

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

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

2 853 993

21) N° d'enregistrement national : 03 04729

51) Int Cl⁷ : H 01 L 31/048

12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 16.04.03.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 22.10.04 Bulletin 04/43.

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) : *DGTEC Société par actions simplifiée*
— FR et *APOLLON SOLAR* — FR.

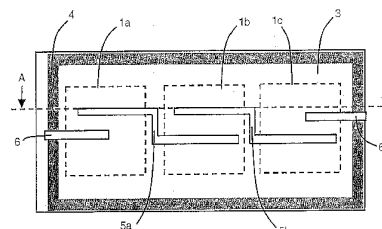
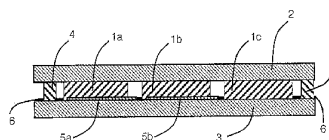
72) Inventeur(s) : BARET GUY et LAUVRAY HUBERT.

73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : CABINET HECKE.

54) PROCÉDE DE REALISATION D'UN MODULE PHOTOVOLTAIQUE ET MODULE PHOTOVOLTAIQUE REALISE PAR CE PROCÉDE.

57) Le module comporte des cellules (1) photovoltaïques ayant chacune des pôles positif et négatif disposés d'un même côté de la cellule. Les cellules sont disposées côte à côte entre les faces internes de deux substrats de verre avant et arrière (3) et connectées en série par des conducteurs d'interconnexion reliant un pôle positif d'une cellule (1a) à un pôle négatif de la cellule (1b) adjacente. Un joint de scellement (4) en matériau minéral est disposé entre les deux substrats de verre (3) et délimitant un volume intérieur étanche à l'intérieur duquel sont disposées toutes les cellules (1). Le procédé comporte, avant la mise en place des cellules (1), le dépôt, sur une face interne d'un seul des substrats de verre, de bandes de pâte d'argent (5a, 5b) constituant les conducteurs d'interconnexion, reliant le pôle positif d'une cellule (1a) au pôle négatif d'une cellule (1b) adjacente.



FR 2 853 993 - A1



Procédé de réalisation d'un module photovoltaïque et module photovoltaïque réalisé par ce procédé

5 Domaine technique de l'invention

L'invention concerne un procédé de réalisation d'un module photovoltaïque comportant des cellules photovoltaïques ayant chacune des pôles positif et négatif disposés d'un même côté de la cellule, les cellules étant disposées côte à côte entre des faces internes de deux substrats de verre avant et arrière et connectées en série par des conducteurs d'interconnexion reliant un pôle positif d'une cellule à un pôle négatif de la cellule adjacente.

15 État de la technique

Une cellule photovoltaïque est classiquement formée sur un substrat en silicium massif découpé sous forme de tranches de quelques centaines de microns d'épaisseur. Le substrat peut être constitué de silicium monocristallin, de silicium polycristallin ou de couches semiconductrices déposées sur un substrat de verre ou de céramique. Elle possède à sa surface un réseau d'électrodes étroites, généralement en argent ou en aluminium, destinées à drainer le courant vers une ou plusieurs électrodes principales de 1 à quelques millimètres de largeur, également en argent ou en aluminium.

25

Chaque cellule fournit un courant dépendant de l'éclairement sous une tension électrique qui dépend de la nature du semiconducteur et qui est habituellement de l'ordre de 0,45V à 0,65V pour le silicium cristallin. Des tensions de 6V à plusieurs dizaines de volts étant habituellement nécessaires pour faire

fonctionner des appareils électriques, un module photovoltaïque est généralement constitué par un assemblage de plusieurs cellules en série. Un module de 40 cellules fournit par exemple près de 24 volts. Selon les courants demandés, plusieurs cellules peuvent également être placées en parallèle. Un

5 générateur peut ensuite être réalisé en y adjoignant éventuellement des accumulateurs, un régulateur de tension, etc ...

Pour fabriquer un module photovoltaïque, les cellules sont préparées, c'est-à-dire recouvertes d'un réseau d'électrodes et connectées entre elles par des

10 conducteurs métalliques. L'ensemble ainsi formé est ensuite placé entre deux feuilles de polymère, elles-mêmes enserrées entre deux substrats de verre. L'ensemble est alors chauffé aux environs de 120°C pour ramollir fortement le polymère, le rendre transparent et assurer la cohésion mécanique du module.

15 Dans un module photovoltaïque connu, des conducteurs de liaison arrière associés à une première cellule sont reliés aux conducteurs de liaison avant associés à une seconde cellule, adjacente. Si le module comporte plus de deux cellules, les conducteurs de liaison arrière de la seconde cellule sont alors connectés aux conducteurs de liaison avant de la cellule suivante, toutes les

20 cellules étant ainsi connectées en série. En pratique, un conducteur de liaison arrière d'une cellule et le conducteur de liaison avant associé de la cellule voisine peuvent être constitués par un même conducteur d'interconnexion. Les conducteurs de liaison des cellules d'extrémité servent de connecteurs vers l'extérieur.

25

Un assemblage de cellules photovoltaïque sous forme matricielle peut comporter des conducteurs de liaisons transversaux reliant les cellules en parallèle. Typiquement les conducteurs de liaison transversaux, constitués par une âme en cuivre et un dépôt superficiel d'un alliage étain-plomb, sont soudés

avec un alliage étain-plomb sur des zones de connexion de la cellule. Les conducteurs de liaison peuvent également être réalisés par dépôt d'une pâte d'argent selon le motif désiré, puis cuisson à haute température.

5 Dans le document DE-A-4128766, les conducteurs de liaison avant et arrière sont formés sur la face interne des substrats de verre avant et arrière en regard de l'emplacement de chacune des cellules. Les conducteurs de liaison sont ensuite soudés sur les cellules et sur des éléments d'interconnexion destinés à
10 connecter les cellules en série. L'espace restant entre les substrats de verre est ensuite rempli par une résine organique.

Par ailleurs, dans certaines cellules connues (brevet US6384317), les pôles positif et négatif de la cellule sont ramenés sur une des faces de celle-ci, en particulier sur sa face arrière.

15 La soudure des conducteurs de liaison et l'assemblage des cellules constitue un handicap car ce sont des opérations longues pouvant casser les cellules et entraîner un coût de production élevé.

20

Objet de l'invention

L'invention a pour but de remédier à ces inconvénients et, en particulier, un procédé de réalisation d'un module photovoltaïque minimisant le nombre
25 d'opérations de soudure et le coût de fabrication, plus particulièrement pour des cellules dont les pôles positif et négatif sont disposés d'un même côté de la cellule.

Selon l'invention, ce but est atteint par le fait que le procédé comporte, avant la mise en place des cellules, le dépôt, sur une face interne d'un seul des substrats de verre, de bandes de pâte d'argent constituant les conducteurs d'interconnexion, et qu'il comporte la mise en place d'un joint de scellement en
5 matériau minéral, disposé entre les deux substrats de verre et délimitant un volume intérieur étanche à l'intérieur duquel sont disposées toutes les cellules.

L'invention a également pour but un module photovoltaïque comportant un joint de scellement en matériau minéral, disposé entre les deux substrats de verre et
10 délimitant un volume intérieur étanche à l'intérieur duquel sont disposées toutes les cellules, les conducteurs d'interconnexion étant constitués par des bandes de pâte d'argent disposées sur une face interne d'un seul des substrats de verre.

15

Description sommaire des dessins

D'autres avantages et caractéristiques ressortiront plus clairement de la description qui va suivre de modes particuliers de réalisation de l'invention
20 donnés à titre d'exemples non limitatifs et représentés aux dessins annexés, dans lesquels :

Les figures 1 et 2 représentent un mode de réalisation particulier d'un module photovoltaïque selon l'invention respectivement en coupe selon l'axe AA et en
25 vue de dessous.

La figure 3 représente un autre mode de réalisation particulier d'un module photovoltaïque comportant des couches de protection.

Description de modes particuliers de réalisation.

Le module photovoltaïque selon la figure 1 comporte des cellules photovoltaïques 1 disposées côte à côte entre des faces internes de deux substrats de verre avant 2 et arrière 3. Seules trois cellules 1a, 1b et 1c sont représentées sur la figure 1 pour des raisons de clarté. Les pôles positif et négatif de chaque cellule sont ramenés sur la face arrière de celle-ci.

La connexion d'un pôle positif d'une cellule et d'un pôle négatif de la cellule adjacente est réalisée très simplement au moyen d'au moins un conducteur d'interconnexion constitué par une bande de pâte d'argent déposée sur la face interne du substrat de verre arrière 3 avant mise en place des cellules.

Sur les figures 1 et 2, une bande de pâte d'argent 5a, déposée sur le substrat de verre arrière 3, est positionnée sur une zone reliant les emplacements des deux cellules adjacentes 1a et 1b, de façon à venir en contact sur la face arrière des cellules 1a et 1b, respectivement avec le pôle positif de la cellule 1a et avec le pôle négatif de la cellule 1b. La zone présente la forme d'une marche d'escalier. Une bande de pâte d'argent 5b, connectant le pôle positif de la cellule 1b au pôle négatif de la cellule 1c, est disposée de manière analogue sur le substrat de verre arrière 3. Un réseau de conducteurs d'interconnexion (5) est ainsi formé sur le substrat de verre 3, avant mise en place des cellules. Lorsque la face arrière n'est pas active optiquement, il n'y a pas de contrainte sur la transmission optique du substrat de verre arrière 3 et le motif du réseau de bandes de pâte d'argent 5 est choisi de manière à ce que la conduction soit maximale. Selon une première variante de réalisation, la largeur des bandes de pâte d'argent 5 est élevée, chaque bande de pâte d'argent 5 pouvant, par exemple, avoir une largeur comprise entre 3mm et 10 mm, plus typiquement comprise entre 3mm et 5 mm.

Dans le mode de réalisation particulier de la figure 2, le joint 4 est localisé à la périphérie de la surface commune aux deux substrats de verre 2 et 3. Il est ainsi disposé sur la périphérie du substrat de verre arrière 3 sauf sur le côté gauche
5 pour le substrat de verre arrière 3, afin de permettre l'accès depuis l'extérieur à des conducteurs 6 de connexion avec l'extérieur. Par exemple, un conducteur 6 de connexion vers l'extérieur des cellules d'extrémité (1a et 1c) peut faire saillie vers l'extérieur au-delà du joint 4.

10 Les substrats de verre 2 et 3 sont, de préférence, constitués par un verre sodocalcique de 1,6 à 6mm d'épaisseur, une valeur typique étant de 3 à 4mm pour le substrat de verre avant 2 et de 2 à 4mm pour le substrat de verre arrière 3. Le verre est avantageusement un verre clair ou extra blanc, c'est-à-dire contenant peu de fer, car la transmission optique d'un tel verre est optimale. Le
15 verre peut également avoir subi une trempe thermique afin d'augmenter sa résistance mécanique.

Les bandes de pâte d'argent 5 peuvent être réalisés en argent ou en un alliage riche en argent selon un procédé classique dans l'industrie des écrans de
20 visualisation, des panneaux à plasma en particulier. Ce procédé classique comprend le dépôt du motif désiré à partir d'une pâte d'argent, puis la cuisson entre 400°C et 600°C. L'épaisseur des bandes de pâte d'argent 5 est comprise entre 2µm et 15µm, plus typiquement entre 4µm et 7µm.

25 Selon une variante de réalisation, le procédé classique connu, décrit ci-dessus, est modifié et la cuisson suivant le dépôt d'une pâte d'argent 5 est effectuée à une température comprise entre 620°C et 660°C. Une telle cuisson, suivie d'un refroidissement rapide comme cela est pratiqué pour les trempes thermiques, permet de réduire la durée du cycle thermique, de réduire très fortement la

résistivité du matériau d'électrodes ainsi que d'obtenir le durcissement du verre par trempe thermique. En conséquence, il est alors possible de ne pas tremper le verre des substrats 2 et 3 avant le dépôt des bandes de pâte d'argent 5.

- 5 Dans une variante particulière de réalisation, la cuisson est complétée par une opération de recharge des bandes de pâte d'argent 5 par voie chimique ou électrochimique. L'opération de recharge est notamment connue dans le domaine des circuits imprimés. Elle consiste, classiquement, à déposer une ou plusieurs couches d'un métal ou d'un alliage métallique sur des conducteurs existants en argent ou en alliage d'argent. Cette méthode permet de déposer des bandes de pâte d'argent 5 peu épais, donc de réduire le coût du matériau argent. Cette variante permet aussi de procéder à une cuisson à basse température des bandes de pâte d'argent 5 pour dégrader les liants organiques initialement contenus dans la pâte d'argent. Elle n'impose pas de cuisson haute température de la pâte d'argent, bien qu'elle soit compatible avec une telle cuisson. Elle permet enfin, par recharge chimique ou électrochimique, d'augmenter fortement la conductivité des bandes de pâte d'argent 5 et éventuellement de les recouvrir d'une couche de protection. L'avantage tiré de cette méthode est donc une forte réduction du coût et une amélioration des performances des bandes de pâte d'argent 5.

On peut, par exemple, déposer et cuire des bandes de pâte d'argent 5 d'une épaisseur cuite de $2\mu\text{m}$ à $3\mu\text{m}$, déposer ensuite une couche de cuivre par voie chimique comme il est classique de le faire pour les circuits imprimés, et enfin déposer, toujours par voie chimique, une mince couche de protection en nickel ou en argent. L'épaisseur de cuivre déposé peut varier de $2\mu\text{m}$ à plus de $100\mu\text{m}$, une valeur typique étant de $50\mu\text{m}$. L'épaisseur de nickel ou d'argent déposé pourra varier de $0.1\mu\text{m}$ à plus de $2\mu\text{m}$, une valeur typique étant de $1\mu\text{m}$.

Comme représenté aux figures 1 et 2, un joint 4 en matériau minéral est disposé entre les substrats de verre avant 2 et arrière 3, à la périphérie du module, de manière à délimiter un volume intérieur étanche à l'intérieur duquel sont
5 disposées toutes les cellules 1. Le ramollissement en température du matériau minéral constituant le joint 4 permet de sceller ensemble les substrats de verre avant 2 et arrière 3. Le joint de scellement 4 a une épaisseur de plusieurs centaines de microns, qui dépend surtout de l'épaisseur des substrats de silicium constituant les cellules 1, à laquelle s'ajoute l'épaisseur des bandes de
10 pâte d'argent 5 constituant des conducteurs d'interconnexion, formées sur la face avant du substrat de verre arrière, connectant en série les cellules 1 en reliant un pôle positif d'une cellule 1a à un pôle négatif de la cellule 1b adjacente.

15 Le joint de scellement 4 a, de préférence, une largeur comprise entre 2mm et 10mm, plus typiquement entre 3mm et 5mm. Il est, de préférence, constitué par un verre de scellement dont la température de ramollissement est aussi basse que possible et dont le ramollissement en température permet la soudure du substrat avant 2 sur le substrat arrière 3. Ce type de produit est classique dans
20 l'industrie des écrans de visualisation à plasma ou des tubes à rayons cathodiques. Il s'agit, par exemple, d'un silicate de plomb ou d'un borosilicate de plomb contenant éventuellement quelques éléments d'addition. Le verre de scellement est, de préférence, du type non cristallisable, bien que cela ne soit pas absolument nécessaire. La granulométrie de la fritte du verre de scellement
25 est telle que le diamètre moyen est compris entre $2\mu\text{m}$ et $100\mu\text{m}$, plus typiquement entre $6\mu\text{m}$ et $40\mu\text{m}$.

Le joint 4 est déposé sur l'un des substrats de verre ou sur les deux substrats de verre 2 et 3, selon un chemin décrit ci-dessous, c'est-à-dire soit le long des

quatre côtés soit, généralement, le long de trois côtés du module et en retrait sur un quatrième côté.

5 Au cours de l'opération de scellement, qui a lieu entre 380°C et 480°C pendant une durée inférieure à 30 minutes, le matériau du joint de scellement 4 se ramollit fortement et rend le volume intérieur au joint de scellement étanche vis-à-vis de l'extérieur. Toute diffusion d'eau vers l'intérieur du module sera interdite pendant toute la durée de vie du module. La pression du volume intérieur est de l'ordre d'une atmosphère à la température de scellement. La pression finale, après refroidissement à la température ambiante, est inférieure, par exemple de 10 l'ordre de 400millibars environ. Une dépression vis-à-vis de l'extérieur se forme donc automatiquement à l'intérieur du module et entraîne l'application d'une force par les substrats de verre 2 et 3 sur les cellules 1. Cette force assure un excellent contact entre les cellules 1 et les bandes de pâte d'argent 5 déposées sur un des substrats de verre sans qu'il soit nécessaire de disposer une soudure 15 entre les cellules 1 et des conducteurs de liaison. Ainsi, ce procédé de fabrication permet d'éliminer tous les éléments nécessaire à la soudure tout en assurant un degré élevé de protection des cellules.

20 Selon un développement de l'invention, le volume intérieur étanche compris entre les deux substrats de verre 2 et 3 est rempli, lors de l'opération d'assemblage, par un mélange d'un ou plusieurs gaz neutres, choisis parmi l'azote, l'hélium, le néon ou l'argon. Le mélange peut également comporter de l'hydrogène ou du méthane. La présence d'une telle atmosphère neutre ou 25 réductrice permet de conserver aux cellules 1 en silicium un excellent rendement de conversion. Typiquement, et pour éviter les risques dus à la présence d'hydrogène ou de méthane, le mélange comporte moins de 8% d'hydrogène ou de méthane.

La fabrication d'un module va être décrit plus en détail ci-dessous, pour la réalisation d'un module photovoltaïque de 12,5cm x 12,5 cm et de 200 μ m. d'épaisseur.

- 5 On dispose de deux substrats de verre de 550mm x 275mm, par exemple en verre sodo-calcique. L'un d'eux, destiné à constituer le substrat de verre avant 2 est, de préférence, en verre sodo-calcique clair, c'est-à-dire contenant peu de fer. L'épaisseur des substrats de verre est, de préférence, comprise entre 2mm et 4mm (par exemple 3mm). Au-dessus de ces valeurs, le poids devient trop
- 10 important, tandis qu'au-dessous, les substrats sont trop fragiles.

Pour réaliser les bandes de pâte d'argent 5 sur le substrat de verre arrière 3, on prépare un mélange d'une poudre de verre et de 80% à 97% d'une poudre d'argent, d'un alliage d'argent, de cuivre nickelé ou de cuivre argenté. La poudre

15 de verre est, de préférence, constituée par du silicate de plomb de granulométrie moyenne comprise entre 0,3 μ m et 3 μ m (de préférence 0,5 μ m), à 12% à 20% (de préférence 15%) de silice. La poudre d'argent a une granulométrie moyenne comprise entre 0,5 μ m et 2 μ m (de préférence 1 μ m). Ce mélange de poudres est mis en suspension dans une solution, constituée de

20 propylène glycol ou de butylène glycol, additionnée d'éthyl-cellulose. La pâte a une viscosité de 5000 centipoises à 200.000 centipoises (de préférence de l'ordre de 20.000 centipoises).

Les bandes de pâte d'argent 5 peuvent être déposés sur le substrat de verre

25 arrière 2 par sérigraphie. Ils sont déposés selon un motif constitué de bandes de longueur voisine ou légèrement supérieure au double de la largeur d'une cellule 1, par exemple de 250 mm de long, sur le substrat de verre arrière 3. Le nombre de bandes associées à chaque cellule 1 est compris entre 2 et 10, la largeur d'une bande étant fonction de la densité du motif choisi. La largeur d'une bande

peut ainsi être de l'ordre de 2mm pour un motif à 2 bandes et de l'ordre de 0,2mm pour un motif à 10 bandes. Sur le substrat de verre arrière 3, on peut réaliser une surface pleine de 120 x 120 mm par cellule, 2 bandes d'environ 5mm de large, 10 bandes d'environ 1mm de large ou un réseau fin plus dense avec des bandes de 0,2mm à 0,3mm de large. Après séchage à 140°C pendant 10 minutes dans un four à air chaud, l'épaisseur sèche des bandes de pâte d'argent 5 est comprise entre 5 μ m et 15 μ m (de préférence 12 μ m).

Le substrat de verre arrière 3 est ensuite cuit afin de faire adhérer les bandes de pâte d'argent 5 sur le substrat et de brûler les composants organiques contenus dans le dépôt. Cette cuisson est effectuée à une température de 450°C à 680°C, pendant 10 minutes, et est éventuellement suivie d'une trempe thermique (à plus de 600°C) qui confère au substrat de verre une grande résistance mécanique. Dans le cas où une opération de recharge est prévue, l'épaisseur sèche est de préférence plus faible, par exemple de l'ordre de 3 μ m. La recharge des bandes de pâte d'argent 5 est alors réalisée par dépôt chimique, par exemple de 50 μ m de cuivre et de 1 μ m d'argent. Une couche réfléchissante peut éventuellement être réalisée sur la face interne du substrat de verre arrière 3, sur les zones non recouvertes par les bandes de pâte d'argent 5.

On dépose ensuite la fritte du verre de scellement destiné à former le joint 4. Pour cela on utilise une poudre d'une fritte de scellement de type non cristallisable sur la base d'une composition de borosilicate de plomb, de granulométrie moyenne comprise entre 5 μ m et 100 μ m (12 μ m par exemple) et dont la température de ramollissement est de 380°C. On met cette fritte en suspension dans une solution constituée de propylène glycol additionné d'éthylcellulose. La pâte a une viscosité de l'ordre de 40.000 centipoises. On dépose un cordon de pâte à l'aide d'une seringue à la périphérie du substrat de verre

arrière 3, sauf sur un côté où le cordon est déposé à 5 mm du bord, comme représenté à la figure 2.

On place ensuite les cellules 1 sur le substrat de verre arrière 3. On introduit, de préférence, cet ensemble dans un volume dont l'atmosphère est un mélange d'azote et d'hydrogène comportant de 0% à 8% d'hydrogène et dans lequel on positionne le substrat de verre avant 2. On place des pinces sur la périphérie du module de façon à appliquer une force d'écrasement sur le cordon de scellement. L'ensemble est alors porté à une température comprise entre 410°C et 460°C pendant 10 minutes de façon à sceller les deux substrats. Dans une variante de réalisation, l'ensemble est assemblé à l'air avant d'être introduit dans un four dans lequel on crée un vide à 10 millibars et que l'on remplit ensuite d'un mélange d'azote et d'hydrogène avant chauffage. Après refroidissement, on retire les pinces. Le module est alors prêt à être intégré dans un générateur.

Dans la variante de réalisation illustrée à la figure 3, l'épaisseur des substrats de verre est réduite, ce qui permet de réduire le poids du module. Chaque substrat de verre a une épaisseur comprise entre 0,5 et 2mm, typiquement entre 0,8 et 1,6mm et, de préférence de 1,2mm. Les substrats de verre avant 2 et arrière 3 ont, de préférence, la même épaisseur. Les opérations de traitement thermique et, en particulier le scellement, sont plus efficaces et moins coûteuses car la masse de verre à chauffer est plus faible. Dans les modes de réalisation précédents, le substrat de verre avant était trempé pour résister aux chocs, par exemple à la grêle. Dans la variante de la figure 3, les substrats de verre avant 2 et arrière 3 ne sont pas trempés. La résistance mécanique du module, en particulier, sa résistance aux chocs est néanmoins assurée par des couches de protection avant 7 et arrière 8 réalisées après l'opération de scellement, respectivement sur les faces externes des substrats de verre avant 2 et arrière

3. La couche de protection avant 7 est transparente et peut être constituée par laminage d'un film polymère transparent, par projection d'un apprêt plastifiant transparent ou par fixation, par exemple par collage ou pinçage, d'une feuille de verre trempé ou d'une feuille de polymère (polycarbonate, PMMA, etc.... La

5 couche de protection arrière 8 peut être constituée par laminage d'un film polymère, par projection d'un apprêt plastifiant ou par fixation, par exemple par collage ou pinçage, d'une feuille de polymère (polyéthylène, PVC, etc...). Le poids final du module est réduit grâce à la réduction de l'épaisseur des substrats

10 de verre. A titre d'exemple, des substrats de verre de 4mm d'épaisseur peuvent être remplacés par des substrats de verre 2 et 3 d'1mm d'épaisseur, une couche de protection avant 7 en verre trempé de 3 mm d'épaisseur et une couche de protection arrière 8 constituée par un film polymère, réduisant à 5mm l'épaisseur des couches en verre du module, tout en garantissant une bonne protection.

15

Un avantage essentiel d'un module selon l'invention est une étanchéité parfaite qui lui confère une durée de vie de plusieurs dizaines d'années dans des ambiances humides. Le procédé selon l'invention permet également de réaliser des modules avec un coût de production très bas.

20

Un autre avantage du module selon l'invention réside dans sa conductivité thermique élevée, qui permet d'évacuer la chaleur et de maintenir une température relativement basse, ce qui permet à son tour de conserver un bon rendement de conversion des cellules photovoltaïques.

25

Le procédé selon l'invention peut être appliqué à la réalisation de modules photovoltaïques, puis de générateurs solaires, à partir de cellules photovoltaïques carrées, rectangulaires ou rondes et dont les dimensions caractéristiques peuvent aller de quelques centimètres à plusieurs dizaines de

centimètres. Les cellules sont de préférence des cellules carrées dont le côté est compris entre 8cm et 30cm.

5 L'invention n'est pas limitée aux modes particuliers de réalisation décrits et représentés ci-dessus. En particulier, les bandes de pâte d'argent peuvent être déposées sur la face interne du substrat de verre avant. L'invention s'applique à tout type de cellules photovoltaïques, non seulement à des cellules photovoltaïques au silicium, monocristallin ou polycristallin, mais également à des cellules en arséniure de gallium, à des cellules formées par des rubans de silicium, à des cellules à billes de silicium formées par un réseau de billes de silicium insérées dans des feuilles conductrices, ou à des cellules photovoltaïques formées par dépôt et gravure d'une couche mince de silicium, de cuivre/indium/sélénium ou de cadmium/tellure sur un substrat de verre ou de céramique.

15

Revendications

- 5 1. Procédé de réalisation d'un module photovoltaïque comportant des cellules (1) photovoltaïques ayant chacune des pôles positif et négatif disposés d'un même côté de la cellule, les cellules étant disposées côte à côte entre des faces internes de deux substrats de verre avant (2) et arrière (3) et connectées en série par des conducteurs d'interconnexion reliant un pôle positif d'une cellule (1a) à un pôle négatif de la cellule (1b) adjacente, procédé caractérisé en ce
- 10 qu'il comporte, avant la mise en place des cellules (1), le dépôt, sur une face interne d'un seul des substrats de verre (3), de bandes de pâte d'argent (5) constituant les conducteurs d'interconnexion, et qu'il comporte la mise en place d'un joint de scellement (4) en matériau minéral, disposé entre les deux substrats (2, 3) de verre et délimitant un volume intérieur étanche à l'intérieur
- 15 duquel sont disposées toutes les cellules (1).
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'une bande de pâte d'argent (5a, 5b) est déposée sur une zone reliant des emplacements de deux cellules (1a, 1b) adjacentes.
- 20 3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que ladite zone présente la forme d'une marche d'escalier.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce
- 25 qu'une opération de scellement du module est réalisée entre 380°C et 480°C, pendant une durée inférieure à 30mn.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il comporte, après le dépôt des bandes de pâte d'argent (5a, 5b), une

cuisson effectuée à une température comprise entre 620°C et 660°C et suivie d'une opération de recharge des bandes de pâte d'argent (5a, 5b), par voie chimique ou électrochimique.

5 **6.** Module photovoltaïque réalisé par un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 et comportant des cellules (1) photovoltaïques ayant chacune des pôles positif et négatif disposés d'un même côté de la cellule, les cellules étant disposées côte à côte entre des faces internes de deux substrats de verre avant (2) et arrière (3) et connectées en série par des conducteurs d'interconnexion reliant un pôle positif d'une cellule (1a) à un pôle négatif de la
10 cellule (1b) adjacente, module caractérisé en ce qu'il comporte un joint de scellement (4) en matériau minéral, disposé entre les deux substrats de verre (2, 3) et délimitant un volume intérieur étanche à l'intérieur duquel sont
15 disposées toutes les cellules (1), les conducteurs d'interconnexion étant constitués par des bandes de pâte d'argent (5a, 5b) disposées sur une face interne d'un seul des substrats de verre (3).

7. Module selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'une bande de pâte d'argent (5a, 5b) est disposée sur une zone reliant des emplacements de deux
20 cellules (1a, 1b) adjacentes.

8. Module selon la revendication 7, caractérisé en ce que la zone, reliant des emplacements de deux cellules (1a, 1b) adjacentes, présente la forme d'une marche d'escalier.
25

9. Module selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, caractérisé en ce que le joint de scellement (4) est un verre minéral à bas point de ramollissement.

- 10.** Module selon l'une quelconque des revendications 6 à 9, caractérisé en ce que le joint de scellement (4) comporte du silicate de plomb ou du borosilicate de plomb.
- 5** **11.** Module selon l'une quelconque des revendications 6 à 10, caractérisé en ce que le joint de scellement (4) a une largeur comprise entre 2mm et 10mm.
- 12.** Module selon l'une quelconque des revendication 6 à 11, caractérisé en ce que le joint de scellement (4) est disposé à la périphérie des surfaces opposées des substrats de verre (2, 3).
- 10**
- 13.** Module selon l'une quelconque des revendications 6 à 12, caractérisé en ce que les substrats de verre (2, 3) ayant une épaisseur comprise entre 0,5mm et 2mm, le module comporte des couches de protection avant (7) et arrière (8) formées respectivement sur les substrats de verre avant (2) et arrière (3) après scellement.
- 15**

1/2

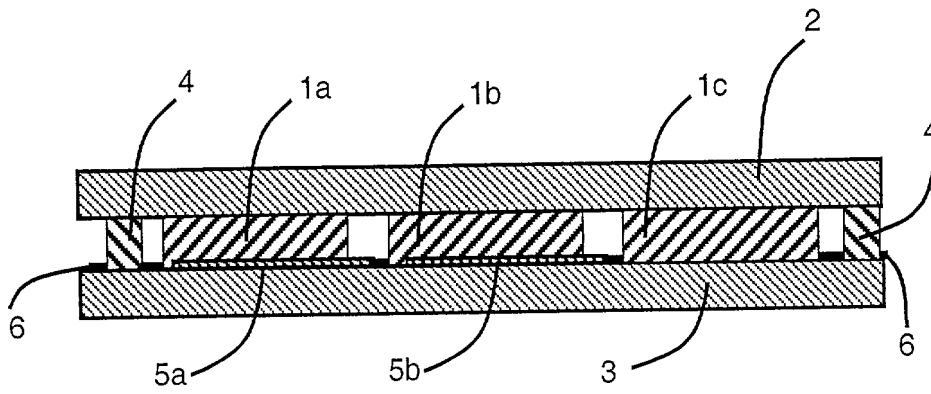


Figure 1

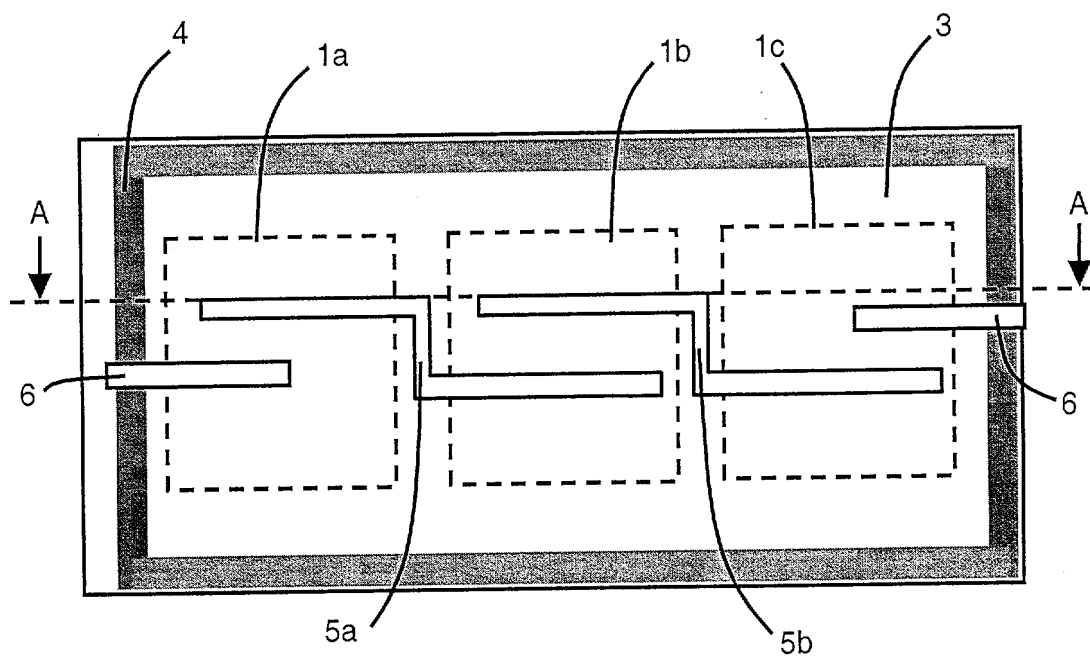


Figure 2

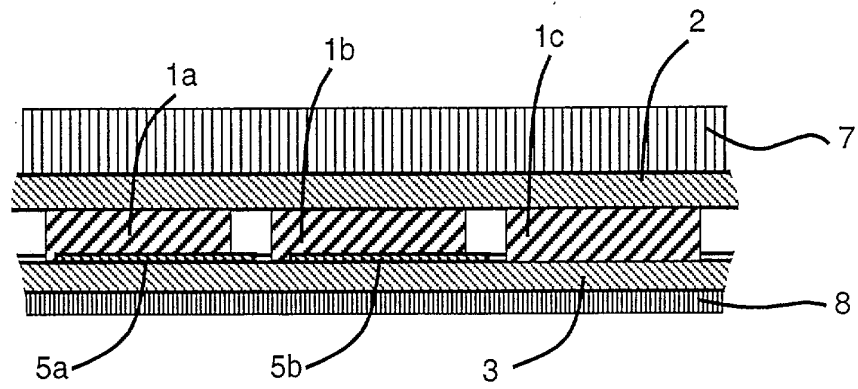


Figure 3



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement
national

FA 633530
FR 0304729

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 00 46860 A (KURTH GLAS & SPIEGEL AG ;KURTH MARTIN (CH)) 10 août 2000 (2000-08-10) * page 4, ligne 1 - page 5, ligne 30; revendications 1,3,4,6; figures 1-3 *	1,2,5-7, 12	H01L31/048	
A	---	4,9-11, 13		
A	DE 41 28 766 A (FLACHGLAS AG ;FLACHGLAS SOLARTECHNIK GMBH (DE)) 4 mars 1993 (1993-03-04) * colonne 5, ligne 20 - colonne 6, ligne 60; revendications 1-3,10,11; figures 1-4 *	1,2,6,7, 12		
A	---	1,2,4-7, 13		
A	US 5 972 732 A (GARRETT STEPHEN E ET AL) 26 octobre 1999 (1999-10-26) * le document en entier *	1,2,4-7, 13		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
A	---	1,2,6,7		H01L
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 007, no. 013 (E-153), 19 janvier 1983 (1983-01-19) & JP 57 172777 A (NIHON ITA GLASS KK), 23 octobre 1982 (1982-10-23) * abrégé *	1,2,6,7		
A	---	1,2,6,7		
A	EP 0 199 233 A (SIEMENS AG) 29 octobre 1986 (1986-10-29) * colonne 2, ligne 37 - colonne 4, ligne 8; figure 1 *	1,2,6,7		
A	---			
A	DE 296 07 069 U (LISEC PETER) 11 juillet 1996 (1996-07-11) -----			
Date d'achèvement de la recherche		Examineur		
17 décembre 2003		Visentin, A		
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention		
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure		
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date		
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.		
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande		
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons		
P : document intercalaire			
		& : membre de la même famille, document correspondant		

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0304729 FA 633530**

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 17-12-2003

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 0046860 A	10-08-2000	AT 241857 T	15-06-2003
		AU 756285 B2	09-01-2003
		AU 2090200 A	25-08-2000
		BR 0007893 A	30-10-2001
		CA 2360814 A1	10-08-2000
		WO 0046860 A1	10-08-2000
		CN 1327618 T	19-12-2001
		CZ 20012282 A3	14-11-2001
		DE 50002347 D1	03-07-2003
		EP 1153440 A1	14-11-2001
		HU 0104864 A2	28-03-2002
		JP 2002536834 T	29-10-2002
		PL 349073 A1	01-07-2002
		TR 200102207 T2	21-12-2001
		ZA 200104858 A	23-05-2002

DE 4128766 A	04-03-1993	DE 4128766 A1	04-03-1993

US 5951786 A	14-09-1999	AUCUN	

US 5972732 A	26-10-1999	AUCUN	

JP 57172777 A	23-10-1982	AUCUN	

EP 0199233 A	29-10-1986	AT 50020 T	15-02-1990
		DE 3668657 D1	08-03-1990
		EP 0199233 A1	29-10-1986

DE 29607069 U	11-07-1996	AT 90695 A	15-08-1998
		DE 29607069 U1	11-07-1996
