

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

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

3 004 002

21 N° d'enregistrement national : 13 52866

51 Int Cl<sup>8</sup> : H 01 L 31/05 (2013.01), H 01 L 31/042, 31/052, 31/0443, 29/88

12

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 29.03.13.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 03.10.14 Bulletin 14/40.

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

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : SOITEC — FR et FRAUNHOFER GESELLSCHAFT ZUR FORDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. — DE.

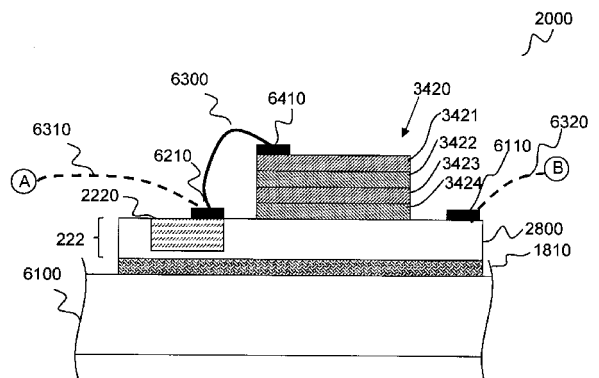
72 Inventeur(s) : KRAUSE RAINER, AULNETTE CECILE, DRAZEK CHARLOTTE, MAZALEYRAT ERIC, GUIOT ERIC, DIMROTH FRANK et GRAVE MATTHIAS.

73 Titulaire(s) : SOITEC, FRAUNHOFER GESELLSCHAFT ZUR FORDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V..

74 Mandataire(s) : WOLFGANG NEUBECK - GRUNECKER.

54 PROCEDE D'ASSEMBLAGE AVANCE DE CELLULE PHOTOVOLTAÏQUE CONCENTREE.

57 La présente invention se rapporte à une structure d'assemblage de cellule solaire (222) pour soutenir une structure de cellule photovoltaïque à concentration (3420), comprenant une structure semi-conductrice et une diode, dans laquelle la structure semi-conductrice comprend une première zone semi-conductrice (2800), dont au moins une partie pour placer la structure de cellule photovoltaïque à concentration, et une deuxième zone semi-conductrice (2200), pour réaliser la diode dans ou sur la deuxième zone semi-conductrice, et dans laquelle la partie de la première zone semi-conductrice pour placer la structure de cellule photovoltaïque à concentration et la deuxième zone semi-conductrice ne se chevauchent pas verticalement.



FR 3 004 002 - A1



## Procédé d'assemblage avancé de cellule photovoltaïque concentrée

La présente invention se rapporte de manière générale au domaine des générateurs d'électricité photovoltaïques. En particulier, elle se rapporte à une structure de semi-conducteur et à un assemblage de cellule solaire.

5 Ces dernières années, en raison de l'augmentation des coûts liés à la production d'électricité à partir de combustibles fossiles, les technologies d'énergies renouvelables ont gagné en intérêt. En particulier, parmi la pluralité de technologies d'énergies renouvelables, la technologie photovoltaïque à concentration (soit CPV, de l'anglais « concentrated photovoltaics ») a fait l'objet de nombreuses recherches. L'avantage de la  
10 technologie CPV par rapport à la technologie photovoltaïque non-concentrée provient du fait que la technologie CPV peut produire la même quantité d'électricité qu'une cellule photovoltaïque non-concentrée beaucoup plus grande en focalisant la lumière du soleil sur une plus petite zone de semi-conducteur active par l'intermédiaire d'une lentille. Grâce à cette approche, il est possible de réduire les coûts associés à la fabrication de la cellule  
15 photovoltaïque, étant donné que la quantité de matériaux utilisée est réduite.

Cependant, en concentrant la lumière du soleil d'une telle façon, la température des systèmes CPV a tendance à augmenter au cours de leur fonctionnement. Ceci affecte le rendement de la conversion photovoltaïque de manière négative. Par conséquent, il est souvent nécessaire de positionner les cellules CPV sur le dessus de  
20 structures permettant d'éliminer l'excès de chaleur des cellules, telles que des dissipateurs de chaleur passifs ou actifs.

De plus, il est habituel de placer plusieurs cellules CPV en série. Dans ce cas, il est en outre habituel de connecter une diode de dérivation à chacune des cellules de façon à éviter des tensions inverses, lorsque seulement certaines parmi les cellules  
25 connectées en série sont éclairées par la lumière du soleil, ce qui peut causer des dommages à la cellule.

Ces deux exigences, à savoir le placement des cellules CPV sur un dissipateur de chaleur et la connexion d'une diode de dérivation à chaque cellule CPV, peuvent être résolues par la structure représentée à la Figure 4A.

30 En particulier, la Figure 4A illustre une vue en coupe d'un assemblage de cellule solaire 6000 tandis que la Figure 4B illustre une vue du dessus du même assemblage de

cellule solaire. Plus spécifiquement, l'assemblage de cellule solaire 6000 comprend un dissipateur de chaleur 6100 fait en matériau thermiquement et électriquement conducteur, au sommet duquel est montée une cellule photovoltaïque 6420. La cellule photovoltaïque 6420 comprend une pluralité de couches de semi-conducteurs, représentées schématiquement par les couches empilées 6421-6424, par exemple, une pluralité de couches à dopage de type p et à dopage de type n. En particulier, la cellule photovoltaïque 6420 peut être une cellule photovoltaïque à concentration III-V. L'assemblage de cellule solaire 6000 comprend en outre la diode 6220.

La diode 6220 et la cellule photovoltaïque 6420 sont toutes deux positionnées sur, de haut en bas, un substrat 6230, 6430, un contact métallique 6240, 6440 et une colle, une pâte à braser ou une couche adhésive électriquement et thermiquement conductrice 6250, 6450, respectivement. En outre, la diode 6220 et la cellule photovoltaïque 6420 comprennent toutes deux un contact avant 6210, 6410, respectivement, sur leur surface supérieure. Des contacts électriques arrières à la fois de la diode 6220 et de la cellule photovoltaïque 6420 sont faits à travers le substrat 6230, 6430, le contact métallique 6240, 6440 et la couche de colle 6250, 6450 vers le dissipateur de chaleur électriquement conducteur 6100.

Dans chaque couple diode-cellule photovoltaïque, la diode 6220 et la cellule photovoltaïque 6420 sont connectées de façon antiparallèle. Une connexion est réalisée par l'intermédiaire d'une connexion par fil 6300 entre les premiers contacts 6210 et 6410. La connexion restante est réalisée par le dissipateur de chaleur 6100. Le dissipateur de chaleur 6100 est électriquement conducteur afin d'être en mesure de rapporter le contact arrière au plot de contact électrique 6110. À titre d'exemple, une cellule solaire multijonction standard de Ge/GaAs/InGaP utilise un substrat conducteur de Ge sur lequel les autres jonctions sont formées par croissance épitaxiale. De plus, la diode 6220 et la cellule photovoltaïque 6420 sont connectées aux couples diode-cellule photovoltaïque voisins par les connexions par fil 6310 et 6320. En particulier, le point A d'un premier couple est connecté au point B d'un deuxième couple et ainsi de suite, de manière à réaliser une connexion en série d'une pluralité de couples diode-cellule photovoltaïque.

Cet agencement requiert que toutes les couches 6230-6250 et 6430-6450 soient électriquement conductrices. De plus, toutes ces couches doivent être également thermiquement conductrices, étant donné que la chaleur doit être dissipée, surtout à partir de la cellule photovoltaïque 6420, à travers les différents éléments, jusque dans le dissipateur de chaleur 6100. Encore en outre, l'assemblage de cellule solaire réalisé de

cette manière est onéreuse car la cellule photovoltaïque 6420 et la diode 6220 sont fournies en tant qu'éléments distincts, et des nombreuses étapes de fabrication individuelles sont nécessaires, par exemple des processus de placement de composants « pick and place », pour chaque cellule et chaque diode.

5           Le document brevet US 2010/0243038 divulgue (cf. Figure 1) un assemblage de cellule solaire 10 dans lequel un substrat 12 est utilisé comme support pour une cellule solaire multijonction 20. Le dessus du substrat 12 comprend une diode 18 et la cellule solaire 20 est attachée au substrat 12 par l'intermédiaire d'un matériau de liaison conducteur 34 comme la silicone, l'époxy, une soudure ou un brasage (cf. paragraphe  
10 [0030]).

Cependant, cela ne résout pas les problèmes mentionnés ci-dessus, étant donné que le matériau de liaison 34 présente, comme les couches 6230-6250 et 6430-6450, une résistance à la fois électrique et thermique. En outre, le positionnement de la diode 18 le long de toute la surface supérieure du substrat 12 rend le placement des contacts 42, 40  
15 et 46 difficile pour la fabrication. En particulier, le contact 40 exposé à partir du substrat 12 ne peut pas être réalisé avec une technologie standard de semi-conducteurs. De plus, la connexion au contact 42 sur la face arrière du substrat 12 est difficile. Encore en outre, si le substrat 12 est monté sur un dissipateur de chaleur, le contact 42 est connecté électriquement au dissipateur de chaleur, ce qui peut être indésirable dans certains cas.

20           Un mode de réalisation de la présente invention peut se rapporter à une structure d'assemblage de cellule solaire pour soutenir une structure de cellule photovoltaïque à concentration, comprenant une structure semi-conductrice et une diode, dans laquelle la structure semi-conductrice comprend : une première zone semi-conductrice, dont au moins une partie pour placer la structure de cellule photovoltaïque à concentration, et une  
25 deuxième zone semi-conductrice, pour réaliser la diode dans ou sur la deuxième zone, les première et deuxième zones semi-conductrices ne se chevauchant pas verticalement.

Dans certains modes de réalisation, la structure d'assemblage de cellule solaire peut comporter en outre un plot de contact électrique, dans laquelle la première zone semi-conductrice est en contact électrique avec la deuxième zone semi-conductrice, pour  
30 réaliser contact à faible résistance entre la diode, le placement de la cellule photovoltaïque à concentration et le plot de contact.

Dans certains modes de réalisation, les première et deuxième zones semi-conductrices peuvent être faites en matériau semi-conducteur, en particulier Si, Ge, SiGe.

Dans certains modes de réalisation, la structure de semi-conducteur peut comprendre en outre un substrat électriquement conducteur connectant les première et deuxième zones, en particulier le substrat électriquement conducteur est fait en matériau métallique, en particulier Mo ou W.

- 5            Dans certains modes de réalisation, la première zone semi-conductrice peut être hautement dopée, de type n ou de type p, en particulier avec une concentration de dopant supérieure à  $1E18 \text{ cm}^{-3}$ .

- 10           Dans certains modes de réalisation, la diode peut comprendre une première zone dopée et une deuxième zone dopée, et dans laquelle les première et deuxième zones dopées ont des polarités différentes.

Dans certains modes de réalisation, la polarité de la diode peut être du type p sur type n, avec un pôle positif en contact avec un contact avant et un pôle négatif en contact avec la première zone semi-conductrice.

- 15           Dans certains modes de réalisation, la première zone semi-conductrice de la structure de semi-conducteur peut avoir le même type de dopage que la deuxième zone dopée de la diode.

Dans certains modes de réalisation, les première et/ou deuxième zones dopées peuvent être réalisées par dopage par diffusion et/ou croissance épitaxiale.

- 20           En outre, un mode de réalisation de la présente invention peut se rapporter à un assemblage de cellule solaire comprenant la structure d'assemblage de cellule solaire selon l'un quelconque des modes de réalisation précédents et une structure de cellule photovoltaïque à concentration assemblée sur celle-ci, dans laquelle la structure de cellule photovoltaïque à concentration est assemblée sur la partie de la première zone semi-conductrice pour placer la structure de cellule photovoltaïque à concentration.

- 25           Dans certains modes de réalisation, la cellule photovoltaïque à concentration et la diode peuvent être collées sur les première et deuxième zones semi-conductrices respectivement, en particulier en utilisant une liaison moléculaire ou directe, une liaison par compression thermique ou une liaison métallique.

- 30           Dans certains modes de réalisation, la diode peut être connectée de manière antiparallèle à la structure de cellule photovoltaïque à concentration.

Dans certains modes de réalisation, la structure de cellule photovoltaïque à concentration peut être une cellule multijonction faite de composés semi-conducteurs III-V, en particulier InGaAs, InGaAsP, GaAs, InGaP.

5 Dans certains modes de réalisation, la structure de cellule photovoltaïque à concentration peut avoir une épaisseur inférieure à 10  $\mu\text{m}$ .

Dans certains modes de réalisation, la structure de cellule photovoltaïque à concentration peut comprendre une couche inférieure faite en matériau à dopage de type p et la première zone semi-conductrice est à dopage de type p, et une liaison moléculaire est réalisée entre la couche inférieure à dopage de type p et la première zone semi-conductrice et est une liaison de type p-p.

10

Dans certains modes de réalisation, la structure de cellule photovoltaïque à concentration peut comporter une couche supérieure faite en matériau à dopage de type n et une couche inférieure faite en matériau à dopage de type p et comprend en outre une diode tunnel p-n réalisée sur ladite couche inférieure, la première zone semi-conductrice est à dopage de type n, et dans laquelle une liaison moléculaire est réalisée entre la face libre à dopage de type n de la diode de tunnel et la première zone semi-conductrice et est une liaison de type n-n.

15

Dans certains modes de réalisation, un rapport de surface entre la structure d'assemblage de cellule solaire et la structure de cellule photovoltaïque à concentration peut être dans la plage de 1,2 à 1 jusqu'à 10 à 1, préférablement de 2 à 1 jusqu'à 4 à 1.

20

Dans certains modes de réalisation, l'assemblage de cellule solaire peut en outre être monté sur un dissipateur de chaleur par l'intermédiaire d'un adhésif.

Un mode de réalisation de la présente invention peut en outre se rapporter à une pluralité de structures d'assemblages de cellules solaires selon l'un quelconque des modes de réalisation précédents réalisés sur une plaquette avec un diamètre préférable de 2", 4", 6", 8", 11" ou 400 cm, préférablement faite en silicium ou en silicium sur molybdène.

25

L'invention sera décrite plus en détail ci-après par l'exemple, en utilisant des modes de réalisation avantageux et en référence aux dessins. Les modes de réalisation décrits sont uniquement des configurations possibles, dans lesquelles les caractéristiques individuelles peuvent cependant, comme décrit ci-dessus, être mises en œuvre

30

indépendamment les unes des autres ou peuvent être omises. Des éléments égaux illustrés dans les dessins sont pourvus de signes de référence égaux. Des parties de la description se rapportant à des éléments égaux illustrés dans les différents dessins peuvent être omises. Dans les dessins :

5           - les Figures 1A à 1C illustrent une structure d'assemblage de cellule solaire 111, un assemblage de cellule solaire 1000 et la réalisation des structures d'assemblage de cellule solaire 111 conformément à des modes de réalisation de la présente invention ;

10           - la Figure 2 illustre un assemblage de cellule solaire 2000 et une structure d'assemblage de cellule solaire 222 conformément à d'autres modes de réalisation de la présente invention ;

            - les Figures 2A-2C illustrent des réalisations possibles de la diode 2220 conformément à d'autres modes de réalisation de la présente invention ;

15           - les Figure 3A et 3B illustrent un assemblage de cellule solaire 5000 et une structure d'assemblage de cellule solaire 333 conformément à d'autres modes de réalisation de la présente invention ; et

            - les Figures 4A et 4B illustrent un assemblage de cellule solaire 6000, conformément à l'état de la technique.

20           La présente invention sera décrite à présent en se référant à des modes de réalisation spécifiques. Il sera évident pour l'homme du métier que des caractéristiques et des alternatives d'un quelconque mode de réalisation peuvent être combinées, indépendamment les unes des autres, avec des caractéristiques et des alternatives d'un quelconque autre mode de réalisation.

25           En particulier, les Figures 1A et 1B illustrent respectivement une vue en coupe et une vue du dessus d'un assemblage de cellule solaire 1000 et d'une structure d'assemblage de cellule solaire 111 conformément à des modes de réalisation de la présente invention.

30           Plus spécifiquement, à la Figure 1A, la diode 6220, qui est une diode entière ou seulement une partie de la diode, et la cellule photovoltaïque 6420 sont liées directement sur une structure de semi-conducteur 1800. La liaison directe peut être obtenue de plusieurs manières en utilisant une technologie des semi-conducteurs standard, telle qu'une liaison moléculaire ou une liaison directe, un soudage laser, une liaison par

compression thermique, une liaison métallique, etc. En ce qui concerne cette dernière technologie, des couches métalliques (non illustrées à la Figure 1A) sont fournies entre la cellule photovoltaïque 6420 et la structure de semi-conducteur 1800, ainsi qu'entre la diode 6220 et la structure de semi-conducteur 1800. En particulier, la cellule photovoltaïque est collée sur une première zone semi-conductrice de la structure de semi-conducteur 1800. De manière semblable, la diode est collée sur une deuxième zone semi-conductrice de la structure de semi-conducteur 1800. La première zone et la deuxième zone ainsi définies font partie de la zone semi-conductrice plus large formée par la structure de semi-conducteur 1800 et ne se chevauchent pas verticalement. La diode est donc située à côté de la cellule photovoltaïque et n'est pas agencée sur le dessus ou en dessous de la cellule photovoltaïque. La structure d'assemblage de cellule solaire 111 comprend la structure de semi-conducteur 1800 et la diode 6220.

Le plot de contact électrique 6110 est réalisé sur la structure de semi-conducteur 1800 plutôt que sur le dissipateur de chaleur 6100. Par exemple, le plot de contact 6110 pourrait être placé sur la face arrière de la structure de semi-conducteur, cependant il est davantage préférable de réaliser tous les contacts, en particulier le plot de contact 6110, sur la face avant, permettant une connexion plus facile vers d'autres assemblages de cellules solaires. Le contact pourrait être réalisé, de manière semblable aux contacts 6210, 6410, par dépôt métallique, structuration, impression, etc. La diode 6220 agit comme une protection contre des courants inverses qui pourraient occasionnellement traverser la cellule photovoltaïque 6240 et endommager celle-ci, et la diode 6220 et la cellule photovoltaïque 6240 sont toutes deux dites ayant une polarité opposée ou sont également communément connues comme étant connectées d'une façon antiparallèle.

La structure de semi-conducteur 1800 ou la structure d'assemblage de cellule solaire 111 peuvent avoir une dimension latérale dans la plage de 2 mm par 2 mm jusqu'à 50 mm par 50 mm. La dimension verticale de la structure de semi-conducteur 1800 ou de la structure d'assemblage de cellule solaire 111 peut être dans la plage de 0,05 mm à 2 mm. La structure de semi-conducteur 1800 peut être réalisée en l'un quelconque parmi du silicium, du SiGe, du Ge, ou tout substrat de semi-conducteur sur métal ou sur composés métalliques, en particulier en silicium sur molybdène ou tungstène, et toute combinaison de ceux-ci, tel que décrit par exemple également en ce qui concerne la Figure 3A.

L'avantage d'une telle structure réside dans le fait que les couches 6240, 6250 ainsi que 6440, 6450 illustrées à la Figure 4A en référence à l'état de la technique, sont supprimées et remplacées par la liaison. Ceci améliore la conduction électrique du

contact arrière de la diode 6220 au contact arrière de la cellule photovoltaïque 6420. De plus, le transfert de chaleur est également amélioré, étant donné que la chaleur doit passer par moins de matériau. Toujours en outre, la dissipation de chaleur est améliorée étant donné que la structure de semi-conducteur 1800 agit comme un répartiteur de

5 chaleur, ce qui entraîne une meilleure dissipation de la chaleur dans le dissipateur de chaleur 6100. En outre, les techniques de liaison mentionnées ci-dessus, en particulier la liaison directe, permettent une manipulation plus attentionnée des cellules photovoltaïques par rapport à d'autres techniques de fabrication comme le « pick and place ». Ceci est représenté schématiquement par l'absence des couches de substrat

10 6230 et 6430 à la Figure 1A. Des modes de réalisation avantageux permettent donc l'utilisation de cellules solaires multijonction minces avec des épaisseurs de l'ordre du micromètre, en particulier en dessous de 10  $\mu\text{m}$ , par exemple directement liées à la structure de semi-conducteur 1800. De telles techniques de liaison sont uniquement possibles sur des substrats cibles adéquats avec une faible rugosité de surface, comme

15 c'est le cas pour la structure de semi-conducteur 1800 mentionnée ci-dessus, dont la surface pourrait être facilement préparée par des techniques de gravure ou de polissage.

La structure de semi-conducteur 1800 ou la structure d'assemblage de cellule solaire 111 peut être montée sur le dissipateur de chaleur 6100 par l'intermédiaire d'un adhésif 1810 si le transfert de chaleur à travers la structure de semi-conducteur 1800 seul

20 n'est pas suffisant. Cependant, contrairement au cas de Figure 4A, l'adhésif 1810 n'a pas nécessairement besoin d'être électriquement conducteur, mais a juste besoin d'être thermiquement conducteur, et seul ce paramètre doit donc être optimisé. Par conséquent, il est possible de choisir parmi une gamme de matériaux plus large, en particulier un adhésif thermique, de la colle ou de la graisse, par exemple comme des colles contenant

25 un composé thermique en silicone ou du carbone, résultant en davantage d'améliorations du transfert de chaleur vers le dissipateur de chaleur 6100, en une réduction de la contrainte thermique accompagnée d'une fiabilité accrue et un coût plus bas. Ceci signifie que l'assemblage de cellule solaire 1000 peut être réalisé de telle sorte qu'il n'y ait pas de connexion électrique entre le dissipateur de chaleur 6100 et la diode 6220 et la cellule

30 photovoltaïque 6420, par exemple en utilisant un adhésif isolant électriquement 1810. Ceci présente l'avantage supplémentaire qu'un unique dissipateur de chaleur 6100 peut être utilisé comme base pour une pluralité d'assemblages de cellules solaires 1000. La structure de semi-conducteur 1800 avec la cellule photovoltaïque 6420, la diode 6220 et les contacts respectifs 6210, 6410 et 6110, est un assemblage de cellule solaire finalisé,

35 adressable électriquement, et ce même avant la séparation des structures de semi-

conducteur 1800 individuelles au niveau de la plaquette comme illustré à la Figure 1C et le montage au dissipateur de chaleur 6100. Ceci présente l'avantage que de tels assemblages de cellules solaires pourraient être testés électriquement avant un montage final au dissipateur de chaleur 6100 et dans le module de cellules solaires, et qu'on est en

5 mesure de trier des assemblages de cellules solaires spécifiques, en particulier défectueux, augmentant ainsi le rendement global et la longévité du module de cellules solaires.

Bien que le mode de réalisation de la Figure 1A et 1B ait été illustré avec une diode 6220 directement liée à la structure de semi-conducteur 1800, la présente invention

10 n'y est pas limitée. En alternative, ou en outre, la diode 6220 pourrait être réalisée sur l'empilement de couches 6230, 6240, 6250 comme à la Figure 4A, dans des cas où la dissipation de chaleur de la diode 6220 est moins critique que la dissipation de chaleur de la cellule photovoltaïque 6420 et/ou lorsque la connexion électrique vers la diode n'est pas critique. Le contact arrière de la cellule photovoltaïque 6420 et de la diode 6220 est

15 assuré par le dopage de la structure de semi-conducteur 1800, qui est en contact électrique avec le plot de contact 6110, par exemple comme par l'extension sous le plot de contact électrique 6110 dans la Figure 1A.

Toujours en alternative, ou en outre, la diode pourrait être réalisée au sein de la structure de semi-conducteur 1800, comme ce sera décrit en référence à la Figure 2,

20 formant la structure d'assemblage de cellule solaire 222. Toujours en alternative, la diode pourrait être réalisée partiellement au sein de et partiellement à l'extérieur de la structure de semi-conducteur 1800. Par exemple, cela pourrait être réalisé en ayant un premier type de dopage à l'extérieur de la structure de semi-conducteur 1800 et un deuxième type de dopage, opposé, au sein de la structure de semi-conducteur 1800. La partie de la

25 diode réalisée à l'extérieur de la structure de semi-conducteur 1800 pourrait être réalisée par une croissance épitaxiale appropriée ou, comme mentionné précédemment, par des techniques de liaison. Et la partie de la diode réalisée au sein de la structure de semi-conducteur 1800 pourrait être réalisée par un dopage approprié, par exemple par un dopage par diffusion.

30 Il est clair pour ceux du métier que tout changement de polarité de la structure de cellule solaire 6420 ou de la diode 6220, que ce soit du type n vers le type p, ou du type p vers le type n, est possible du moment que la polarité opposée entre la cellule solaire et la diode de dérivation est maintenue. Des diodes tunnel sous la structure de cellule solaire

3420 ou sous la diode 2220 peuvent être utilisées pour faire un contact ohmique entre une couche de semi-conducteur de type n et de type p.

La structure de semi-conducteur 1800 illustrée à la Figure 1A et 1B peut faire partie d'une plaquette plus grande 800 comme illustré schématiquement à la Figure 1C, en particulier une plaquette de silicium de dimensions standards, en particulier des plaquettes de silicium de 6", 8", ou 12". L'utilisation de processus bien contrôlés connus de la technologie des semi-conducteurs, comme la croissance épitaxiale ou le dopage par diffusion, permettent la fabrication d'un grand nombre de structures de semi-conducteurs 1800 en même temps sur une telle plaquette 800 dans un processus rentable et économique, ce qui n'était pas possible jusqu'à présent en ce qui concerne la fabrication des assemblages de cellules solaires de l'état de l'art. La Figure 1C illustre schématiquement des lignes de coupe 700. La coupe pourrait être réalisée par gravure, coupure diamant, sciage, séparation par laser, ou toute autre technique utilisée dans le domaine de la technologie des semi-conducteurs. On obtient une pluralité de structures de semi-conducteurs 1800 ou de structures d'assemblages de cellules solaires 111. Il est en outre possible d'assembler les cellules photovoltaïques 6420 sur la plaquette 800, par exemple par un processus de transfert multiple, avant ou après la coupe ou la séparation de la plaquette 800. Un tel processus permet l'assemblage de cellules photovoltaïques sur une structure de semi-conducteur fonctionnalisée à base de silicium au niveau de la plaquette, permettant la préparation d'un grand nombre d'assemblages de cellules solaires, dont chacune est entièrement adressable et testable électriquement, d'une façon parallèle et simultanée.

En particulier, la Figure 2 illustre une vue en coupe d'un assemblage de cellule solaire 2000 et d'une structure d'assemblage de cellule solaire 222 conformément à d'autres modes de réalisation de la présente invention.

En particulier, à la Figure 2, la cellule photovoltaïque 6420 du mode de réalisation de la Figure 1A est remplacée par la cellule photovoltaïque 3420. La cellule photovoltaïque 3420 est une cellule photovoltaïque multijonction, en particulier une cellule photovoltaïque à concentration III-V, comprenant une pluralité de couches 3421-3424. Les couches sont empilées de manière à réaliser une pluralité de couches photoactives ou jonctions p-n en série. Le nombre de couches photoactives (jonctions CPV entières) est compris de préférence dans la plage de 3 à 6, mais n'y est pas limité. Les couches 3421-3424 pourraient comprendre des couches photoactives de GaInP, GaAs, AlGaAs, GaInAs, et GaInAsP ou GaInNAs et Ge, connectées par des diodes tunnel adéquates.

Des couches barrières supplémentaires peuvent être comprises entre les jonctions pn photoactives et les diodes tunnel en tant que partie de la cellule photovoltaïque 3420. Encore plus spécifiquement, le type de dopage de la couche inférieure 3424 est choisi de sorte à former une faible résistance ohmique à la structure de semi-conducteur 2800. Par

5 exemple, si la structure de semi-conducteur 2800 est une couche de silicium de type n, le dopage de la couche inférieure 3424 peut également être de type n. De cette manière, la liaison directe de la couche inférieure 3424 sur la structure de semi-conducteur 2800 est améliorée. Cependant, l'invention n'est pas limitée à ceci. Par exemple, si nécessaire, la

10 couche inférieure 3424 peut être de type p et la structure de semi-conducteur de type n. Ainsi, une activation de surface supplémentaire de la surface du substrat semi-conducteur peut créer un comportement de diode de tunnel adéquat entre les deux surfaces de contact. De plus, dans certains modes de réalisation, la polarité de la couche inférieure 3424 peut être sélectionnée comme du type p ou n en introduisant une autre diode tunnel supplémentaire si nécessaire. La structure de semi-conducteur 2800 et les première et

15 deuxième zones sont suffisamment dopées dans le but d'assurer un bon contact électrique entre la face arrière de la cellule photovoltaïque 3424 et la diode 2220, et également le plot de contact électrique 6110.

La structure de semi-conducteur 2800 ou la structure d'assemblage de cellule solaire 222 peuvent avoir une dimension latérale dans la plage de 2 mm par 2 mm jusqu'à

20 50 mm par 50 mm. La dimension verticale de la structure de semi-conducteur 2800 ou de la structure d'assemblage de cellule solaire 222 peut être dans la plage de 0,05 mm à 2 mm. La structure de semi-conducteur 2800 peut être réalisée en l'un quelconque parmi du silicium, du SiGe, du Ge, ou tout substrat de semi-conducteur sur métal ou sur composés métalliques, en particulier en silicium sur molybdène ou tungstène, et toute combinaison

25 de ceux-ci, tel que décrit par exemple également en ce qui concerne la Figure 3A.

Plus spécifiquement, à la Figure 2, la diode 6220 des Figures 1A et 1B est remplacée par la diode 2220, qui est réalisée au sein de la structure de semi-conducteur 2800. Dans ce cas, la zone 2220 correspond à la deuxième zone semi-conductrice définie ci-dessus, en référence à la description de la Figure 1A, tandis que la partie de la

30 structure de semi-conducteur 2800 chevauchant au moins la face inférieure de la cellule photovoltaïque 3420 correspond à la première zone semi-conductrice définie ci-dessus, comme déjà définie ci-dessus en référence à la description de la Figure 1A.

Ici, tout comme dans le reste de la description, le terme diode doit être interprété de manière générale. Par conséquent, la diode 2220 peut être réalisée en fournissant un

dopage de la zone identifiée par le signe de référence 2220 qui est opposé au dopage du reste de la structure de semi-conducteur 2800. Par exemple, la structure de semi-conducteur 2800 pourrait être dopée avec un dopage de type n tandis que la diode 2220, qui peut nécessiter deux polarités, pourrait être dopée avec un dopage de type p ou vice versa. En alternative, la diode pourrait être réalisée en fournissant à la fois un dopage de type p et un dopage de type n, réalisant ainsi une diode à jonction p-n dans la zone identifiée par le signe de référence 2220. Toujours en alternative, ou en outre, la diode pourrait être réalisée par un contact métal-semi-conducteur, par exemple en plaçant du métal sur la zone identifiée par le signe de référence 2220. Dans ce qui suit, par souci de facilité de description, la diode 2220 fera référence à toutes ces technologies de diode équivalentes et à leurs alternatives. Par exemple, dans les Figures 2A-2C, trois réalisations possibles de la diode 2220 sont illustrées.

À la Figure 2A, la diode comprend une première zone dopée 2220A qui pourrait être à faible dopage de type p, en particulier avec des valeurs jusqu'à  $1E17 \text{ cm}^{-3}$ , ou à fort dopage de type p, en particulier avec des valeurs supérieures à  $1E17 \text{ cm}^{-3}$ . Cette première zone dopée 2220A, en contact avec le dopage élevé de type n, en particulier avec des valeurs supérieures à  $1E18 \text{ cm}^{-3}$ , de la zone dopée 2800A, fournit une diode 2220 autour de cette zone de contact. La zone hautement dopée 2800A ne fournit pas seulement en outre le contact arrière vers la cellule photovoltaïque 3420, mais assure également le contact électrique vers le plot de contact électrique 6110. Les valeurs des zones à faible dopage peuvent être comprises de  $5E15$  à  $1E17 \text{ cm}^{-3}$ , et les valeurs des zones à dopage élevé peuvent être comprises de  $1E17$  à  $5E20 \text{ cm}^{-3}$ . Les valeurs effectivement utilisées dépendent des distances impliquées dans la structure d'assemblage de cellule solaire 222 entre la cellule et la diode, et dépendent en outre également des caractéristiques électriques de la cellule. Des simulations sont utilisées pour prédéterminer ces valeurs pour l'architecture envisagée.

À la Figure 2B, une zone à faible dopage de type n 2220B entoure la zone à dopage de type p 2220A. Les valeurs pour le dopage peuvent être similaires à celles divulguées en référence à la Figure 2A. La zone de contact des zones 2220A et 2220B fournit la diode 2220. Ici, une troisième zone dopée 2800B, comme la partie électriquement conductrice de la première zone semi-conductrice, pourrait être à dopage élevé de type n, en particulier avec des valeurs supérieures à  $1E18 \text{ cm}^{-3}$ , assurant un faible contact arrière ohmique au plot de contact électrique 6110 et à la cellule photovoltaïque 3420. L'avantage de cette configuration est que le faible dopage de type n

de la zone dopée 2220B fournit un faible courant inverse de la diode 2220, et la performance de la cellule n'est pas affectée par la diode. Ici, la deuxième zone définie ci-dessus est la combinaison de la zone dopée 2220B et de la zone dopée 2220A.

La Figure 2C illustre un autre mode de réalisation dans lequel la zone dopée  
5 2220B est agrandie en une zone dopée 2220C s'étendant sur la structure de semi-conducteur 2800 à l'exception de la présence d'une troisième zone dopée 2800C, agissant comme une partie électriquement conductrice de la première zone semi-conductrice qui connecte électriquement les première et deuxième zones semi-conductrices, sur la surface réalisant substantiellement une interface avec la cellule  
10 photovoltaïque 3420 et le plot de contact électrique 6110, et, donc, la zone dopée 2800C agissant comme la zone dopée 2800B. Les valeurs pour le dopage peuvent être semblables à celles indiquées en référence à la Figure 2A. Ici, la première zone semi-conductrice définie ci-dessus correspond à la partie de la zone dopée 2800C qui chevauche la face inférieure de la cellule photovoltaïque 3420, tandis que la deuxième  
15 zone semi-conductrice correspond à la zone de contact entre les zones dopées 2220A et 2220C.

Dans les trois réalisations des Figures 2A-2C, la couche du dessus 3421 de la cellule photovoltaïque 3420 peut être à dopage de type n. Ceci résulterait en ce que la  
20 couche du bas 3424 soit à dopage de type p. Dans le but d'éviter une connexion p-n entre la couche 3424 et zones dopées 2800A, 2800B, 2800C, dans des modes de réalisation supplémentaires de la présente invention, une diode tunnel supplémentaire (non illustrée) peut être utilisée au sein de la couche 3424 pour modifier la polarité de la couche inférieure 3424 pour être du type n. En particulier, la diode tunnel avec une face à dopage  
25 de type p faisant face à la cellule photovoltaïque 3420 et une face à dopage de type n faisant face aux zones dopées 2800A, 2800B, 2800C résulte en une liaison n-n sur le côté des zones dopées 2800A, 2800B, 2800C. Une liaison directe entre des couches à type de dopage équivalent est favorable par rapport à la liaison de couches avec des types de dopage différents. Par ailleurs, la diode tunnel supplémentaire n'introduit pas de pertes optiques, étant donné qu'elle est placée du côté arrière de la jonction pn  
30 photoactive, et on a un bien plus grand choix de matériaux qui peuvent être utilisés comme absorption optique dans n'importe quelle plage de longueur d'onde, en particulier il n'est plus nécessaire d'éviter des plages pour lesquelles les couches photoactives seraient absorbantes. En général une connexion antiparallèle entre la cellule et la diode est établie, comme par exemple celle obtenue par l'utilisation d'une zone à dopage de

type p 2220A avec une zone à dopage de type n 2800A, 2800B, 2800C, 2220B ou 2220C.

5 Il est clair pour ceux du métier que tout changement de polarité à l'intérieur de la cellule photovoltaïque 3420 ou de la diode 2220 de n/p à p/n est possible du moment que les polarités opposées de la cellule solaire et la diode de dérivation sont maintenues. Une diode tunnel sous la cellule photovoltaïque 3420 peut être utilisée pour faire un contact ohmique entre une couche de semi-conducteur de type n et type p.

Toutes les réalisations mentionnées ci-dessus peuvent, tel qu'il sera clair pour ceux du métier, être combinées de plusieurs manières.

10 En général, la diode 2220 pourrait être réalisée en dopant la structure de semi-conducteur 2800 avec P, Sb, As (par exemple pour le type n dans le Si) ou B, Ga, In (par exemple pour le type p dans le Si) avec une concentration dans la plage de  $5E15$  à  $5E20$   $cm^{-3}$ . La réalisation de la diode 2220 au sein de la structure de semi-conducteur 2800 pourrait être réalisée par traitement de technologie des semi-conducteurs, par traitement  
15 de la structure de semi-conducteur 2800 seule, avant de la joindre aux autres éléments de l'assemblage de cellule solaire 2000.

Ainsi, au lieu de réaliser la diode 6220 indépendamment et de l'assembler ensuite sur le dissipateur de chaleur, comme à la Figure 4A, ou sur la structure de semi-conducteur 1800, comme à la Figure 1A, la diode 2220 peut être réalisée directement sur  
20 ou en tant que partie de la structure de semi-conducteur 2800. Ceci offre la possibilité de réaliser un grand nombre de diodes en parallèle, par exemple sur la plaquette plus grande 800 représentée schématiquement à la Figure 1C, augmentant ainsi l'efficacité et le rendement du processus de fabrication et réduisant les coûts.

De plus, comme il ressort de la Figure 2, la diode 2220 est placée sur le côté de la  
25 cellule photovoltaïque 3420. En d'autres termes, la diode 2200 et la cellule photovoltaïque 3420 peuvent ne pas se chevaucher verticalement. Ceci est également valable pour les zones de contact définissant la diode 2200 dans les modes de réalisation décrits en référence aux Figures 2A à 2C. Plus généralement, la diode 2220 est placée de telle sorte qu'une connexion entre la surface supérieure de la diode 2220 et la surface supérieure de  
30 la cellule photovoltaïque 3420 soit possible, par exemple par l'intermédiaire des contacts 6210 et 6410 et de la connexion par fil 6300. Contrairement à l'état de la technique identifié ci-dessus, ceci fournit l'avantage bénéfique qu'aucune connexion électrique n'est nécessaire du côté arrière de la structure de semi-conducteur 2800. D'autre part, la

connexion électrique à l'assemblage de cellule solaire 2000 voisin peut être réalisée par connexion électrique aux contacts 6110 et 6210 sur la face avant des assemblages de cellules solaires 2000.

En outre, le placement de la diode 2220 sur le côté de la cellule photovoltaïque 3420 offre les avantages supplémentaires que la diode n'est pas sur le chemin de la dissipation thermique de la cellule photovoltaïque 3420.

Les structures de semi-conducteurs 1800 et 2800 peuvent avantageusement être utilisées comme support pour une cellule photovoltaïque 6420 et 3420, qui ne pourrait autrement pas être stable toute seule pour un processus de « pick and place » ultérieur en raison d'une faible épaisseur. En particulier, la cellule photovoltaïque 6420 ou 3420 peut être placée, avec le procédé de « pick and place » déjà mentionné, ou bien collée à une plaquette. Le rapport de surface entre la cellule photovoltaïque 6420 ou 3420 et les structures de semi-conducteurs 1800 et 2800 peut être dans la plage de 1,2 à 1 jusqu'à 10 à 1, en particulier de 2 à 1 jusqu'à 4 à 1. Ceci résulte en une structure de semi-conducteur plus grande que la cellule photovoltaïque 6420 et 3420, ce qui laisse de la place pour la réalisation de la diode 6220 ou 2220 et du plot de contact électrique 6110, et facilite les étapes de fabrication ultérieures, comme par exemple l'obtention d'une meilleure manipulation pour le processus de « pick and place ». Par exemple, le collage des structures de semi-conducteurs 1800 et 2800 plus grandes sur le dissipateur de chaleur 6100 est plus facile que le collage de la cellule photovoltaïque 6420 ou 3420 plus petite, réduisant le risque d'endommager les éléments sensibles comme par exemple la cellule.

Les Figures 3A et 3B illustrent respectivement une coupe et une vue du dessus d'un assemblage de cellule solaire 5000 et d'une structure d'assemblage de cellule solaire 333 conformément à d'autres modes de réalisation alternatifs de la présente invention. Ici, la définition des première et deuxième zones semi-conductrices est alignée sur la définition fournie pour le mode de réalisation de la Figure 2.

En particulier, les Figures 3A et 3B diffèrent du mode de réalisation illustré à la Figure 2, étant donné que la structure de semi-conducteur 5800 est dopée avec différents niveaux de dopage, dans au moins deux zones de dopage 5820 et 5830, et une séparation est illustrée schématiquement par la zone 5821. Une telle séparation des deux zones de dopage 5820 et 5830 peut être obtenue par exemple en limitant localement le dopage par diffusion en masquant les zones respectives. Par exemple, comme il ressort

de la Figure 3A, les zones 5820 et 5830 peuvent être davantage restreintes dans les zones de chevauchement de la cellule photovoltaïque 6420 ou la zone 2220 de la diode. Ceci est représenté schématiquement par les lignes en pointillé dans la Figure 3A entourant la zone 2220, la cellule photovoltaïque 6420 et le plot de contact électrique 6110. La zone 5821 est moins conductrice que les autres zones 5820 et 5830. Le contact

5 arrière entre la diode 2220 et la cellule photovoltaïque 6420 est assuré par un substrat électriquement conducteur 5810 compris en outre dans la structure de semi-conducteur 5800 par l'intermédiaire des zones dopées 5820 et 5830, qui sont connectées électriquement au substrat électriquement conducteur 5810. L'ensemble 5800 et 5810

10 pourrait être par exemple une structure de silicium (Si) sur molybdène (Mo) ou tungstène (W), le Mo ou le W assurant le contact arrière entre la diode 2220, la cellule photovoltaïque 6420 et le plot de contact électrique 6110, alors que la couche Si peut être facilement traitée dans le but d'obtenir les zones dopées 5820, 5830, 2220, etc. Ceci présente l'avantage qu'un substrat relativement bon marché, fourni par la couche mince

15 de Si sur le substrat de Mo plutôt bon marché avec une bonne conductivité électrique, est obtenu, la couche mince de Si ayant intégré des fonctionnalités comme par exemple la diode et le contact arrière de la cellule et de la diode au substrat de Mo par l'intermédiaire des zones hautement dopées 5820 et 5830. En outre, les zones dopées peuvent être formées de manière plus localisées, par exemple autour des positions de la cellule

20 photovoltaïque. Ceci est représenté schématiquement par les contours en en pointillé 5840 dans la Figure 3A. Le contact arrière est ainsi assuré par un substrat arrière beaucoup moins cher, alors que l'avant fonctionnalisé est obtenu par traitement semi-conducteur de la structure 5800.

Plus spécifiquement, la zone dopée 5820, qui inclut la deuxième zone semi-conductrice définie ci-dessus, et qui peut avoir un dopage plus faible que la zone dopée

25 5830, qui inclut la première zone semi-conductrice définie ci-dessus, sont connectées électriquement par l'intermédiaire du substrat électriquement conducteur 5810. Grâce à un tel agencement, il est possible d'obtenir un faible courant inverse pour la diode 2220, tout en ayant toujours un chemin de faible résistance à travers la zone dopée 5830. Le

30 faible courant inverse est avantageux étant donné que, comme la diode 2220 est polarisée en inverse pendant le fonctionnement normal de la cellule photovoltaïque, il réduit les pertes en réduisant le courant traversant la diode.

Dans certains modes de réalisation, le dopage de la zone dopée 5820 peut être dans la plage de  $5E15$  à  $5E17$   $cm^{-3}$ , tandis que le dopage de la zone dopée 5830 peut

être dans la plage de  $1E18$  à  $5E20$   $cm^{-3}$ . Les matériaux utilisés pour le dopage des zones dopées 5820 et/ou 5830 peuvent être B, Ga, P, Sb, As, In dans le cas de Si ou SiGe.

5 Bien que la zone dopée 5830 soit illustrée comme s'étendant vers le bas et vers les bords de la structure de semi-conducteur 5800, la présente invention n'y est pas limitée. En alternative, la zone dopée 5830 pourrait être façonnée de manière à fournir une couche dopée d'une épaisseur dans la plage de 300 nm à 2 mm entourant la cellule solaire 6420. De manière semblable, la zone dopée 5820 peut également être restreinte localement autour de 2220.

10 Bien que les modes de réalisation alternatifs des Figures 3A et 3B aient été réalisés en référence au mode de réalisation de la Figure 2, la présente invention n'y est pas limitée. En alternative, ou en outre, le mode de réalisation de la Figure 3A et 3B peut être également réalisé en combinaison avec les modes de réalisation de la Figure 1A, 1B et des Figures 2A-2C.

15 Tous les contacts mentionnés dans les modes de réalisation décrits ci-dessus peuvent être composés de matériaux comme Au, Ag, Ti, Pd, Pt, Zn, Ge, Ni, etc. ou, plus généralement, peuvent être plaqués pour obtenir une meilleure conductivité.

Toute zone dopée mentionnée dans les modes de réalisation décrits ci-dessus peut être réalisée par dopage par diffusion et/ou par croissance épitaxiale.

20 Par ailleurs, il sera clair pour ceux du métier que les polarités de type n-p décrites ci-dessus peuvent être inversées réciproquement, tout en obtenant toujours les mêmes effets avantageux en ce qui concerne les zones se faisant face avec la même polarité de dopage.

25 Il sera en outre clair pour ceux du métier que les différents modes de réalisation sont uniquement des exemples de l'invention, et que des caractéristiques des modes de réalisation peuvent être combinées de plusieurs façons avantageuses, conformément aux modes de réalisation.

### Revendications

1. Structure d'assemblage de cellule solaire (111, 222, 333) pour soutenir une structure de cellule photovoltaïque à concentration (3420, 6420), comprenant une structure semi-conductrice (1800, 2800, 5800) et une diode (6220, 2220),  
5 dans laquelle la structure semi-conductrice comprend :  
  
une première zone semi-conductrice (1800, 2800, 2800A, 2800B, 2800C, 5830), dont au moins une partie pour placer la structure de cellule photovoltaïque à concentration, et  
  
une deuxième zone semi-conductrice (2200, 2220A, 2220B, 2220C, 5820), pour  
10 réaliser la diode dans ou sur la deuxième zone,  
  
les première et deuxième zones semi-conductrices ne se chevauchant pas verticalement.
2. Structure d'assemblage de cellule solaire (111, 222, 333) selon la revendication 1, comprenant en outre un plot de contact électrique (6110), dans laquelle la  
15 première zone semi-conductrice est en contact électrique avec la deuxième zone semi-conductrice, pour réaliser un contact à faible résistance entre la diode, le placement de la cellule photovoltaïque à concentration et le plot de contact (6110).
3. Structure d'assemblage de cellule solaire (111, 222, 333) selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle les première et deuxième zones semi-conductrices sont faites en matériau semi-conducteur, en particulier Si, Ge, SiGe.  
20
4. Structure d'assemblage de cellule solaire (111, 222, 333) selon l'une des revendications précédentes, la structure de semi-conducteur comprenant en outre un substrat électriquement conducteur (5810) connectant électriquement les première et deuxième zones, en particulier le substrat électriquement conducteur  
25 étant fait en matériau métallique, en particulier Mo ou W.
5. Structure d'assemblage de cellule solaire selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle la première zone semi-conductrice est hautement dopée, de type n ou de type p, en particulier avec une concentration de dopant supérieure à  $1E18 \text{ cm}^{-3}$ .

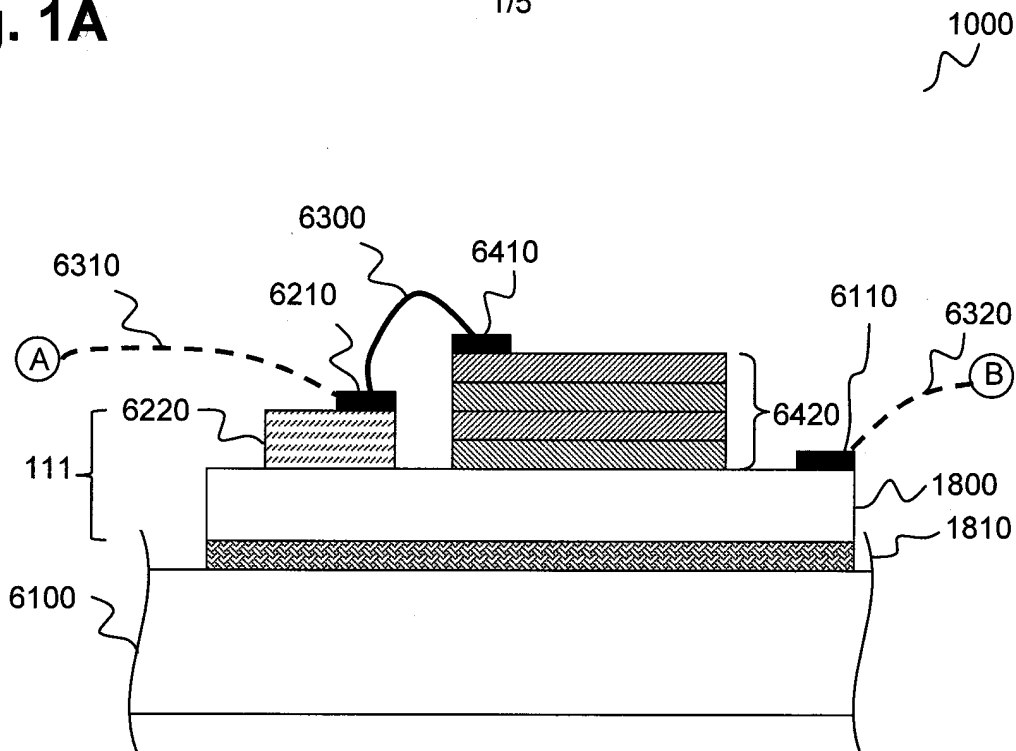
6. Structure d'assemblage de cellule solaire selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle la diode comprend une première zone dopée (2220A) et une deuxième zone dopée (2800A, 2220B, 2220C), et dans laquelle les première et deuxième zones dopées ont des polarités différentes.
- 5 7. Structure d'assemblage de cellule solaire selon la revendication 6, dans laquelle la polarité de la diode est du type p sur type n, avec un pôle positif en contact avec un contact avant (6210) et un pôle négatif en contact avec la première zone semi-conductrice.
- 10 8. Structure d'assemblage de cellule solaire selon les revendications 6 et 7, dans laquelle la première zone semi-conductrice de la structure de semi-conducteur a le même type de dopage que la deuxième zone dopée de la diode.
9. Structure d'assemblage de cellule solaire selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, dans laquelle les première et/ou deuxième zones dopées sont réalisées par dopage par diffusion et/ou croissance épitaxiale.
- 15 10. Assemblage de cellule solaire (1000, 2000, 5000) comprenant la structure d'assemblage de cellule solaire selon l'une quelconque des revendications précédentes et une structure de cellule photovoltaïque à concentration (3420, 6420) assemblée sur celle-ci, dans lequel la structure de cellule photovoltaïque à concentration est assemblée sur la partie de la première zone semi-conductrice  
20 pour placer la structure de cellule photovoltaïque à concentration.
- 25 11. Assemblage de cellule solaire selon la revendication 10, dans lequel la cellule photovoltaïque à concentration et la diode sont collées sur les première et deuxième zones semi-conductrices respectivement, en particulier en utilisant une liaison moléculaire ou directe, une liaison par compression thermique, ou une liaison métallique.
12. Assemblage de cellule solaire selon l'une quelconque des revendications 10 à 11, dans lequel la diode (2220, 6220) est connectée de manière antiparallèle à la structure de cellule photovoltaïque à concentration.
- 30 13. Assemblage de cellule solaire selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, dans lequel la structure de cellule photovoltaïque à concentration est une cellule

multi-jonctions faite de composés semi-conducteurs III-V, en particulier InGaAs, InGaAsP, GaAs, InGaP.

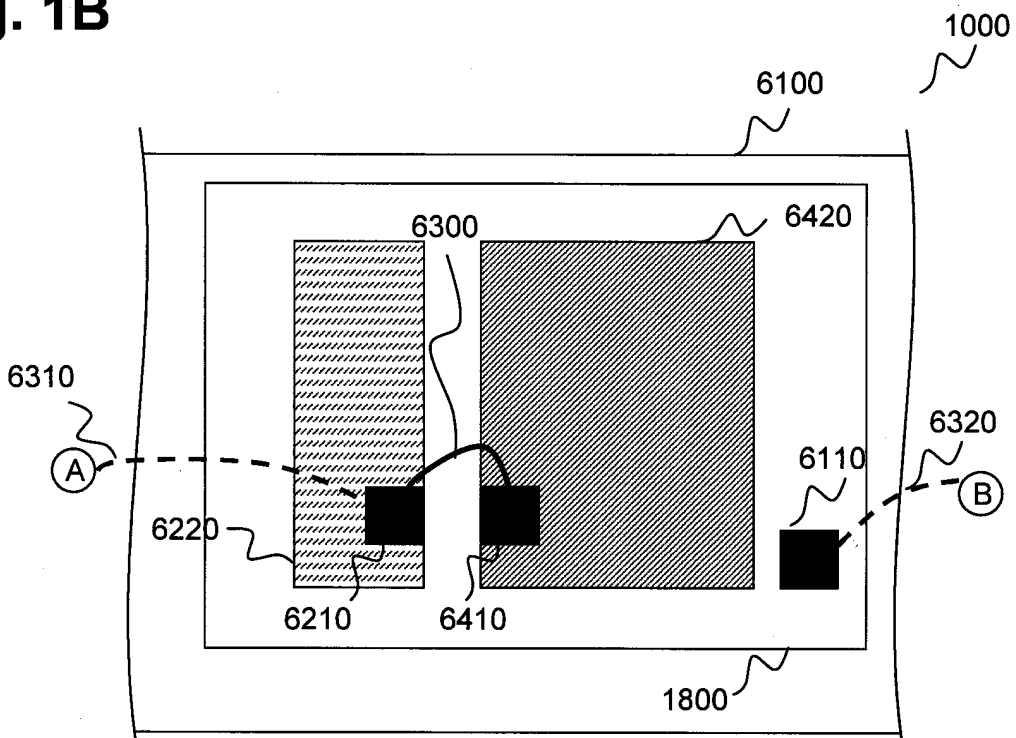
- 5 14. Assemblage de cellule solaire selon l'une quelconque des revendications 10 à 13, dans lequel la structure de cellule photovoltaïque à concentration a une épaisseur inférieure à 10  $\mu\text{m}$ .
- 10 15. Assemblage de cellule solaire selon l'une quelconque des revendications 10 à 14, dans lequel la structure de cellule photovoltaïque à concentration comprend une couche inférieure faite en matériau à dopage de type p, et la première zone semi-conductrice est à dopage de type p, et une liaison moléculaire est réalisée entre la couche inférieure à dopage de type p et la première zone semi-conductrice et est une liaison de type p-p.
- 15 16. Assemblage de cellule solaire selon l'une quelconque des revendications 10 à 14, dans lequel la structure de cellule photovoltaïque à concentration comprend une couche supérieure faite en matériau à dopage de type n et une couche inférieure faite en matériau à dopage de type p, et comprend en outre une diode tunnel p-n réalisée sur ladite couche inférieure, la première zone semi-conductrice est à dopage de type n,
- 20 et dans lequel une liaison moléculaire est réalisée entre la face libre à dopage de type n de la diode tunnel et la première zone semi-conductrice et est une liaison de type n-n.
- 25 17. Assemblage de cellule solaire selon l'une quelconque des revendications 10 à 16, avec un rapport de surface entre la structure d'assemblage de cellule solaire et la structure de cellule photovoltaïque à concentration dans la plage de 1,2 à 1 jusqu'à 10 à 1, préférablement de 2 à 1 jusqu'à 4 à 1.
- 30 18. Assemblage de cellule solaire selon l'une quelconque des revendications 10 à 17, monté en outre sur un dissipateur de chaleur (6100) au moyen d'un adhésif (1810).
19. Pluralité de structures d'assemblages de cellules solaires selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 réalisés sur une plaquette (800) de diamètre préférable de 2", 4", 6", 8", 11", ou 400 cm, préférablement faite en silicium ou en silicium sur molybdène.

**Fig. 1A**

1/5

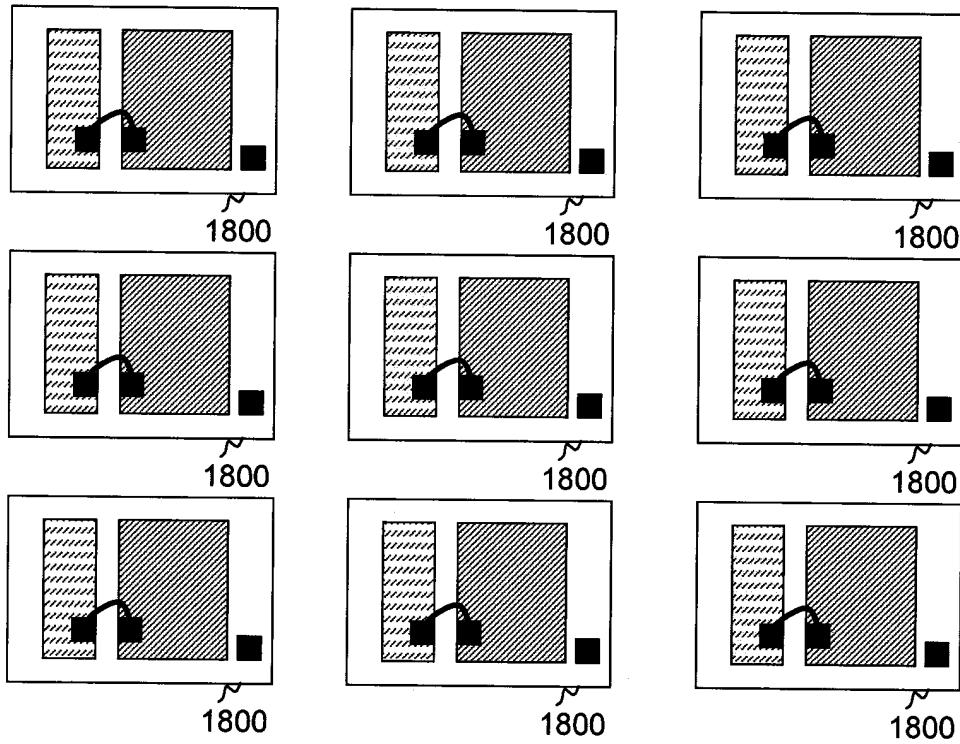
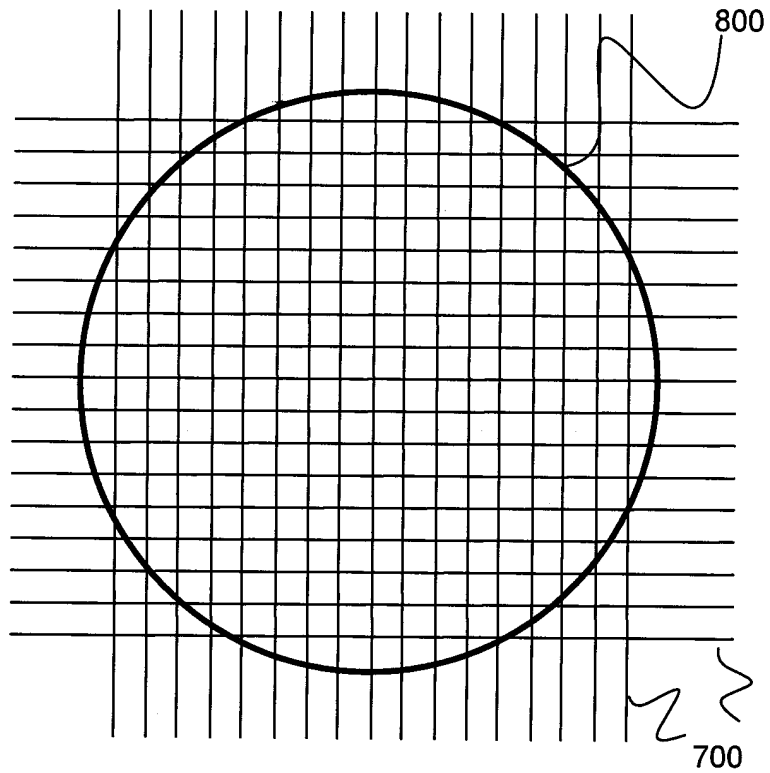


**Fig. 1B**

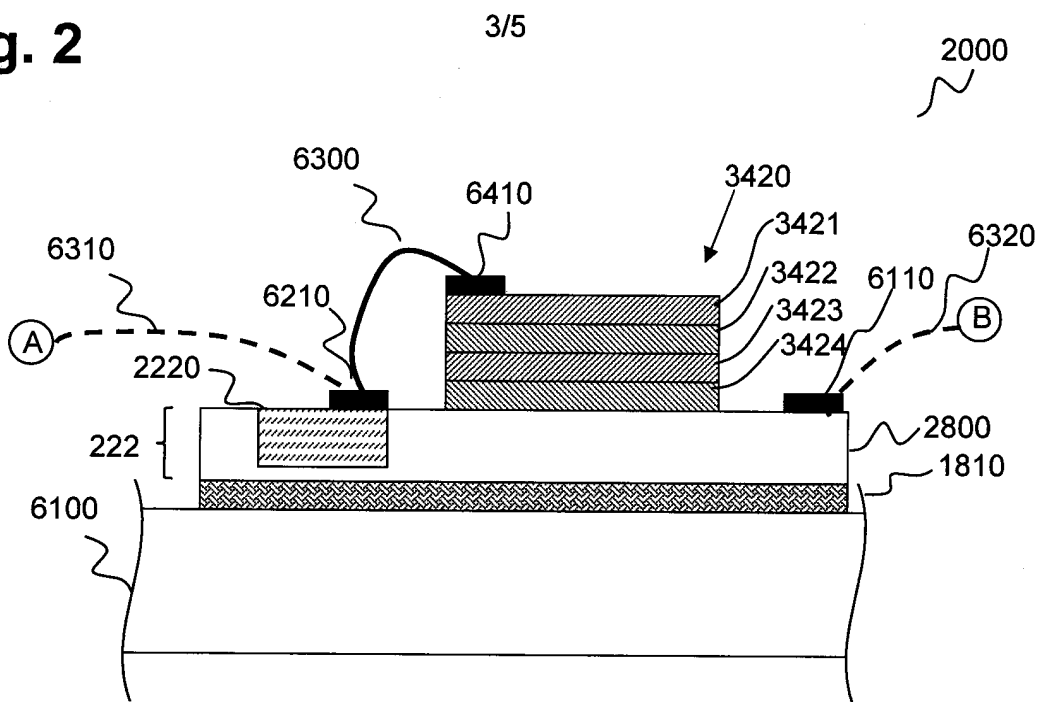


2/5

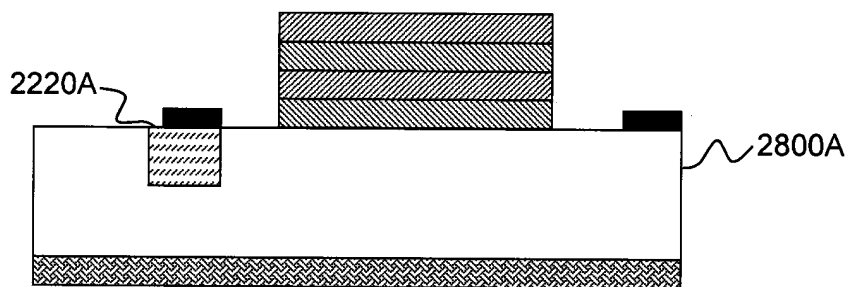
Fig. 1C



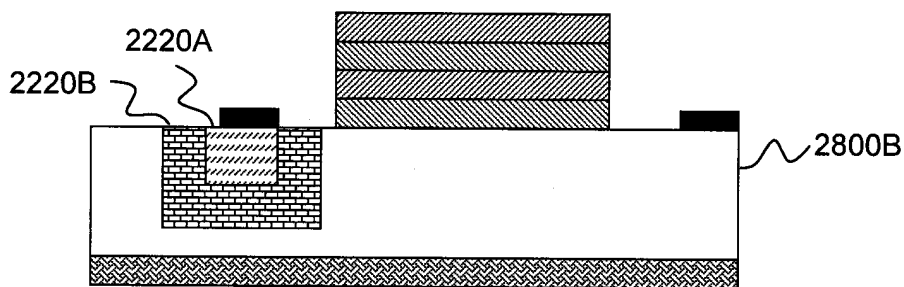
**Fig. 2**



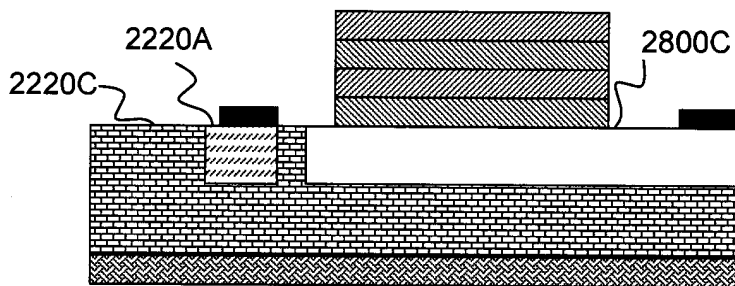
**Fig. 2A**



**Fig. 2B**

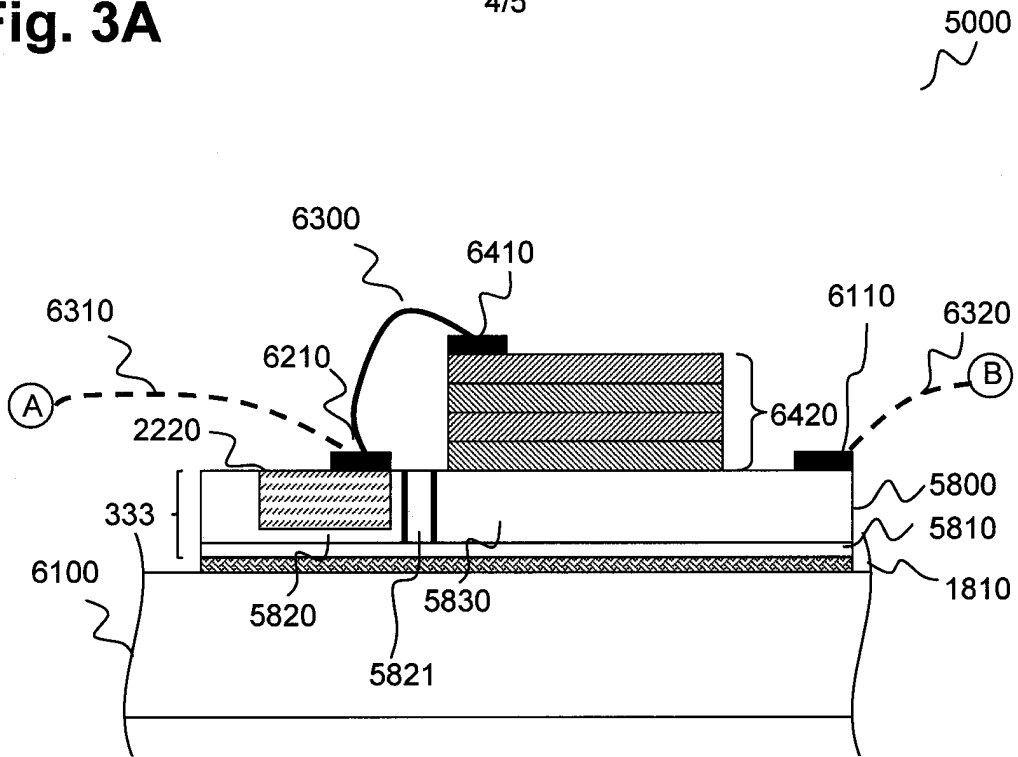


**Fig. 2C**



**Fig. 3A**

4/5



**Fig. 3B**

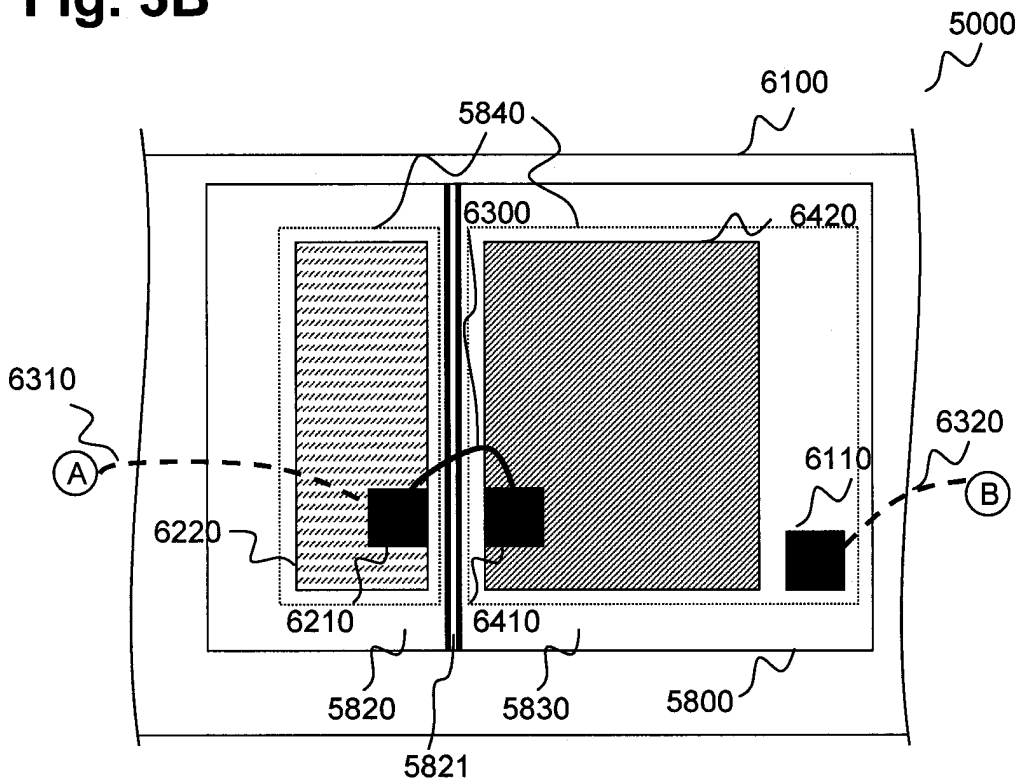


Fig. 4A

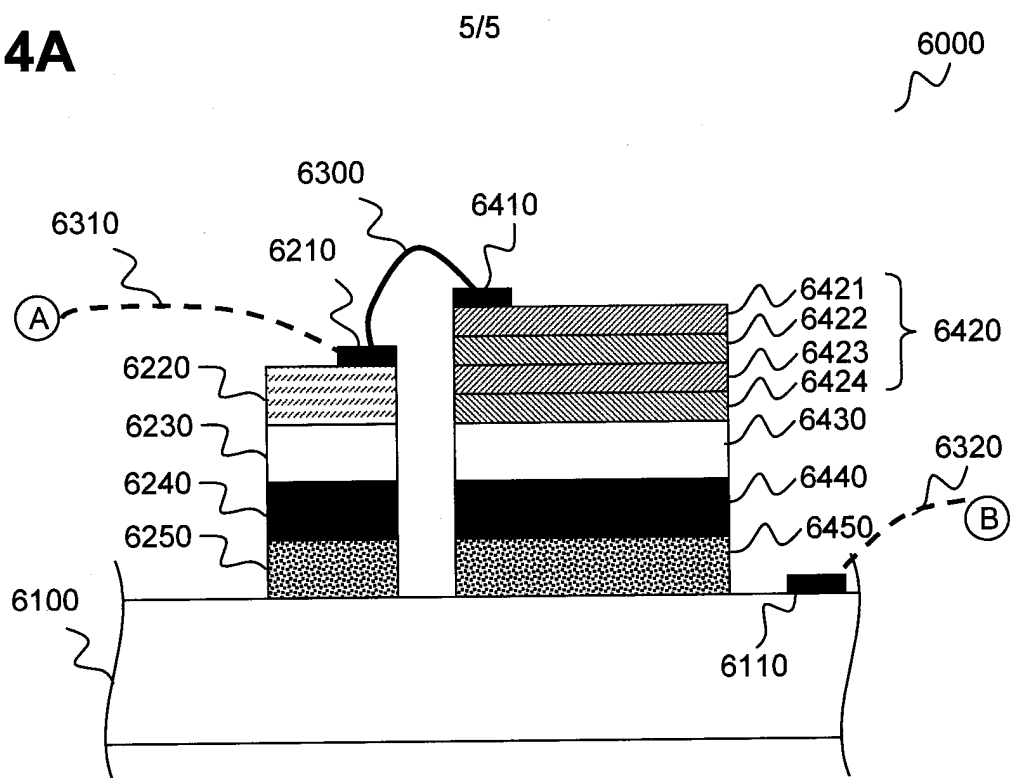
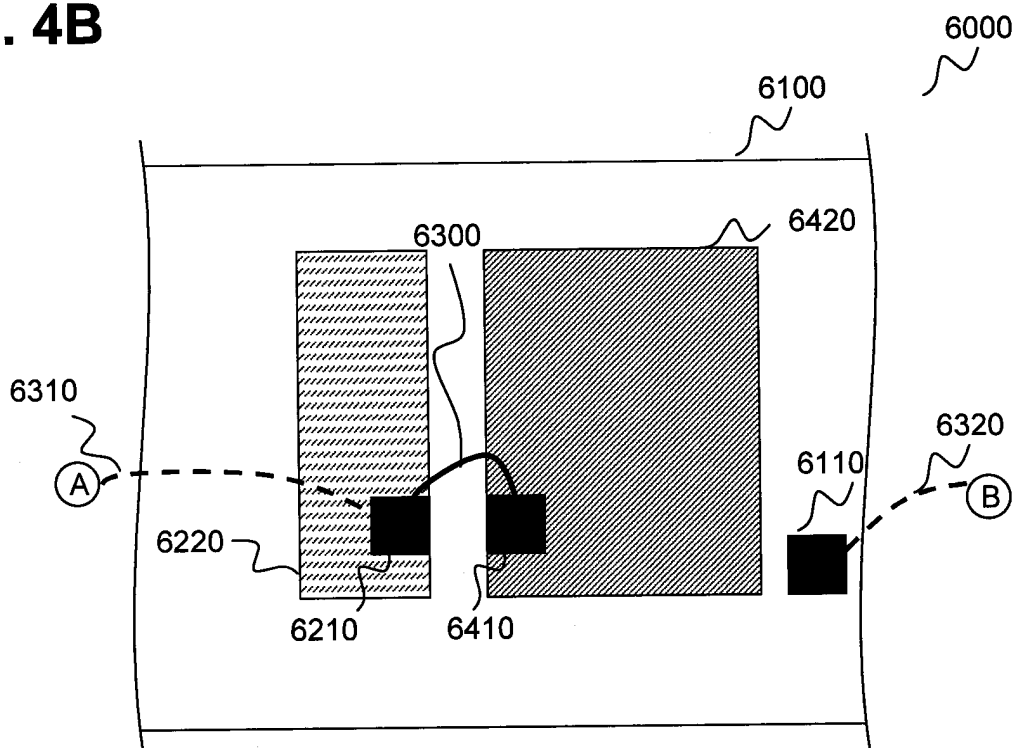


Fig. 4B





**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

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

FA 780054  
FR 1352866

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	US 7 732 706 B1 (MARDESICH NICK [US]) 8 juin 2010 (2010-06-08) * abrégé *; revendications 1-12; figures 1-5 * * colonne 3, ligne 5 - colonne 6, ligne 30 *	1-19	H01L31/05 H01L31/042 H01L31/024 H01L27/142 H01L29/88
X	EP 0 369 666 A2 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 23 mai 1990 (1990-05-23) * abrégé *; revendications 1-14; figures 1-4 * * colonne 4, ligne 1 - colonne 13, ligne 30 *	1-19	
X	STAN M ET AL: "Design and Performance of High Efficiency III-V Space Solar Cells with Monolithic Bypass Diode Architecture", 1 mai 2006 (2006-05-01), CONFERENCE RECORD OF THE 2006 IEEE 4TH WORLD CONFERENCE ON PHOTOVOLTAIC ENERGY CONVERSION (IEEE CAT. NO.06CH37747), IEEE, PAGE(S) 1865 - 1868, XP031007695, ISBN: 978-1-4244-0016-4 * abrégé *; figure 4 *	1-19	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)  H01L
X	WO 03/012880 A2 (EMCORE CORP [US]; CHAW-LONG CHU [US]) 13 février 2003 (2003-02-13) * abrégé *; revendications 60-68; figures 1-8 *	1-19	
X	JP S57 204180 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 14 décembre 1982 (1982-12-14) * abrégé *; revendications; figures *  ----- -/--	1-19	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
10 octobre 2013		Hamdani, Fayçal	
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 autre document de la même catégorie		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date 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	



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

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

FA 780054  
FR 1352866

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		
A	EP 2 388 825 A2 (BOEING CO [US]) 23 novembre 2011 (2011-11-23) * abrégé *; revendications 1-14; figures 1-7 *	1-19	
A	----- US 2011/265857 A1 (WANG CHIOU FU [TW] ET AL) 3 novembre 2011 (2011-11-03) * abrégé *; revendications 1-10; figures 1-9 *	1-19	
A	----- US 2005/072457 A1 (GLENN GREGORY S [US]) 7 avril 2005 (2005-04-07) * abrégé *; revendications 1-10; figures 1-7 *	1-19	
A	----- US 2011/284986 A1 (RIM SEUNG BUM [US] ET AL) 24 novembre 2011 (2011-11-24) * abrégé *; revendications; figures *	1-19	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		10 octobre 2013	Hamdani, Fayçal
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	

2

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1352866 FA 780054**

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 **10-10-2013**

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
US 7732706	B1	08-06-2010	AUCUN	
EP 0369666	A2	23-05-1990	DE 68923061 D1	20-07-1995
			DE 68923061 T2	09-11-1995
			EP 0369666 A2	23-05-1990
			US 5009720 A	23-04-1991
WO 03012880	A2	13-02-2003	AU 2002329656 A1	17-02-2003
			EP 1428267 A2	16-06-2004
			WO 03012880 A2	13-02-2003
JP S57204180	A	14-12-1982	AUCUN	
EP 2388825	A2	23-11-2011	EP 2388825 A2	23-11-2011
			US 2011277820 A1	17-11-2011
US 2011265857	A1	03-11-2011	CN 102237377 A	09-11-2011
			US 2011265857 A1	03-11-2011
US 2005072457	A1	07-04-2005	AU 2004282897 A1	28-04-2005
			AU 2010257428 A1	20-01-2011
			EP 1676323 A2	05-07-2006
			US 2005072457 A1	07-04-2005
			WO 2005038925 A2	28-04-2005
US 2011284986	A1	24-11-2011	AU 2011371275 A1	16-05-2013
			EP 2652795 A2	23-10-2013
			US 2011284986 A1	24-11-2011
			US 2012171799 A1	05-07-2012
			WO 2013058724 A2	25-04-2013