du rouleau lamineur 50 de la figure 5, permettant l'obtention sur le substrat de la texturation recherchée.

Le verre n'arrivant pas à remplir parfaitement les motifs sur les rouleaux, il est possible de compenser ces problèmes d'impression en utilisant des motifs adaptés sur les rouleaux. La figure 6 montre le profil des reliefs 60 présents à la surface 63 du rouleau 50. Sur la figure, on a reporté selon la ligne pointillée 62 le profil idéal recherché sur le substrat verrier final, la ligne en trait plein 61 représentant le profil réellement obtenu sur le verre, au final, si le rouleau 50 présente le relief 60.

Dans la Fig. 7 un exemple de réalisation d'un substrat verrier texturé, obtenu par application du procédé selon l'invention, est décrit. La plaque de verre texturée 5 a une épaisseur totale de 4 mm et présente un espacement 10 entre deux texturations égale à 4 mm. La profondeur 70 de la texturation est de 1,2 mm. Le profil de la texture est parabolique, avec une tangente au point A qui forme un angle de 40° avec le plan de la plaque au point A. Les bandes 11, sur lesquelles seront placées les cellules (non représentés sur la figure 7), ont une largeur de 2mm, ce qui correspond à un facteur de concentration de 200%.

Selon l'invention, on a utilisé un rouleau dont l'écartement d entre les reliefs successifs, tels que décrit en relation avec les figures 5 et 6, suit une loi parabolique, au sens précédemment décrit. Les variations obtenues sur les paramètres 11, 10, caractéristiques de la texturation, sont inférieures à 0,1 mm voire même inférieur à 0,05 mm.

Bien entendu, la présente invention n'est pas limitée au profil de texturation représenté sur la figure 7. Par exemple, sans sortir du cadre de l'invention, les cellules peuvent avoir une largeur comprise entre quelques mm et
5 quelques cm et une longueur de plusieurs cm.

Plus généralement, la présente invention est applicable à l'obtention de tout type de texturation permettant d'obtenir une concentration de la lumière, au sens précédemment décrit. Ainsi, les principes et réalisations décrits dans la présente
10 demande peuvent s'appliquer à d'autres motifs à géométrie cylindrique obtenus par exemple par un procédé de laminage du verre entre deux rouleaux ou un autre procédé de gravure et/ou de texturation. A titre d'exemple, on peut citer la géométrie décrite dans la demande de brevet US2006/0272698A1.

15 Selon un mode possible de fabrication d'un substrat par application des principes de la présente invention, il est possible en particulier d'obtenir une surface texturée associée à une couche miroir. Cette configuration permet d'obtenir des facteurs de concentration intéressants. Plus
20 précisément, on utilise une plaque en verre texturé selon des angles relativement faibles, que l'on recouvre d'une couche réfléchissante. Les cellules photovoltaïques reçoivent selon ce mode ainsi à la fois la lumière directe, et celle après réflexion.

25 Si les motifs décrits ci-dessus sont disposés sur la face inférieure (ou interne) du substrat de verre, c'est-à-dire du côté destiné à être placé directement en vis-à-vis des cellules photovoltaïques dans le module, il est également possible, selon d'autres réalisations de l'invention, de
30 disposer sur un substrat verrier une texturation sur les deux faces principales, c'est-à-dire sur les faces internes et externes.

Par application des principes et du procédé de fabrication précédemment décrits, un tel substrat a maintenant pu être obtenu pour la première fois par le demandeur, présentant une texturation dont la précision et la

5 régularité sont suffisantes sur les deux faces en regard pour permettre une augmentation substantielle des performances du module photovoltaïque.

Ainsi, la précision obtenue sur les profils respectifs des motifs sur les faces internes et externes, ainsi que la

10 précision obtenue sur leurs positions respectives, ont permis d'obtenir une augmentation substantielle du facteur de concentration du rayonnement solaire incident vers les zones de la face interne dudit substrat au contact desquelles sont disposées les cellules photovoltaïques, dans le module.

15 Plus précisément, des substrats texturés ont pu être obtenus en utilisant, selon les principes décrits en relation avec la figure 3, des rouleaux inférieurs et supérieurs incorporant des reliefs adaptés à l'obtention des profils souhaités, selon les principes précédemment décrits.

20 Des exemples de substrats texturés sur les deux faces présentant des performances améliorées sont décrites ci-dessous, en relation avec les figures 8 à 11.

Sur la figure 8, on a représenté un premier substrat

25 verrier 80 texturé sur ses deux faces 81 et 82. La texturation sur la face interne 82 correspond à celle déjà décrite en relation avec les figures 1 ou 7.

Le principe de fonctionnement est le même que celui déjà décrit en relation avec la figure 1. Additionnellement, le

30 substrat 80 incorpore sur sa face externe 81 un réseau de lentilles cylindriques 83, chaque lentille étant centrée en face d'une cellule photovoltaïque sous jacente.

Les essais menés par le demandeur ont aussi montré qu'avec une texturation sur les deux faces, il est possible, pour un même facteur de concentration de la lumière et par comparaison avec un substrat texturé uniquement sur sa face

5 interne (cf. figure 1), d'utiliser un angle au sommet θ plus faible sur la face interne 82, ainsi qu'une profondeur de texturation p plus réduite, tels que représentés sur la figure 8. Les lentilles cylindriques permettent une première redirection des rayons lumineux vers les cellules

10 photovoltaïques, tel que représenté par le trajet lumineux du rayon 84. D'autres rayons 85, 86 peuvent également subir une réflexion interne totale si la focalisation de la lentille n'est pas suffisante.

Une telle diminution de l'angle θ et de la profondeur p

15 facilite ainsi la fabrication de la plaque en verre, l'obtention d'angles trop aigus étant difficile avec des procédés de fabrication standard du substrat verrier comme le laminage.

L'ajout d'une texturation en face extérieure permet en

20 outre de faciliter la trempe d'un tel vitrage. Un vitrage texturé sur une seule face comme celui décrit sur la figure 1 est apparu très difficile à tremper, vraisemblablement à cause de la très forte asymétrie entre les deux faces. Il apparaît en effet que la texturation interne favorise une

25 déformation du vitrage après sa trempe. Un tel phénomène n'a pas été observé sur un substrat texturé sur ses deux faces.

Sur la figure 9, on a représenté trois variantes d'un

deuxième mode de réalisation d'un substrat verrier texturé sur ses deux faces principales selon la présente invention.

30 La texturation de la face interne reste selon ces trois variantes comparable à celle décrite précédemment. Dans ces variantes, la face extérieure du vitrage présente une texturation sous la forme de prismes parallèles dont le

sommet est disposé au droit des cellules photovoltaïques. Plus précisément, la figure 9a représente une texturation sur la face extérieure se composant d'une série parallèle de prismes droits triangulaires 90.

- 5 La texturation externe du substrat de la figure 9b se compose d'une succession de prismes triangulaires 91 parallèles dont l'extrémité 92 est tronquée, identiques ou différents de ceux constituant la texturation de la face interne.

- La texturation externe du substrat de la figure 9c se compose
10 d'une succession de prismes triangulaires 93 dont des flancs 94 sont arrondis.

- La figure 10 illustre une autre réalisation dans laquelle la texturation de la face externe présente des motifs tridimensionnels pyramidaux 100. Selon ce mode, les
15 meilleurs facteurs de concentration ont été obtenus lorsque les motifs 100 sont disposés tel qu'illustré par la figure 10, c'est-à-dire lorsque les sommets des motifs s'inscrivent selon des lignes parallèles 101 disposées au droit des médianes 102 des bandes 4 de cellules photovoltaïques.

- 20 La figure 11 illustre une autre réalisation dans laquelle la texturation de la face externe est bidimensionnelle et se présente sous la forme de prismes parallèles 110 orientés orthogonalement par rapport aux motifs bidimensionnels de la face interne. Selon cette
25 configuration, il a été observé par le demandeur que de manière surprenante, de bons facteurs de concentration pouvaient être observés même si les texturations orthogonales disposées en regard sur les deux faces n'étaient pas alignées selon les modalités précédemment exposées. En variante, il
30 est également possible selon l'invention de disposer des lentilles cylindriques telles que décrite selon la figure 8 sur la face externe, orientés orthogonalement par rapport aux motifs bidimensionnels de la face interne. Sans sortir du

cadre de l'invention, la texturation de la face externe, disposées orthogonalement par rapport à celle de la face interne, peut également être du type décrit précédemment, en connexion avec les figures 9a, 9b ou 9c.

- 5 Ces dernières variantes, ont également pour avantage de simplifier sensiblement l'étape de trempe du substrat verrier, au cours de sa fabrication.

- 10 Le motif de la texturation adaptée à la face externe n'est pas limité à ceux décrits précédemment, en relation avec les figures 8 à 11. Sans sortir du cadre de l'invention, il est possible en particulier, d'utiliser tout type de profil permettant en particulier de capturer les rayons lumineux de basse incidence et de les dévier vers les
- 15 cellules photovoltaïques. Des exemples de texturation possible en face externe sont par exemple décrits dans les demandes, WO03046617, WO2006/134301 ou WO2006/134300.

- 20 Les avantages de l'invention sont illustrés par les exemples qui suivent :

- Dans ces exemples, on a imprimé par l'intermédiaire d'un rouleau représentant le profil décrit précédemment en relation avec les figures 5 et 6 précédentes, un substrat texturé présentant les caractéristiques géométriques
- 25 reportées sur la figure 7.

- Les graphes reportés sur la figure 12 permettent d'apprécier la précision conférée sur le substrat verrier finalement obtenu, en fonction du profil de texturation du rouleau utilisé. Le graphe du bas est un agrandissement de
- 30 celui du haut, centré sur la valeur de périodicité recherchée pour le motif (4mm).

La technique utilisée pour l'obtention du substrat verrier est une technique classique de laminage, telle que

décrite en relation avec la figure 3. Le verre utilisé est un verre Albarino® commercialisé par la société Saint-Gobain Glass.

Sur la figure 12 :

- 5 - les repères carrés illustrent la périodicité des sillons observés sur le substrat finalement obtenu lorsque la distance d entre deux reliefs sur le rouleau est constante et égale à 4 mm,
- 10 - les repères circulaires illustrent la périodicité des sillons observés sur le substrat finalement obtenu lorsque la distance d_{n+1} entre deux reliefs successifs n et $n+1$ sur le rouleau n'est pas constante et augmente linéairement selon la formule :
- $d_{n+1} = 4,038 + 1,75 \times 10^{-4} x_n,$
- 15 dans laquelle d_{n+1} (mm) et x_n (mm) ont les définitions données précédemment,
- 20 - les repères triangulaires illustrent la périodicité des sillons observés sur le substrat finalement obtenu lorsque la distance d_{n+1} entre deux reliefs successifs n et $n+1$ sur le rouleau n'est pas constante et augmente selon une loi parabolique répondant à la formule :
- $d_{n+1}(\text{mm}) = 4,038 + 1,65 \times 10^{-4} x_n (\text{mm}) + 10^{-8} x_n^2,$
- 25 dans laquelle d_{n+1} (mm) et x_n (mm) ont les définitions données précédemment.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour l'obtention d'un revêtement extérieur d'un
5 dispositif photovoltaïque, ledit revêtement étant
constitué par un substrat verrier présentant une
texturation sous la forme d'au moins une rangée de
rainures parallèles entre elles et de préférence espacées
d'une distance régulière d , ledit procédé se
10 caractérisant en ce qu'on utilise, pour l'impression de
ladite texturation, des moyens de texturation incorporant
des reliefs dont l'espacement est différent de la
distance d entre deux rangées de rainures sur le substrat
verrier.
15
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel lesdits
moyens d'impression comprennent au moins un rouleau
présentant des reliefs dont l'espacement est différent de
la distance d entre deux rangées de rainures sur le
20 substrat verrier.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel
l'espacement entre deux reliefs successifs sur les moyens
d'impression n'est pas constant.
25
4. Procédé selon la revendication 3 dans lequel l'espacement
entre deux reliefs successifs sur le rouleau d'impression
est minimal au milieu du rouleau et maximal à ses
extrémités.
30
5. Procédé selon la revendication 4 dans lequel
l'augmentation de l'espacement entre deux reliefs

successifs depuis le milieu du rouleau vers ses extrémités est progressive et linéaire.

- 5 6. Procédé selon la revendication 4 dans lequel l'augmentation de l'espacement entre deux reliefs successifs depuis le milieu du rouleau vers ses extrémités est progressive et suit une loi parabolique ou une loi polynomiale d'ordre plus élevée.
- 10 7. Substrat verrier pour application photovoltaïque susceptible d'être obtenu par un procédé selon l'une des revendications précédentes.
- 15 8. Module photovoltaïque, comprenant un substrat verrier présentant une texturation sur chacune de ses deux faces principales, ladite texturation étant susceptible d'être obtenue par application d'un procédé selon l'une des revendications précédentes, les texturations de la face interne et les texturations de la face externe étant
- 20 configurées et disposées l'une par rapport à l'autre pour concourir à une augmentation du facteur de concentration du rayonnement solaire incident vers les zones de ladite face interne dudit substrat au contact desquelles sont disposées les cellules photovoltaïques, dans ledit
- 25 module.
- 30 9. Module photovoltaïque selon la revendication 8, dans lequel la texturation de la face interne du substrat verrier comprend au moins une rangée de rainures parallèles entre elles et espacées d'une distance d , et dans laquelle la texturation de la face externe consiste en une rangée de rainures parallèles entre elles,

disposées au droit des rainures de la face interne et espacées de cette même distance d .

10. Module photovoltaïque selon la revendication 8, dans
5 lequel la texturation de la face interne du substrat
verrier comprend au moins une rangée de rainures
parallèles entre elles et espacées d'une distance d , et
dans laquelle la texturation de la face externe consiste
10 en une rangée de lentilles du type cylindrique parallèles
entre elles et espacées de cette même distance d .
11. Module photovoltaïque selon la revendication 8, dans
lequel la texturation de la face interne du substrat
verrier comprend au moins une rangée de rainures
15 parallèles entre elles et espacées d'une distance d , et
dans laquelle la texturation de la face externe consiste
en un réseau de motifs tridimensionnels tels que des
pyramides ou des cônes.
- 20 12. Module photovoltaïque selon la revendication 8, dans
lequel la texturation de la face interne du substrat
verrier comprend au moins une rangée de rainures
parallèles entre elles et espacées d'une distance d , et
25 dans laquelle la texturation de la face externe comprend
au moins une rangée de rainures parallèles entre elles,
les rainures des faces supérieures et inférieures étant
disposées orthogonalement les unes par rapport aux
autres.
- 30 13. Substrat verrier selon l'une des revendications 8 à 12,
présentant une texturation sur ses deux faces
principales.

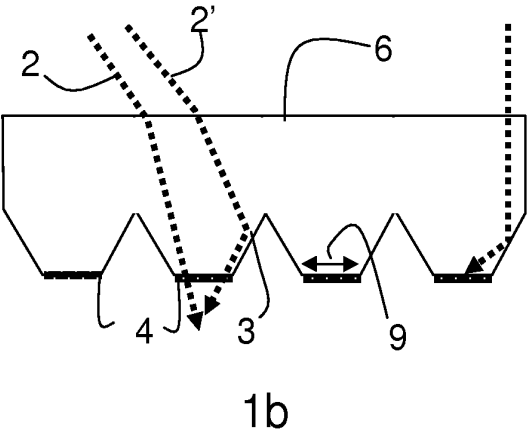
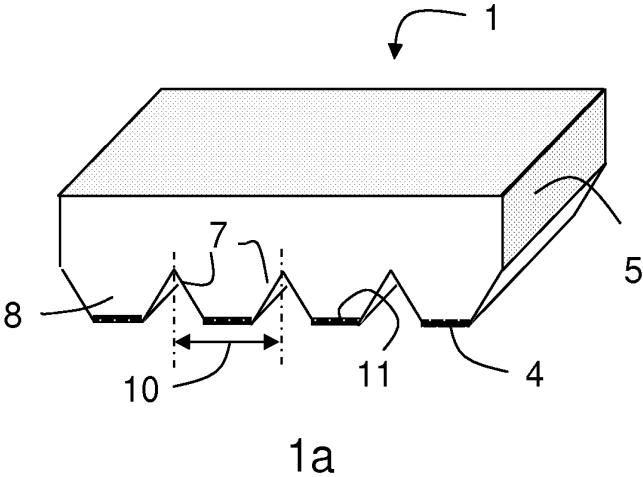


FIG. 1

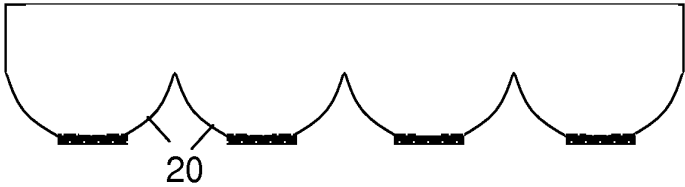


FIG. 2

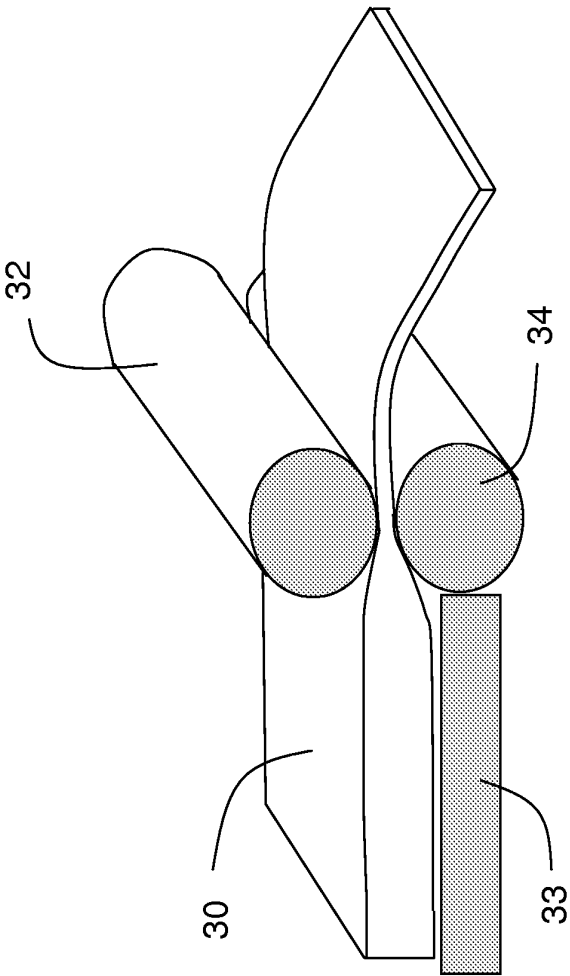
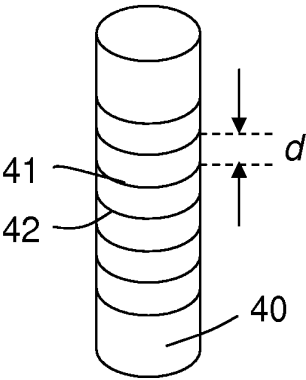
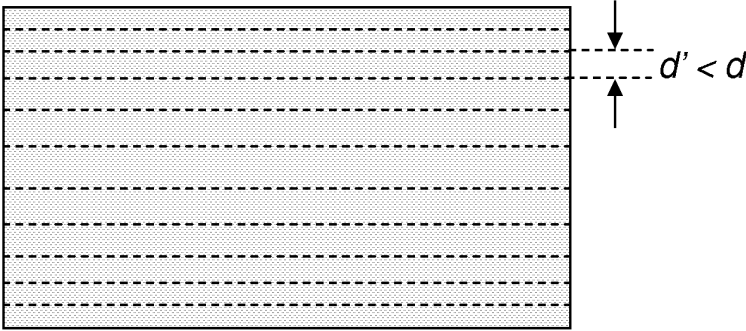


FIG. 3

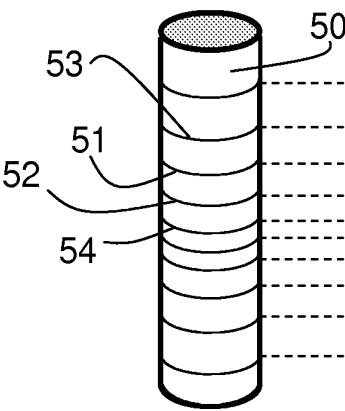


4a

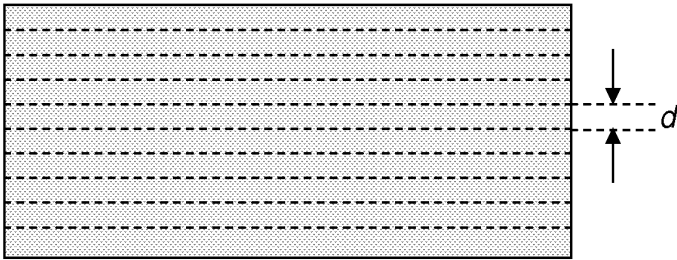


4b

FIG. 4



5a



5b

FIG. 5

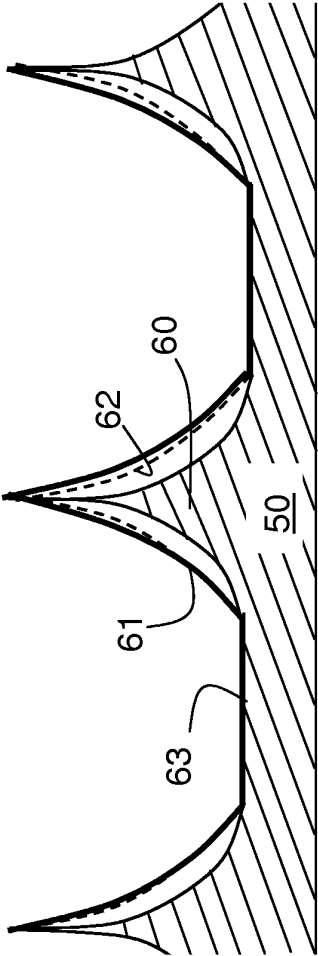


FIG. 6

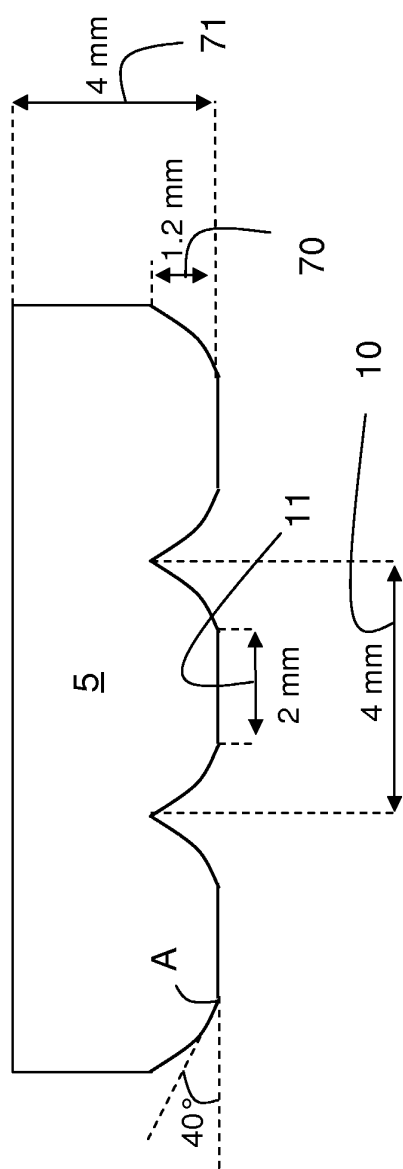


FIG. 7

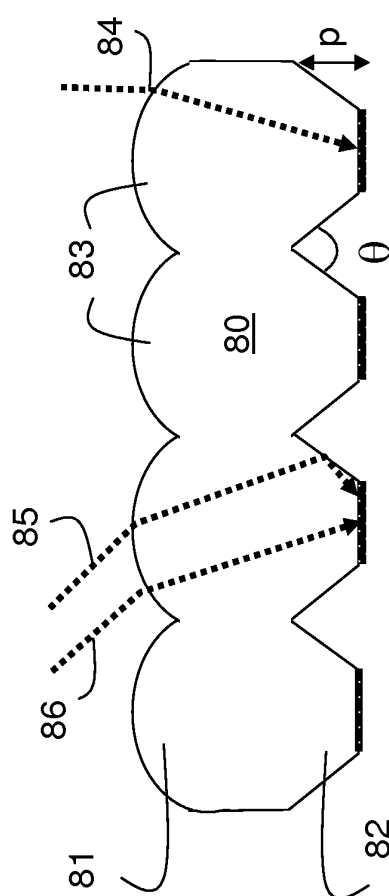
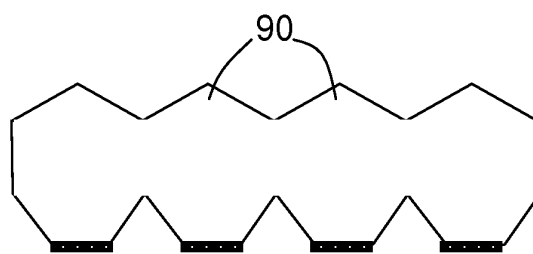
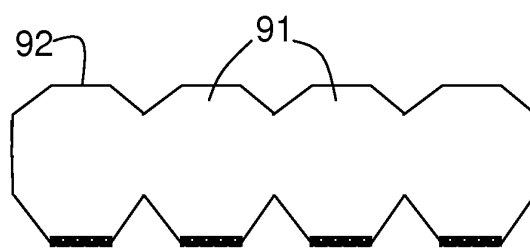


Fig. 8

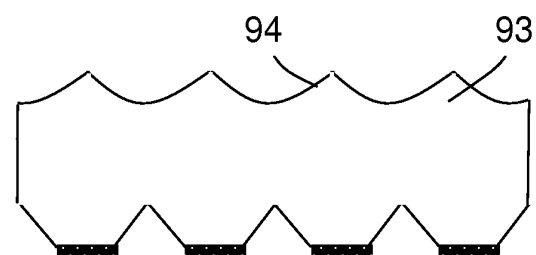
9/12



9a



9b



9c

FIG. 9

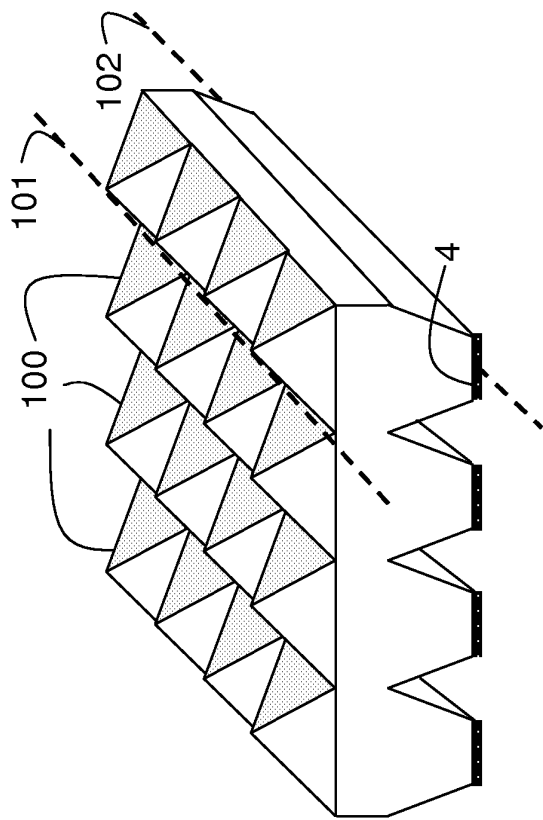


FIG. 10

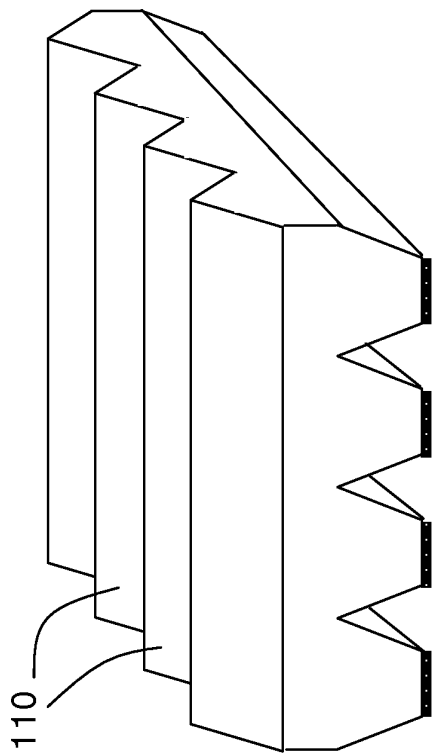


FIG. 11

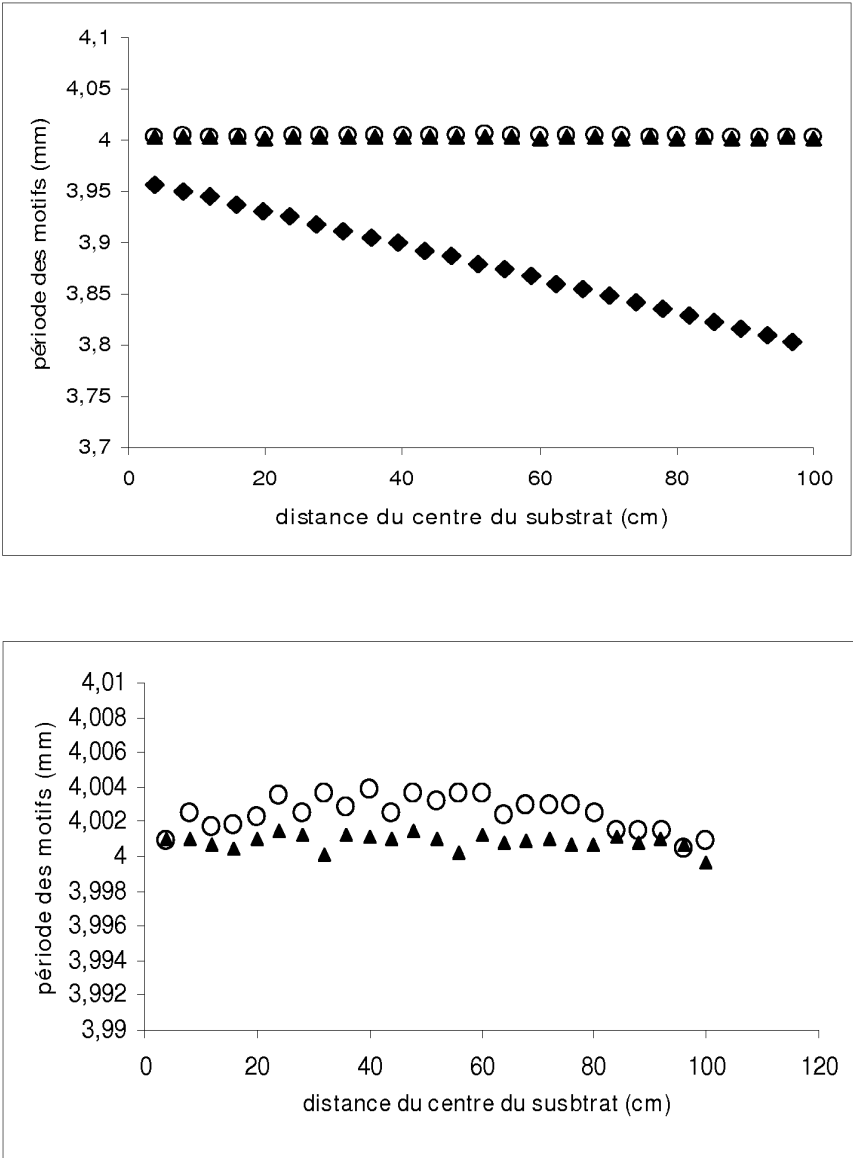


FIG. 12



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 694169
FR 0755378

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		
D,X	WO 2005/111670 A (SAINT GOBAIN [FR]; GAYOUT PATRICK [FR]; NEUMANN DIRK [DE]; VAVERKA ING) 24 novembre 2005 (2005-11-24)	7-13	H01L31/18 H01L31/052 H01L31/0236
A	* abrégé; figure 4 * * page 8, ligne 6 - ligne 25 * -----	1	B29C43/00 G02B5/00
X	US 2004/086716 A1 (WEIKINGER JOSEF [CH]) 6 mai 2004 (2004-05-06)	7-13	
A	* alinéas [0004] - [0008], [0030] - [0037]; figures 3a-3h * -----	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H01L B32B G02B B29C B29D B29L G03B C03B C03C
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
28 janvier 2008		Favre, Pierre	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		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	
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			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0755378 FA 694169**

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 **28-01-2008**

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 2005111670 A	24-11-2005	CN 2850965 Y	27-12-2006
		EP 1774372 A1	18-04-2007
		FR 2870007 A1	11-11-2005
		JP 2007536756 T	13-12-2007
		KR 20070015570 A	05-02-2007
		US 2007240754 A1	18-10-2007

US 2004086716 A1	06-05-2004	AT 255070 T	15-12-2003
		WO 02064518 A1	22-08-2002
		DE 50101048 D1	08-01-2004
		EP 1301443 A1	16-04-2003
