

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①1 N° de publication : **3 142 835**

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

②1 N° d'enregistrement national : **22 12693**

⑤1 Int Cl⁸ : **H 01 L 31/046 (2023.01), H 10 K 30/50**

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤4 Procédé de fabrication de sous-cellules photovoltaïques.

②2 Date de dépôt : 02.12.22.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public
de la demande : 07.06.24 Bulletin 24/23.

④5 Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 25.10.24 Bulletin 24/43.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : *COMMISSARIAT A L'ENERGIE
ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES
Etablissement public à caractère industriel et
commercial — FR.*

⑦2 Inventeur(s) : DUBOIS Sébastien, DENIS Christine,
ENJALBERT Nicolas, LIGNIER Hélène et
LORFEUVRE Coralie.

⑦3 Titulaire(s) : *COMMISSARIAT A L'ENERGIE
ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES
Etablissement public à caractère industriel et
commercial.*

⑦4 Mandataire(s) : INNOV-GROUP.

FR 3 142 835 - B1



Description

Titre de l'invention : Procédé de fabrication de sous-cellules photovoltaïques

Domaine technique

[0001] L'invention se rapporte au domaine technique des cellules photovoltaïques. Plus précisément, l'invention concerne la fabrication de sous-cellules photovoltaïques présentant une grande variété de formes, par exemple des formes carrées, rectangulaires, triangulaires, circulaires etc.

[0002] L'invention trouve son application dans la fabrication de cellules photovoltaïques à base de silicium cristallin, notamment dans la fabrication de cellules photovoltaïques à hétérojonction silicium amorphe/silicium cristallin. Cependant, d'autres architectures de cellule photovoltaïque sont envisageables, par exemple une architecture de type TOPCon (« *Tunnel Oxide Passivated Contact* » en langue anglaise) où le contact passivé comporte un film d'oxyde tunnel et une couche de silicium polycristallin dopé, une architecture de type multi-jonction monolithique (e.g. cellule tandem silicium/pérovskite), une architecture de type PERC (émetteur passivé et cellule arrière, « *Passivated Emitter and Rear Cell* » en langue anglaise), ou encore une architecture de type champ de surface arrière en aluminium Al-BSF (BSF pour « *Back Surface Field* » en langue anglaise).

État de l'art

[0003] Un premier procédé de fabrication de sous-cellules photovoltaïques, connu de l'état de la technique, utilise une technique de clivage laser (LDC pour « *Laser Direct Cleavage* » en langue anglaise). Plus précisément, une première variante du premier procédé comporte les étapes :

A₀₁) utiliser une cellule photovoltaïque, comprenant :

- un substrat, à base de silicium cristallin, présentant des première et seconde surfaces opposées ;
- des premier et second empilements de couches actives, formés respectivement sur les première et seconde surfaces du substrat ;
- des premier et second ensembles de plots métalliques, formés respectivement sur les premier et second empilements de couches actives ;

B₀₁) appliquer un clivage laser à la cellule photovoltaïque de manière à :

- obtenir localement, entre des plots métalliques du premier ensemble, des ablations du premier empilement de couches actives et d'une première partie du substrat ;
- tracer un contour délimitant des sous-cellules photovoltaïques ;
- conserver une seconde partie du substrat, s'étendant dans le prolongement des

ablations ;

C_{01}) séparer les sous-cellules photovoltaïques délimitées à l'issue de l'étape B_{01}) par une sollicitation mécanique.

- [0004] La première partie du substrat ablatée lors de l'étape B_{01}) permet de fragiliser les sous-cellules photovoltaïques délimitées à l'issue de l'étape B_{01}), de sorte qu'il est possible de les séparer par sollicitation mécanique lors de l'étape C_{01}).
- [0005] Une telle première variante du premier procédé, impliquant des sillons non-traversants, est peu adaptée à l'obtention de formes autres que carrées ou rectangulaires pour les sous-cellules photovoltaïques. En d'autres termes, une telle première variante du premier procédé n'est adaptée que lorsque le contour délimite des portions rectilignes. En effet, lors de l'étape C_{01}) de séparation des sous-cellules photovoltaïques par sollicitation mécanique, une fissure va être créée et se propager le long des directions préférentielles de clivage, ce qui va induire une casse des sous-cellules photovoltaïques.
- [0006] Une deuxième variante du premier procédé comporte les étapes :
- A'_{01}) utiliser une cellule photovoltaïque, comprenant :
- un substrat, à base de silicium cristallin, présentant des première et seconde surfaces opposées ;
 - des premier et second empilements de couches actives, formés respectivement sur les première et seconde surfaces du substrat ;
 - des premier et second ensembles de plots métalliques, formés respectivement sur les premier et second empilements de couches actives ;
- B'_{01}) appliquer un clivage laser à la cellule photovoltaïque de manière à :
- obtenir localement, entre des plots métalliques du premier ensemble, des ablations du premier empilement de couches actives et de la totalité du substrat ;
 - tracer un contour délimitant des sous-cellules photovoltaïques.
- [0007] Les sous-cellules photovoltaïques délimitées à l'issue de l'étape B'_{01}) sont séparées spontanément.
- [0008] Une telle deuxième variante du premier procédé, impliquant des sillons traversants, est adaptée à l'obtention de formes diverses pour les sous-cellules photovoltaïques, contrairement à la première variante.
- [0009] Toutefois, les première et deuxième variantes d'un tel premier procédé de l'état de la technique ne sont pas entièrement satisfaisantes dans la mesure où l'irradiation laser appliquée lors de l'étape B_{01}) crée des défauts, en particulier une amorphisation du silicium sur les bords des sous-cellules photovoltaïques qui rend délicate, voire impossible, la passivation ultérieure de ces bords. La passivation des surfaces du substrat est un enjeu majeur du secteur photovoltaïque, permettant de limiter les recombinaisons entre porteurs, ce qui se traduit par une amélioration significative de

l'efficacité. Par « passivation », on entend la réduction des recombinaisons des porteurs aux surfaces du substrat. En effet, une surface d'un substrat en silicium cristallin présente une densité de défauts (e.g. liaisons pendantes, impuretés, discontinuité du cristal etc.) pouvant entraîner des pertes non négligeables liées à la recombinaison en surface des porteurs dans le cas d'une application photovoltaïque.

[0010] Un deuxième procédé de fabrication de sous-cellules photovoltaïques, connu de l'état de la technique, utilise une technique de séparation thermique au laser (TLS pour « *Thermal Laser Separation* » en langue anglaise). Plus précisément, le deuxième procédé comporte les étapes :

A₀₂) utiliser une cellule photovoltaïque, comprenant :

- un substrat, à base de silicium cristallin, présentant des première et seconde surfaces opposées ;
- des premier et second empilements de couches actives, formés respectivement sur les première et seconde surfaces du substrat ;
- des premier et second ensembles de plots métalliques, formés respectivement sur les premier et second empilements de couches actives ;

B₀₂) appliquer une technique de séparation thermique au laser à la cellule photovoltaïque de manière à :

- obtenir localement, entre des plots métalliques du premier ensemble, une propagation d'une fissure au travers du premier empilement de couches actives et de la totalité du substrat ;
- tracer un contour délimitant des sous-cellules photovoltaïques.

[0011] Les sous-cellules photovoltaïques délimitées à l'issue de l'étape B₀₂) sont séparées spontanément.

[0012] Un tel deuxième procédé de l'état de la technique permet, à l'issue de l'étape B₀₂), d'obtenir des bords de sous-cellules photovoltaïques pouvant être passivés. Toutefois, un tel deuxième procédé de l'état de la technique n'est pas entièrement satisfaisant dans la mesure où il est peu adapté pour l'obtention de formes diverses pour les sous-cellules photovoltaïques, en particulier lorsque le contour ne délimite pas des portions rectilignes.

[0013] L'homme du métier recherche donc une solution permettant d'obtenir des formes diverses (i.e. n'impliquant pas uniquement des portions rectilignes) pour les sous-cellules photovoltaïques, avec des bords pouvant être aisément passivés.

Exposé de l'invention

[0014] L'invention vise à remédier en tout ou partie aux inconvénients précités. A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de fabrication de sous-cellules photovoltaïques, comportant les étapes :

a) utiliser une cellule photovoltaïque, comprenant :

- un substrat, à base de silicium cristallin, présentant des première et seconde surfaces opposées ;
- des premier et second empilements de couches actives, formés respectivement sur les première et seconde surfaces du substrat ;
- des premier et second ensembles de plots métalliques, formés respectivement sur les premier et second empilements de couches actives ;

b) former des première et seconde couches diélectriques, s'étendant respectivement sur les premier et second ensembles de plots métalliques, et s'étendant respectivement sur les premier et second empilements de couches actives ;

c) appliquer un rayonnement laser à la cellule photovoltaïque obtenue à l'issue de l'étape b) de manière à :

- obtenir localement, entre des plots métalliques du premier ensemble, des ablations de la première couche diélectrique, du premier empilement de couches actives, et d'une première partie du substrat ;
- tracer un contour délimitant des sous-cellules photovoltaïques ;
- conserver une seconde partie du substrat, s'étendant dans le prolongement des ablations, et adaptée pour conserver une tenue mécanique des sous-cellules photovoltaïques délimitées par le contour tracé ;

d) graver chimiquement, avec un agent de gravure, au moins partiellement la seconde partie du substrat s'étendant dans le prolongement des ablations obtenues à l'issue de l'étape c), de manière à fragiliser les sous-cellules photovoltaïques délimitées à l'issue de l'étape c) ; l'agent de gravure étant choisi de manière à autoriser une gravure sélective du silicium par rapport aux première et deuxième couches diélectriques ;

e) séparer les sous-cellules photovoltaïques fragilisées à l'issue de l'étape d).

[0015] Ainsi, un tel procédé selon l'invention permet d'obtenir des sous-cellules photovoltaïques de formes diverses (n'impliquant pas nécessairement que des portions rectilignes) avec des bords pouvant être aisément passivés, grâce à la combinaison des étapes c) et d). En effet, l'ablation laser de l'étape c) permet de tracer un contour de forme variée, pouvant être par exemple rectiligne ou curviligne. L'étape d), quant à elle, permet de :

- (i) fragiliser les sous-cellules photovoltaïques délimitées à l'issue de l'étape c), et
- (ii) supprimer une grande partie des défauts liés à l'amorphisation du silicium (provoquée par l'irradiation laser) sur les bords des sous-cellules photovoltaïques, grâce à la gravure chimique.

[0016] Une telle étape d), réduisant considérablement les défauts d'amorphisation du silicium, facilite ainsi une passivation ultérieure des bords des sous-cellules photovoltaïques par rapport à l'état de la technique. Les première et seconde couches di-

électriques formées lors de l'étape b) agissent comme masques de gravure.

- [0017] Le procédé selon l'invention peut comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.
- [0018] Selon une caractéristique de l'invention :
- l'étape d) est exécutée de sorte que la seconde partie du substrat est totalement gravée chimiquement ;
 - l'étape e) consiste en une séparation spontanée des sous-cellules photovoltaïques fragilisées à l'issue de l'étape d).
- [0019] Ainsi, un avantage procuré est de s'affranchir d'opérations dédiées à la séparation des sous-cellules photovoltaïques.
- [0020] Selon une caractéristique de l'invention :
- l'étape d) est exécutée de sorte que la seconde partie du substrat est partiellement gravée chimiquement ;
 - l'étape e) est exécutée par une technique de séparation choisie parmi un choc thermique, une sollicitation mécanique, et un traitement par ultrasons.
- [0021] Ainsi, un avantage procuré est de réduire le temps d'opération liée à la gravure chimique de la seconde partie du substrat.
- [0022] Selon une caractéristique de l'invention, l'étape d) consiste à immerger la cellule photovoltaïque obtenue à l'issue de l'étape c) dans un bain de gravure.
- [0023] Ainsi, un avantage procuré est la simplicité de mise en œuvre du procédé.
- [0024] Selon une caractéristique de l'invention :
- les première et seconde couches diélectriques formées lors de l'étape b) sont réalisées dans un oxyde de silicium ;
 - l'étape d) est exécutée de sorte que l'agent de gravure est choisi parmi une solution d'hydroxyde de potassium KOH, une solution d'hydroxyde de tétraméthylammonium TMAH, une solution d'hydroxyde de sodium NaOH.
- [0025] Ainsi, un avantage procuré par de tels agents de gravure est d'autoriser une gravure sélective du silicium par rapport à un oxyde de silicium.
- [0026] Selon une caractéristique de l'invention, le rayonnement laser est appliqué lors de l'étape c) suivant une direction parallèle à la normale aux première et seconde surfaces du substrat.
- [0027] Ainsi, un avantage procuré est d'optimiser le volume utile de la cellule photovoltaïque utilisée lors de l'étape a) pour fabriquer des sous-cellules photovoltaïques.
- [0028] Selon une caractéristique de l'invention, le rayonnement laser appliqué lors de l'étape c) est un rayonnement impulsionnel possédant une fluence et une durée d'impulsion adaptées pour obtenir une ablation de la première couche diélectrique, du premier empilement de couches actives, et de la première partie du substrat.
- [0029] Selon une caractéristique de l'invention, les sous-cellules photovoltaïques séparées à

l'issue de l'étape e) présentent des bords latéraux exposés ; le procédé comportant une étape f) consistant à passiver les bords latéraux exposés.

- [0030] Ainsi, un avantage procuré est de limiter les recombinaisons entre les porteurs, ce qui se traduit par une amélioration significative de l'efficacité.
- [0031] Selon une caractéristique de l'invention, l'étape f) comporte une étape consistant à former un oxyde d'aluminium sur les bords latéraux exposés, par un dépôt de couches atomiques.
- [0032] Ainsi, un avantage procuré est de pouvoir former une couche de passivation de bonne qualité, après une activation de la passivation (par exemple par un recuit ou par un traitement du type exposition lumineuse « *Light Soaking* »), malgré une potentielle forte rugosité de surface des bords latéraux exposés.
- [0033] Selon une caractéristique de l'invention, le procédé comporte une étape g) consistant à graver partiellement les première et seconde couches diélectriques à l'issue de l'étape e) ; l'étape g) étant exécutée de sorte que les première et seconde couches diélectriques gravées partiellement forment des couches antireflets.
- [0034] Ainsi, un avantage procuré est de s'affranchir de la formation de couches antireflets dédiées, nécessitant leur dépôt après la suppression des première et seconde couches diélectriques, et augmentant alors significativement le temps d'opération du procédé.
- [0035] *Définitions*
- [0036] - Par « substrat », on entend un support physique, autoporté, destiné à la fabrication d'une cellule photovoltaïque. Le substrat peut être une tranche (« *wafer* » en langue anglaise) découpée dans un lingot de silicium cristallin.
- [0037] - Par « silicium cristallin », on entend la forme multicristalline ou la forme monocristalline du silicium, excluant donc le silicium amorphe.
- [0038] - Par « à base de », on entend que le silicium cristallin est le matériau principal et majoritaire composant le substrat.
- [0039] - Par « couche active », on entend une couche possédant un rôle dans le fonctionnement de la cellule photovoltaïque, par exemple un rôle de séparation des charges, un rôle de collecte des charges, un rôle de passivation électrique des surfaces du substrat, un rôle optique d'anti-reflets, un rôle de sous-cellule (autre que le silicium cristallin) dans le cas d'une multi-jonction etc.
- [0040] - Par « plot », on entend un plot de contact électrique.
- [0041] - Par « diélectrique », on entend une couche réalisée dans un matériau présentant une conductivité électrique à 300 K inférieure ou égale à 10^{-6} S/cm.
- [0042] - Par « ablation », on entend une éjection de matière à partir d'un matériau traversé par le rayonnement laser selon une fluence donnée.
- [0043] - Par « contour », on entend tout ou partie de l'ensemble des surfaces délimitant extérieurement les sous-cellules photovoltaïques. Un contour partiel est une partie de

l'ensemble des surfaces délimitant extérieurement les sous-cellules photovoltaïques.

Un contour total est l'ensemble des surfaces délimitant extérieurement les sous-cellules photovoltaïques.

[0044] - Par « sous-cellule photovoltaïque », on entend une cellule photovoltaïque obtenue à partir d'une division de la cellule photovoltaïque initiale, utilisée lors de l'étape a).

[0045] - Par « tenue mécanique », on entend que les sous-cellules photovoltaïques, délimitées à l'issue de l'étape c), résistent à la rupture en réponse à une sollicitation mécanique.

[0046] - Par « au moins partiellement », on entend que la seconde partie du substrat est partiellement ou totalement gravée chimiquement lors de l'étape d).

[0047] - Par « gravure sélective », on entend que le silicium du substrat peut être gravé sans attaquer significativement le matériau de la première couche diélectrique (et de la seconde couche diélectrique). En pratique, l'agent de gravure est choisi de sorte que la vitesse de gravure du silicium est au moins 3 fois supérieure (préférentiellement 5 fois supérieure, plus préférentiellement 10 fois supérieure) à celle du matériau de la première couche diélectrique (et de la seconde couche diélectrique).

[0048] - Par « séparation spontanée », on entend une rupture des sous-cellules photovoltaïques sans sollicitation extérieure.

[0049] - Par « oxyde de silicium », on entend un oxyde de formule brute Si_xO_y .

[0050] - Par « passiver », on entend la réduction des recombinaisons des porteurs aux surfaces du substrat. En effet, les bords d'un substrat en silicium cristallin présentent une densité de défauts (e.g. liaisons pendantes, impuretés, discontinuité du cristal...) pouvant entraîner des pertes non négligeables liées à la recombinaison en surface des porteurs dans le cas d'une application photovoltaïque.

[0051] - Par « oxyde d'aluminium », on entend un oxyde de formule brute Al_xO_y .

Brève description des dessins

[0052] D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront dans l'exposé détaillé de différents modes de réalisation de l'invention, l'exposé étant assorti d'exemples et de références aux dessins joints.

[0053] [Fig.1] est une vue schématique en coupe, illustrant une étape a) d'un procédé selon l'invention.

[0054] [Fig.2] est une vue schématique en coupe, illustrant une étape b) d'un procédé selon l'invention.

[0055] [Fig.3] est une vue schématique en coupe, illustrant virtuellement (en pointillés) la première partie du substrat qui va être ablatée lors de l'étape c), et la seconde partie du substrat, dans le prolongement des ablations, qui sera conservée à l'issue de l'étape c).

[0056] [Fig.4] est une vue schématique en coupe, illustrant une étape c) d'un procédé selon

l'invention.

- [0057] [Fig.5] est une vue schématique en coupe, illustrant une étape d) d'un procédé selon l'invention, la gravure chimique de la seconde partie du substrat étant partielle.
- [0058] [Fig.6] est une vue schématique en coupe, illustrant une étape e) d'un procédé selon l'invention après une gravure chimique partielle de la seconde partie du substrat.
- [0059] [Fig.7] est une vue schématique en coupe, illustrant une sous-cellule photovoltaïque obtenue à l'issue de l'étape e) dans le cas où la gravure chimique de la seconde partie du substrat est partielle lors de l'étape d).
- [0060] [Fig.8] est une vue schématique en coupe, analogue à la [Fig.7], illustrant une étape f) d'un procédé selon l'invention, dans laquelle les bords latéraux exposés de la sous-cellule photovoltaïque sont passivés.
- [0061] [Fig.9] est une vue schématique en coupe, analogue à la [Fig.7], illustrant une étape g) d'un procédé selon l'invention, dans laquelle les première et seconde couches diélectriques sont gravées partiellement.
- [0062] [Fig.10] est une vue schématique en coupe, analogue à la [Fig.5], illustrant une étape d) d'un procédé selon l'invention, la gravure chimique de la seconde partie du substrat étant totale. Il est à noter que la cellule photovoltaïque illustrée à la [Fig.10] vise à améliorer la compréhension, mais ne représente pas en toute rigueur la réalité puisque le second empilement de couches actives et la seconde couche diélectrique demeurant, en face arrière, à l'issue de la gravure chimique totale, ne permettent pas d'assurer une tenue mécanique de la cellule photovoltaïque (séparation spontanée), leur épaisseur étant trop faible (quelques dizaines à quelques centaines de nm).
- [0063] [Fig.11] est une vue schématique en coupe, analogue à la [Fig.6], illustrant une étape e) d'un procédé selon l'invention après une gravure chimique totale de la seconde partie du substrat. Il est à noter que la cellule photovoltaïque illustrée à la [Fig.11] vise à améliorer la compréhension, mais ne représente pas en toute rigueur la réalité puisque le second empilement de couches actives et la seconde couche diélectrique demeurant, en face arrière, à l'issue de la gravure chimique totale, ne permettent pas d'assurer une tenue mécanique de la cellule photovoltaïque (séparation spontanée), leur épaisseur étant trop faible (quelques dizaines à quelques centaines de nm).
- [0064] [Fig.12] est une vue schématique en coupe, analogue à la [Fig.7], illustrant une sous-cellule photovoltaïque obtenue à l'issue de l'étape e) dans le cas où la gravure chimique de la seconde partie du substrat est totale lors de l'étape d).
- [0065] [Fig.13] est une vue schématique de dessus d'une cellule photovoltaïque utilisée lors de l'étape a), illustrant virtuellement (en pointillés) un futur contour pouvant être tracé lors de l'étape c).
- [0066] [Fig.14] est une vue schématique de dessus d'une sous-cellule photovoltaïque obtenue par un procédé selon l'invention, à partir de la cellule photovoltaïque illustrée

à la [Fig.13].

[0067] Il est à noter que les dessins décrits ci-avant sont schématiques, et ne sont pas nécessairement à l'échelle par souci de lisibilité et pour en simplifier leur compréhension. Les coupes sont effectuées selon la normale aux première et seconde surfaces du substrat.

Exposé détaillé des modes de réalisation

[0068] Les éléments identiques ou assurant la même fonction porteront les mêmes références pour les différents modes de réalisation, par souci de simplification.

[0069] Un objet de l'invention est un procédé de fabrication de sous-cellules C1 photovoltaïques, comportant les étapes :

a) utiliser une cellule C0 photovoltaïque, comprenant :

- un substrat 1, à base de silicium cristallin, présentant des première et seconde surfaces 10, 11 opposées ;

- des premier et second empilements 2a, 2b de couches actives, formés respectivement sur les première et seconde surfaces 10, 11 du substrat 1 ;

- des premier et second ensembles P1, P2 de plots métalliques, formés respectivement sur les premier et second empilements 2a, 2b de couches actives ;

b) former des première et seconde couches diélectriques 3a, 3b, s'étendant respectivement sur les premier et second ensembles P1, P2 de plots métalliques, et s'étendant respectivement sur les premier et second empilements 2a, 2b de couches actives ;

c) appliquer un rayonnement laser L à la cellule C0 photovoltaïque obtenue à l'issue de l'étape b) de manière à :

- obtenir localement, entre des plots métalliques P1 du premier ensemble, des ablations A1 de la première couche diélectrique 3a, du premier empilement 2a de couches actives, et d'une première partie S1 du substrat 1 ;

- tracer un contour C délimitant des sous-cellules C1 photovoltaïques ;

- conserver une seconde partie S2 du substrat 1, s'étendant dans le prolongement des ablations A1, et adaptée pour conserver une tenue mécanique des sous-cellules C1 photovoltaïques délimitées par le contour C tracé ;

d) graver chimiquement, avec un agent de gravure, au moins partiellement la seconde partie S2 du substrat 1 s'étendant dans le prolongement des ablations A1 obtenues à l'issue de l'étape c), de manière à fragiliser les sous-cellules C1 photovoltaïques délimitées à l'issue de l'étape c) ; l'agent de gravure étant choisi de manière à autoriser une gravure sélective du silicium par rapport aux première et deuxième couches diélectriques 3a, 3b ;

e) séparer les sous-cellules C1 photovoltaïques fragilisées à l'issue de l'étape d).

[0070] *Etape a)*

[0071] L'étape a) consiste à utiliser une cellule C0 photovoltaïque, comprenant :

- un substrat 1, à base de silicium cristallin, présentant des première et seconde surfaces 10, 11 opposées ;
- des premier et second empilements 2a, 2b de couches actives, formés respectivement sur les première et seconde surfaces 10, 11 du substrat 1 ;
- des premier et second ensembles P1, P2 de plots métalliques, formés respectivement sur les premier et second empilements 2a, 2b de couches actives.

- [0072] Le substrat 1 est à base de silicium cristallin. Le substrat 1 est avantageusement réalisé à base de silicium monocristallin, de préférence dopé de type n. Les première et seconde surfaces 10, 11 du substrat 1 sont destinées à être exposées à un rayonnement lumineux (rayonnement solaire). La première surface 10 du substrat 1 peut être destinée à former la face avant de la cellule C0 photovoltaïque, tandis que la seconde surface 11 du substrat 1 peut être destinée à former la face arrière de la cellule C0 photovoltaïque.
- [0073] Chacun des premier et second empilements 2a, 2b de couches actives peut comporter une couche de passivation. A titre d'exemple non limitatif, la couche de passivation peut être réalisée dans un silicium amorphe hydrogéné, noté a-Si :H. Le silicium amorphe hydrogéné est intrinsèque.
- [0074] Chacun des premier et second empilements 2a, 2b de couches actives peut comporter une couche de séparation de charges, formée sur la couche de passivation. La couche de séparation de charges du premier empilement 2a de couches actives est dopée d'un premier type. La couche de séparation de charges du second empilement 2b de couches actives est dopée d'un second type, opposé au premier type. A titre d'exemple non limitatif, la couche de séparation de charges peut être réalisée en a-Si :H dopé n par le phosphore sur la face avant, et a-Si :H dopé p par le bore sur la face arrière.
- [0075] Chacun des premier et second empilements 2a, 2b de couches actives peut comporter un oxyde transparent conducteur (e.g. l'oxyde d'indium-étain ITO) formé sur la couche de séparation de charges. À titre d'exemple non limitatif, l'oxyde transparent conducteur du premier empilement 2a de couches actives (face avant) peut être réalisé en ITO avec une épaisseur de 10 nm. L'oxyde transparent conducteur du second empilement 2b de couches actives (face arrière) peut être réalisé en ITO avec une épaisseur de 80 nm.
- [0076] Les première et seconde surfaces 10, 11 du substrat 1 peuvent être planes. Les première et seconde surfaces du substrat 1 sont avantageusement texturées afin de réduire le coefficient de réflexion et les pertes optiques dans la cellule C0 photovoltaïque. Les première et seconde surfaces 10, 11 du substrat 1 présentent avantageusement une superficie supérieure à 120 cm².
- [0077] Les premier et second ensembles P1, P2 de plots métalliques sont réalisés dans un matériau métallique, pouvant être par exemple l'argent Ag, le cuivre Cu, ou

l'aluminium Al.

- [0078] La cellule C0 photovoltaïque utilisée lors de l'étape a) présente de préférence une forme carrée ou rectangulaire.
- [0079] La cellule C0 photovoltaïque utilisée lors de l'étape a) peut être de type silicium à hétérojonction (i.e. hétérojonction silicium amorphe/silicium cristallin). Cependant, d'autres architectures de cellule photovoltaïque sont envisageables, par exemple une architecture de type TOPCon (« *Tunnel Oxide Passivated Contact* » en langue anglaise) où le contact passivé comporte un film d'oxyde tunnel et une couche de silicium polycristallin dopé, une architecture de type multi-jonction monolithique (e.g. cellule tandem silicium/pérovskite), une architecture de type PERC (émetteur passivé et cellule arrière, « *Passivated Emitter and Rear Cell* » en langue anglaise), ou encore une architecture de type champ de surface arrière en aluminium Al-BSF (BSF pour « *Back Surface Field* » en langue anglaise).
- [0080] L'étape a) peut comporter les étapes :
- a₁) utiliser une cellule C0 photovoltaïque, comportant :
 - un substrat 1, à base de silicium cristallin, présentant des première et seconde surfaces 10, 11 opposées ;
 - des premier et second empilements 2a, 2b de couches actives, formés respectivement sur les première et seconde surfaces 10, 11 du substrat 1 ;
 - a₂) former des premier et second ensembles P1, P2 de plots métalliques, respectivement sur les premier et second empilements 2a, 2b de couches actives.
- [0081] L'étape a₂) peut être exécutée en déposant une pâte de sérigraphie à travers un écran de sérigraphie délimitant les motifs des plots métalliques P1, P2. La pâte de sérigraphie peut être étalée sur l'écran de sérigraphie à l'aide d'une racle. La pâte de sérigraphie peut comporter une matrice minérale métallique sous forme de poudre, par exemple en argent, cuivre ou aluminium (ou dans un mélange de ces éléments). La pâte de sérigraphie peut alors être déposée sur l'écran de sérigraphie à l'aide d'un véhicule temporaire comportant classiquement un solvant, un liant, un plastifiant et un dispersant. À titre de variante, la pâte de sérigraphie peut comporter une matrice organique, réalisée dans un polymère thermodurcissable, et une charge métallique (argent, cuivre ou aluminium). L'étape a₂) d'impression des premier et second ensembles P1, P2 de plots métalliques (électrodes) est généralement suivie d'étapes de recuit (évaporation des solvants, augmentation de la conductivité des électrodes). D'autres techniques de métallisation sont envisageables pour l'exécution de l'étape a₂). On peut citer par exemple un dépôt physique en phase vapeur, un dépôt par jet d'encre, un dépôt par évaporation sous vide, une électrodéposition.
- [0082] L'étape a) peut comporter une étape a₃) consistant à former des mires d'alignement, par exemple par impression, afin de faciliter ultérieurement l'alignement du

rayonnement laser L lors de l'étape c) par rapport aux plots métalliques P1 du premier ensemble, et éventuellement par rapport aux plots métalliques P2 du deuxième ensemble.

[0083] *Etape b)*

[0084] L'étape b) consiste à former des première et seconde couches diélectriques 3a, 3b, s'étendant respectivement sur les premier et second ensembles P1, P2 de plots métalliques, et s'étendant respectivement sur les premier et second empilements 2a, 2b de couches actives.

[0085] Les première et seconde couches diélectriques 3a, 3b recouvrent, en totalité, respectivement les premier et second ensembles P1, P2 de plots métalliques.

[0086] Les première et seconde couches diélectriques 3a, 3b formées lors de l'étape b) peuvent être réalisées dans un oxyde de silicium. Toutefois, d'autres matériaux diélectriques sont envisageables. On peut citer par exemple un oxynitride de silicium $Si_xO_yN_z$, un nitrure de silicium Si_xN_y , un oxyde d'aluminium Al_xO_y .

[0087] Les première et seconde couches diélectriques 3a, 3b peuvent être formées lors de l'étape b) par une technique de dépôt connue de l'homme du métier. On peut citer par exemple un dépôt physique en phase vapeur (PVD pour « *Phase Vapor Deposition* » en langue anglaise), un dépôt chimique en phase vapeur (CVD pour « *Chemical Vapor Deposition* » en langue anglaise), un dépôt de couches atomiques (ALD pour « *Atomic Layer Deposition* » en langue anglaise), un dépôt chimique en phase vapeur assisté par plasma (PECVD pour « *Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition* » en langue anglaise), un dépôt chimique en phase vapeur à pression sous-atmosphérique (LPCVD pour « *Low Pressure Chemical Vapor Deposition* » en langue anglaise) etc.

[0088] Plus précisément, la technique de dépôt est avantageusement choisie pour présenter un taux de conformité (ratio entre la largeur des flancs de la couche diélectrique 3a, 3b déposée et l'épaisseur en surface de la couche diélectrique 3a, 3b déposée) suffisant pour permettre de suivre la topologie de surface des premier et second ensembles P1, P2 de plots métalliques. À cet égard, on privilégiera un dépôt par ALD ou un dépôt par LPCVD qui présentent des taux de conformité proches de 1. En d'autres termes, la technique de dépôt est avantageusement choisie pour avoir une couche diélectrique 3a, 3b la plus couvrante possible.

[0089] Il est possible de combiner plusieurs techniques de dépôt pour former une couche diélectrique 3a, 3b. Par exemple, la formation d'une couche diélectrique 3a, 3b peut débuter avec un dépôt ALD, pour la conformité excellente, et continuer avec un dépôt PECVD, pour la vitesse de dépôt importante.

[0090] Les première et seconde couches diélectriques 3a, 3b formées lors de l'étape b) peuvent présenter une épaisseur comprise entre 10 nm et 1 μ m, de préférence comprise entre 10 nm et 200 nm.

- [0091] Les première et seconde couches diélectriques 3a, 3b formées lors de l'étape b) peuvent respectivement être réalisées dans des premier et second matériaux diélectriques. Les premier et second matériaux diélectriques peuvent être identiques. Toutefois, les premier et second matériaux diélectriques peuvent être différents. Par ailleurs, il est également possible de combiner plusieurs matériaux diélectriques pour former une couche diélectrique 3a, 3b.
- [0092] Le rôle principal des première et seconde couches diélectriques 3a, 3b est de former une couche barrière protectrice contre l'attaque chimique de l'étape d). En d'autres termes, les première et seconde couches diélectriques 3a, 3b agissent comme un masque de gravure. Cependant, les première et seconde couches diélectriques 3a, 3b peuvent avoir des fonctions additionnelles. On peut citer par exemple une fonction de protection contre le rayonnement UV, une fonction de couche tampon pour protéger les couches actives superficielles etc.
- [0093] *Etape c)*
- [0094] L'étape c) consiste à appliquer un rayonnement laser L à la cellule C0 photovoltaïque obtenue à l'issue de l'étape b) de manière à :
- obtenir localement, entre des plots métalliques P1 du premier ensemble, des ablations A1 de la première couche diélectrique 3a, du premier empilement 2a de couches actives, et d'une première partie S1 du substrat 1 ;
 - tracer un contour C délimitant des sous-cellules C1 photovoltaïques ;
 - conserver une seconde partie S2 du substrat 1, s'étendant dans le prolongement des ablations A1, et adaptée pour conserver une tenue mécanique des sous-cellules C1 photovoltaïques délimitées par le contour C tracé.
- [0095] Le rayonnement laser L est avantageusement appliqué lors de l'étape c) suivant une direction d parallèle à la normale aux première et seconde surfaces 10, 11 du substrat 1.
- [0096] Le rayonnement laser L appliqué lors de l'étape c) est avantageusement un rayonnement impulsionnel possédant une fluence et une durée d'impulsion adaptées pour obtenir une ablation A1 de la première couche diélectrique 3a, du premier empilement 2a de couches actives, et de la première partie S1 du substrat 1. En d'autres termes, le rayonnement laser L appliqué lors de l'étape c) doit atteindre le substrat 1 afin de mettre à nu le silicium cristallin. La durée d'impulsion peut être de l'ordre de la nanoseconde ou de la picoseconde. La vitesse de balayage du rayonnement laser L appliqué lors de l'étape c) est également ajustée pour obtenir la profondeur d'ablation souhaitée, pouvant être par exemple de l'ordre de 25 microns. La largeur de la zone amorphisée du silicium par l'irradiation laser peut être de l'ordre de 5 microns.
- [0097] Le rayonnement laser L appliqué lors de l'étape c) peut posséder une longueur d'onde appartenant à l'infrarouge, ou au spectre visible (e.g. vert, bleu). À titre

d'exemple non limitatif, la longueur d'onde peut être de 1024 nm.

[0098] Le rayonnement laser L appliqué lors de l'étape c) peut former une zone irradiée présentant un diamètre de l'ordre de 30 microns.

[0099] Il est envisageable d'appliquer le rayonnement laser L à la cellule C0 photovoltaïque obtenue à l'issue de l'étape b) de manière à :

- obtenir localement, entre des plots métalliques P2 du second ensemble, des ablations additionnelles de la seconde couche diélectrique 3b, du second empilement 2b de couches actives, et d'une première partie additionnelle du substrat 1 ;
- tracer un contour C délimitant des sous-cellules C1 photovoltaïques ;
- conserver une seconde partie additionnelle du substrat 1, s'étendant dans le prolongement des ablations additionnelles, et adaptée pour conserver une tenue mécanique des sous-cellules C1 photovoltaïques délimitées par le contour C tracé.

[0100] *Etape d)*

[0101] L'étape d) consiste à graver chimiquement, avec un agent de gravure, au moins partiellement la seconde partie S2 du substrat 1 s'étendant dans le prolongement des ablations A1 obtenues à l'issue de l'étape c), de manière à fragiliser les sous-cellules C1 photovoltaïques délimitées à l'issue de l'étape c).

[0102] L'agent de gravure est choisi de manière à autoriser une gravure sélective du silicium par rapport aux première et deuxième couches diélectriques 3a, 3b.

[0103] Selon un premier mode de mise en œuvre, l'étape d) est exécutée de sorte que la seconde partie S2 du substrat 1 est totalement gravée chimiquement.

[0104] Selon un deuxième mode de mise en œuvre, l'étape d) est exécutée de sorte que la seconde partie S2 du substrat 1 est partiellement gravée chimiquement.

[0105] L'étape d) consiste avantageusement à immerger la cellule C0 photovoltaïque obtenue à l'issue de l'étape c) dans un bain de gravure.

[0106] Lorsque les première et seconde couches diélectriques 3a, 3b formées lors de l'étape b) sont réalisées dans un oxyde de silicium, l'étape d) est avantageusement exécutée de sorte que l'agent de gravure est choisi parmi une solution d'hydroxyde de potassium KOH, une solution d'hydroxyde de tétraméthylammonium TMAH, une solution d'hydroxyde de sodium NaOH. À titre d'exemple non limitatif, l'étape d) peut être exécutée à une température de 80°C avec une solution d'hydroxyde de potassium KOH comme agent de gravure, présentant un pourcentage massique de 2,5 %.

[0107] *Etape e)*

[0108] L'étape e) consiste à séparer les sous-cellules C1 photovoltaïques fragilisées à l'issue de l'étape d).

[0109] Lorsque l'étape d) est exécutée de sorte que la seconde partie S2 du substrat 1 est totalement gravée chimiquement, l'étape e) consiste en une séparation spontanée des sous-cellules C1 photovoltaïques fragilisées à l'issue de l'étape d).

- [0110] Lorsque l'étape d) est exécutée de sorte que la seconde partie S2 du substrat 1 est partiellement gravée chimiquement, l'étape e) est avantageusement exécutée par une technique de séparation choisie parmi un choc thermique, une sollicitation mécanique, et un traitement par ultrasons. L'homme du métier sait ajuster les paramètres du choc thermique, de la sollicitation mécanique, et du traitement par ultrasons afin d'obtenir une séparation physique.
- [0111] Les sous-cellules C1 photovoltaïques séparées à l'issue de l'étape e) présentent des bords latéraux BL exposés. Les sous-cellules C1 photovoltaïques présentent avantageusement un ratio P/S supérieur ou égal à $8,9 \cdot 10^{-2} \text{ mm}^{-1}$, où « P » est le périmètre de la sous-cellule C1 photovoltaïque, et « S » est l'aire de la surface de la sous-cellule C1 photovoltaïque.
- [0112] *Etape f)*
- [0113] Le procédé comporte avantageusement une étape f) consistant à passiver les bords latéraux BL exposés. En d'autres termes, l'étape f) consiste à former une couche de passivation 4 sur chacun des bords latéraux BL exposés.
- [0114] L'étape f) comporte avantageusement une étape consistant à former un oxyde d'aluminium 4 sur les bords latéraux BL exposés, par un dépôt de couches atomiques, préalablement à une étape d'activation de la passivation par un recuit ou par un traitement du type exposition lumineuse « *Light Soaking* ». Toutefois, d'autres couches de passivation 4 (matériaux de passivation différents) peuvent être formées sur les bords latéraux BL exposés, y compris par d'autres techniques de dépôt.
- [0115] *Etape g)*
- [0116] Le procédé comporte avantageusement une étape g) consistant à graver partiellement les première et seconde couches diélectriques 3a, 3b à l'issue de l'étape e). L'étape g) est exécutée de sorte que les première et seconde couches diélectriques 3a, 3b gravées partiellement forment des couches antireflets. L'épaisseur finale souhaitée des première et seconde couches diélectriques 3a, 3b [à l'issue de l'étape g)] peut être préalablement vérifiée à l'aide de mesures de réflectivité des surfaces des sous-cellules C1 photovoltaïques. À titre d'exemple non limitatif, l'épaisseur finale souhaitée des première et seconde couches diélectriques 3a, 3b peut être de l'ordre de 100 nm.
- [0117] Lorsque les première et seconde couches diélectriques 3a, 3b formées lors de l'étape b) sont réalisées dans un oxyde de silicium, l'étape g) peut être exécutée avec une solution d'attaque acide, par exemple à base d'acide fluorhydrique.
- [0118] Il est à noter que les étapes f) et g) peuvent être interverties.
- [0119] L'invention ne se limite pas aux modes de réalisation exposés. L'homme du métier est mis à même de considérer leurs combinaisons techniquement opérantes, et de leur substituer des équivalents.

Revendications

[Revendication 1]

Procédé de fabrication de sous-cellules (C1) photovoltaïques, comportant les étapes :

a) utiliser une cellule (C0) photovoltaïque, comprenant :

- un substrat (1), à base de silicium cristallin, présentant des première et seconde surfaces (10, 11) opposées ;

- des premier et second empilements (2a, 2b) de couches actives, formés respectivement sur les première et seconde surfaces (10, 11) du substrat (1) ;

- des premier et second ensembles (P1, P2) de plots métalliques, formés respectivement sur les premier et second empilements (2a, 2b) de couches actives ;

b) former des première et seconde couches diélectriques (3a, 3b), s'étendant respectivement sur les premier et second ensembles (P1, P2) de plots métalliques, et s'étendant respectivement sur les premier et second empilements (2a, 2b) de couches actives ;

c) appliquer un rayonnement laser (L) à la cellule (C0) photovoltaïque obtenue à l'issue de l'étape b) de manière à :

- obtenir localement, entre des plots métalliques (P1) du premier ensemble, des ablations (A1) de la première couche diélectrique (3a), du premier empilement (2a) de couches actives, et d'une première partie (S1) du substrat (1) ;

- tracer un contour (C) délimitant des sous-cellules (C1) photovoltaïques ;

- conserver une seconde partie (S2) du substrat (1), s'étendant dans le prolongement des ablations (A1), et adaptée pour conserver une tenue mécanique des sous-cellules (C1) photovoltaïques délimitées par le contour (C) tracé ;

d) graver chimiquement, avec un agent de gravure, au moins partiellement la seconde partie (S2) du substrat (1) s'étendant dans le prolongement des ablations (A1) obtenues à l'issue de l'étape c), de manière à fragiliser les sous-cellules (C1) photovoltaïques délimitées à l'issue de l'étape c) ; l'agent de gravure étant choisi de manière à autoriser une gravure sélective du silicium par rapport aux première et deuxième couches diélectriques (3a, 3b) ;

e) séparer les sous-cellules (C1) photovoltaïques fragilisées à l'issue de l'étape d).

- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, dans lequel :
- l'étape d) est exécutée de sorte que la seconde partie (S2) du substrat (1) est totalement gravée chimiquement ;
 - l'étape e) consiste en une séparation spontanée des sous-cellules (C1) photovoltaïques fragilisées à l'issue de l'étape d).
- [Revendication 3] Procédé selon la revendication 1, dans lequel :
- l'étape d) est exécutée de sorte que la seconde partie (S2) du substrat (1) est partiellement gravée chimiquement ;
 - l'étape e) est exécutée par une technique de séparation choisie parmi un choc thermique, une sollicitation mécanique, et un traitement par ultrasons.
- [Revendication 4] Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel l'étape d) consiste à immerger la cellule (C0) photovoltaïque obtenue à l'issue de l'étape c) dans un bain de gravure.
- [Revendication 5] Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel :
- les première et seconde couches diélectriques (3a, 3b) formées lors de l'étape b) sont réalisées dans un oxyde de silicium ;
 - l'étape d) est exécutée de sorte que l'agent de gravure est choisi parmi une solution d'hydroxyde de potassium KOH, une solution d'hydroxyde de tétraméthylammonium TMAH, une solution d'hydroxyde de sodium NaOH.
- [Revendication 6] Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel le rayonnement laser (L) est appliqué lors de l'étape c) suivant une direction (d) parallèle à la normale aux première et seconde surfaces (10, 11) du substrat (1).
- [Revendication 7] Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel le rayonnement laser (L) appliqué lors de l'étape c) est un rayonnement impulsionnel possédant une fluence et une durée d'impulsion adaptées pour obtenir une ablation (A1) de la première couche diélectrique (3a), du premier empilement (2a) de couches actives, et de la première partie (S1) du substrat (1).
- [Revendication 8] Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel les sous-cellules (C1) photovoltaïques séparées à l'issue de l'étape e) présentent des bords latéraux (BL) exposés ; le procédé comportant une étape f) consistant à passiver les bords latéraux (BL) exposés.
- [Revendication 9] Procédé selon la revendication 8, dans lequel l'étape f) comporte une étape consistant à former un oxyde d'aluminium (4) sur les bords latéraux (BL) exposés, par un dépôt de couches atomiques.

[Revendication 10] Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, comportant une étape g) consistant à graver partiellement les première et seconde couches diélectriques (3a, 3b) à l'issue de l'étape e) ; l'étape g) étant exécutée de sorte que les première et seconde couches diélectriques (3a, 3b) gravées partiellement forment des couches antireflets.

[Fig. 1]

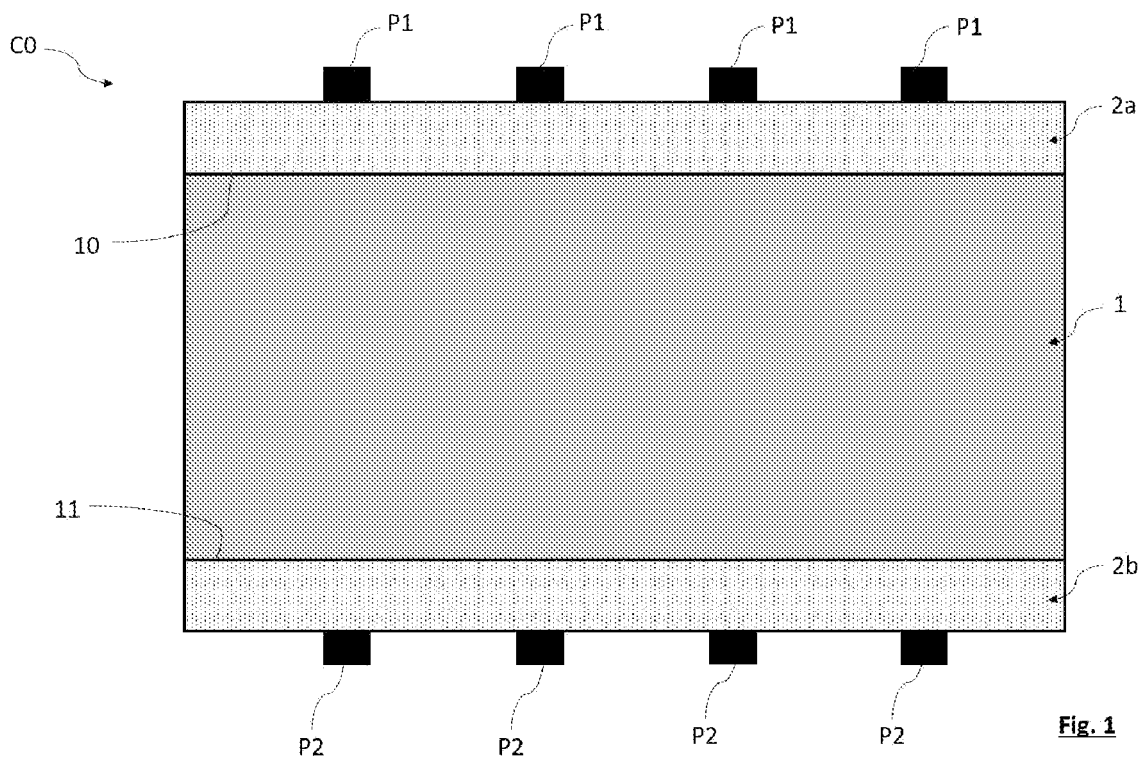


Fig. 1

[Fig. 2]

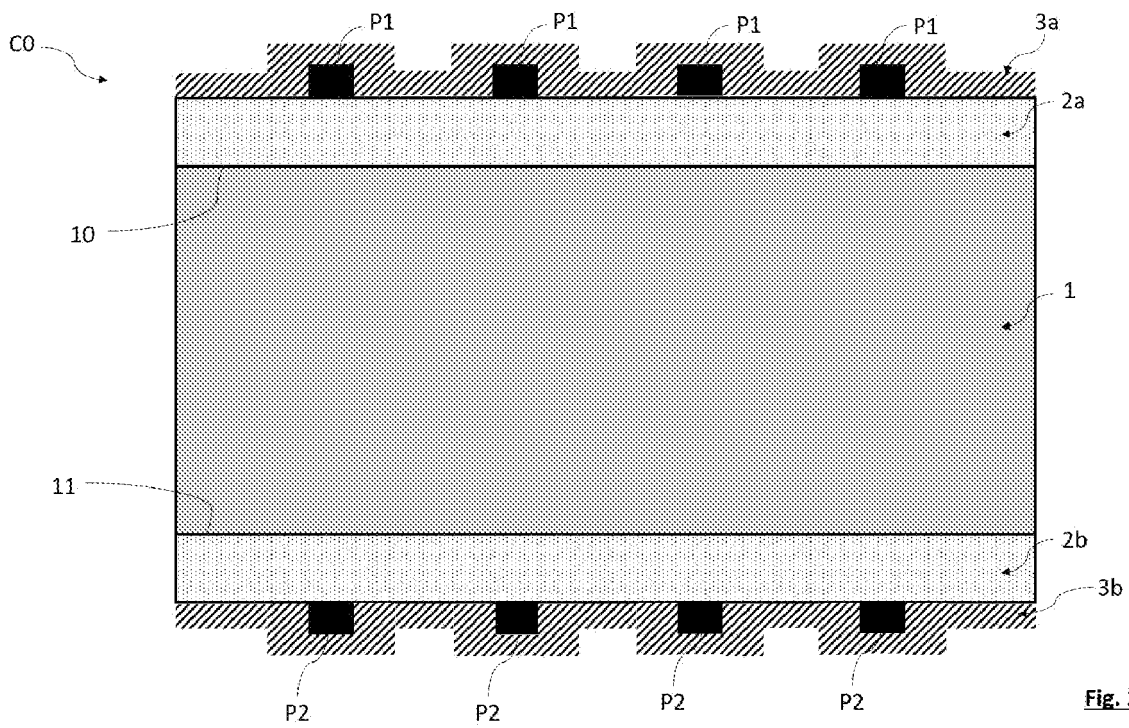


Fig. 2

[Fig. 3]

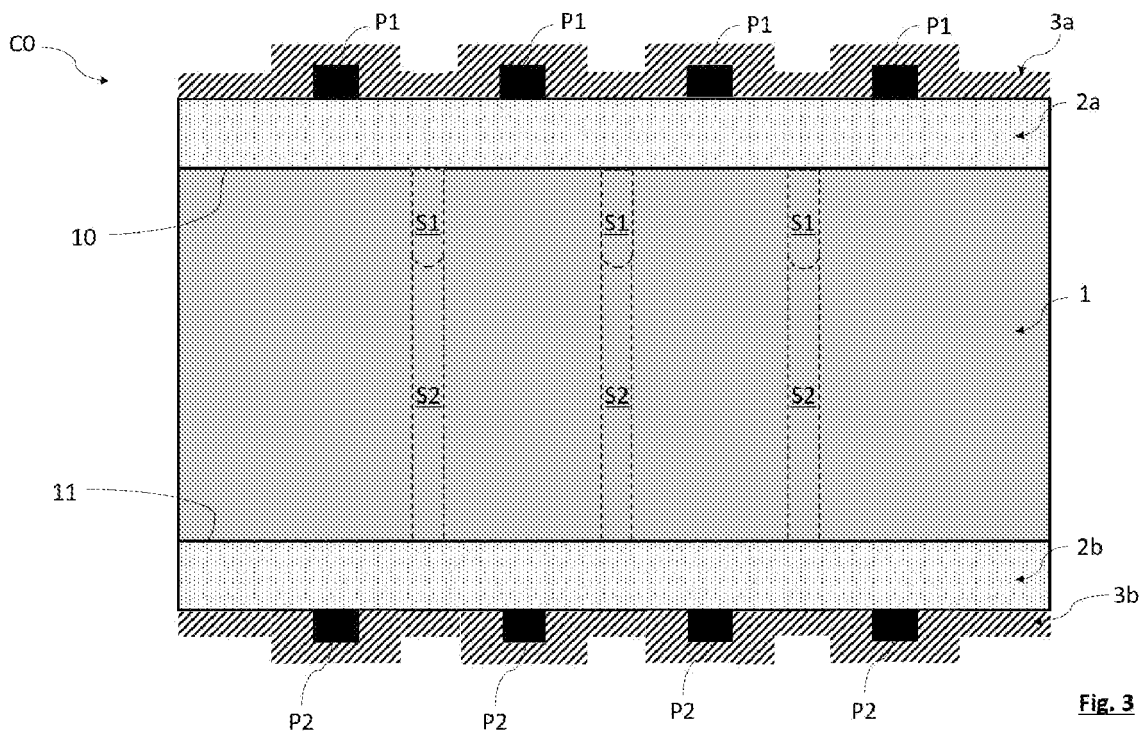


Fig. 3

[Fig. 4]

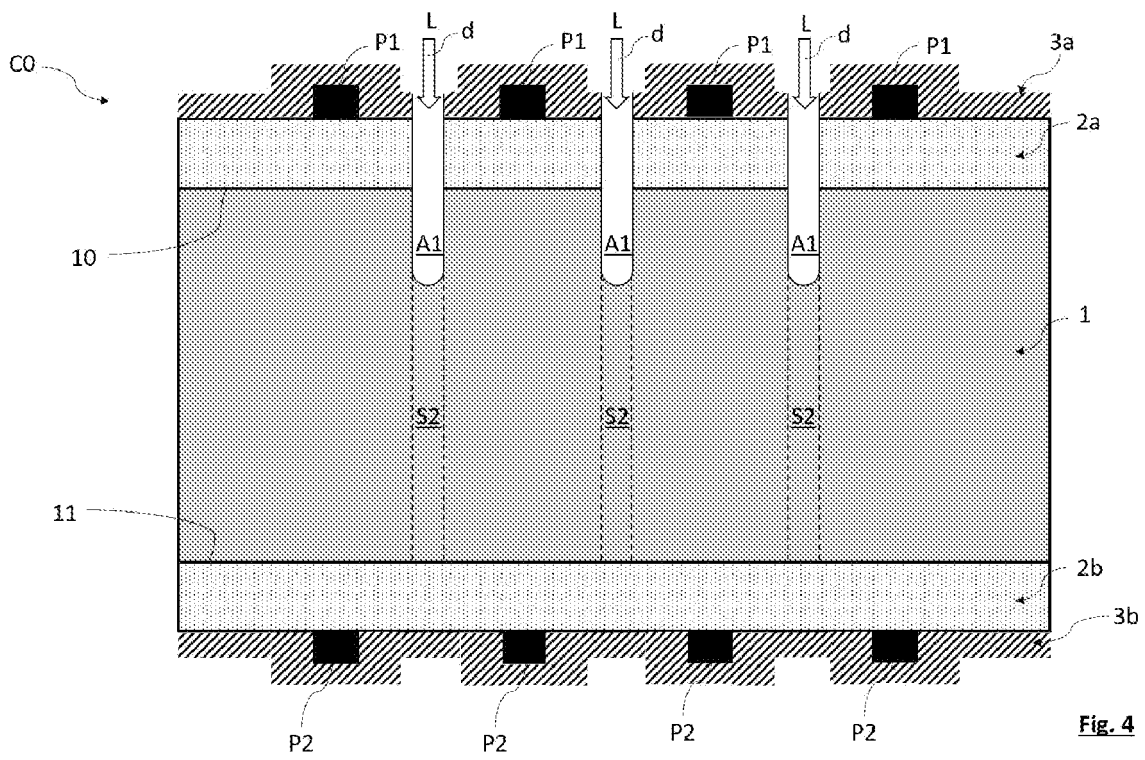


Fig. 4

[Fig. 7]

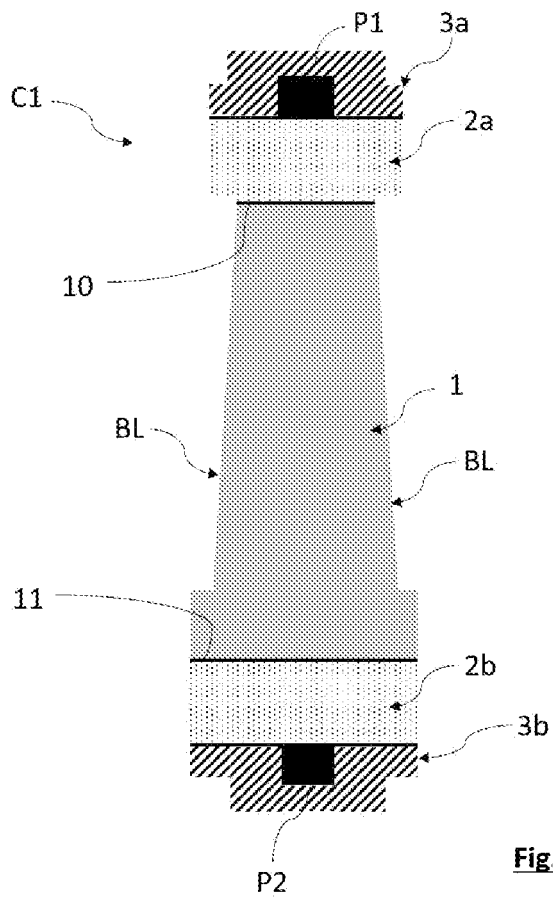


Fig. 7

[Fig. 8]

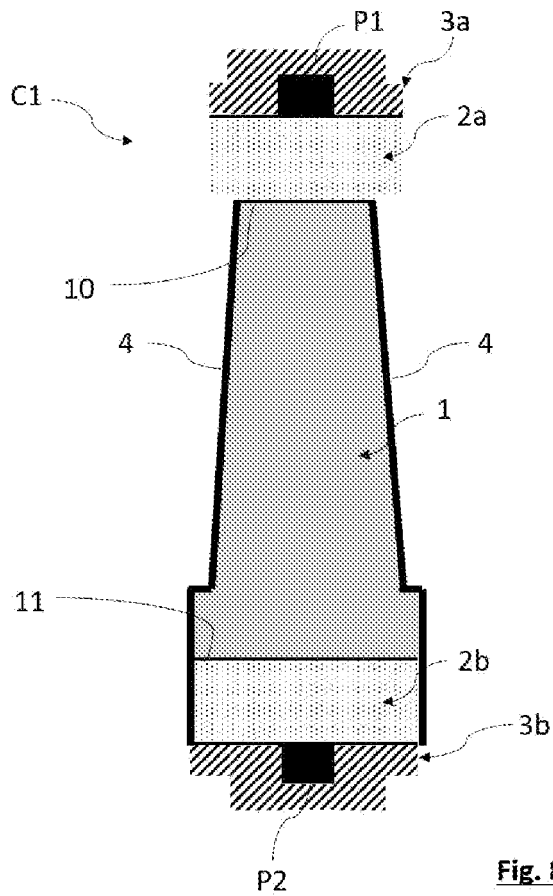
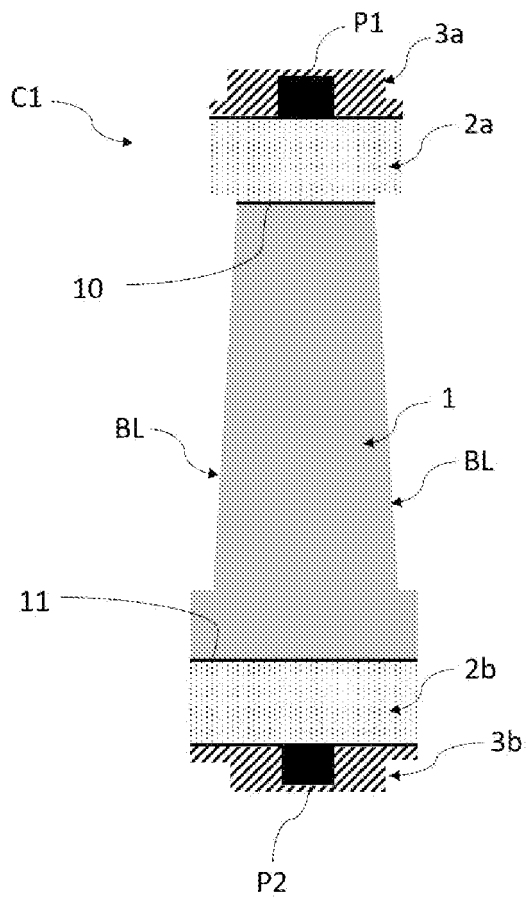
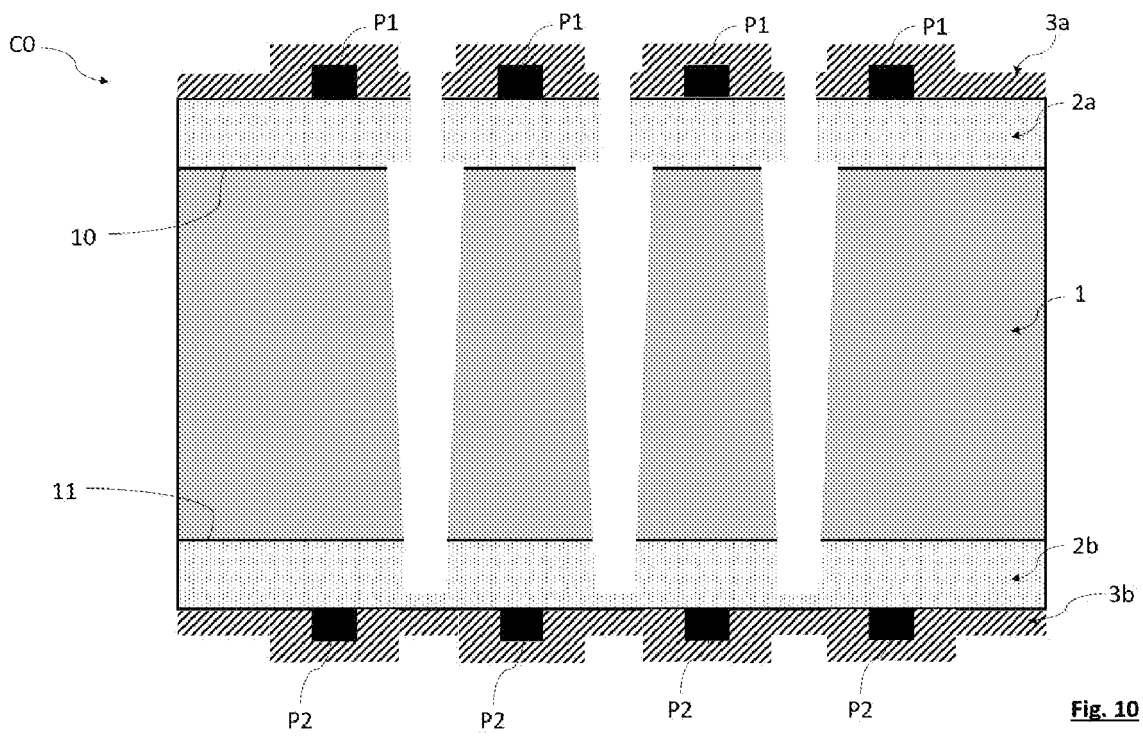


Fig. 8

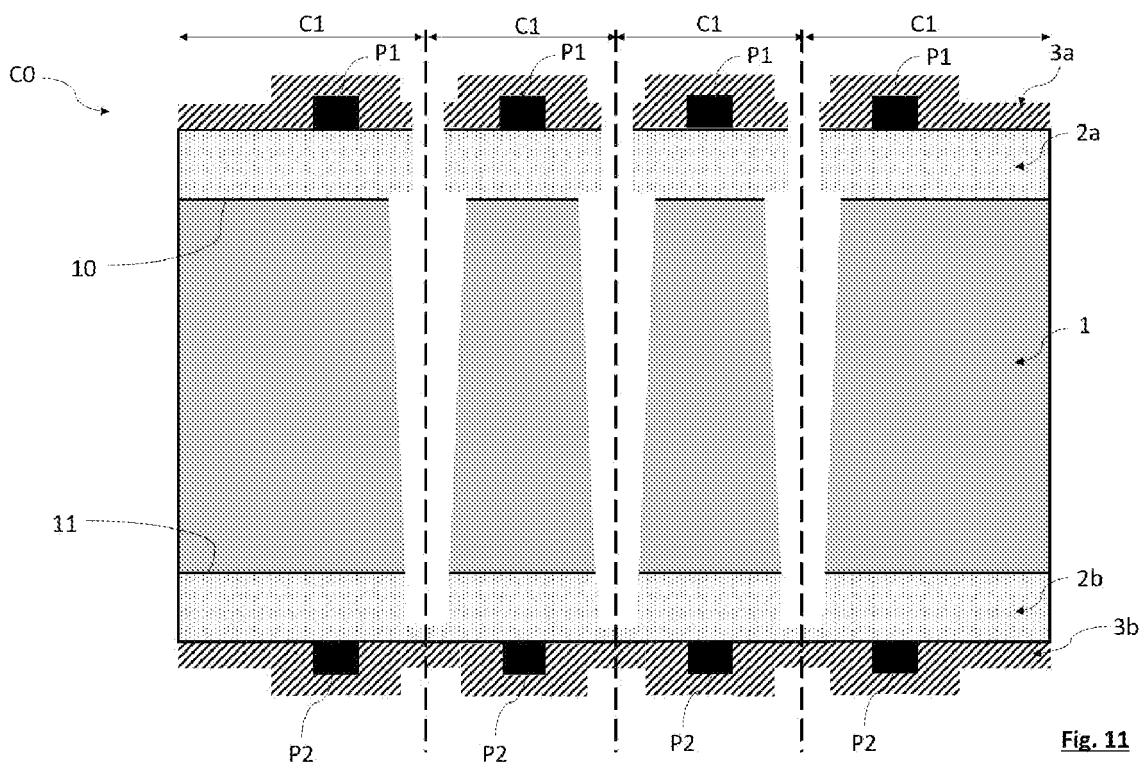
[Fig. 9]

**Fig. 9**

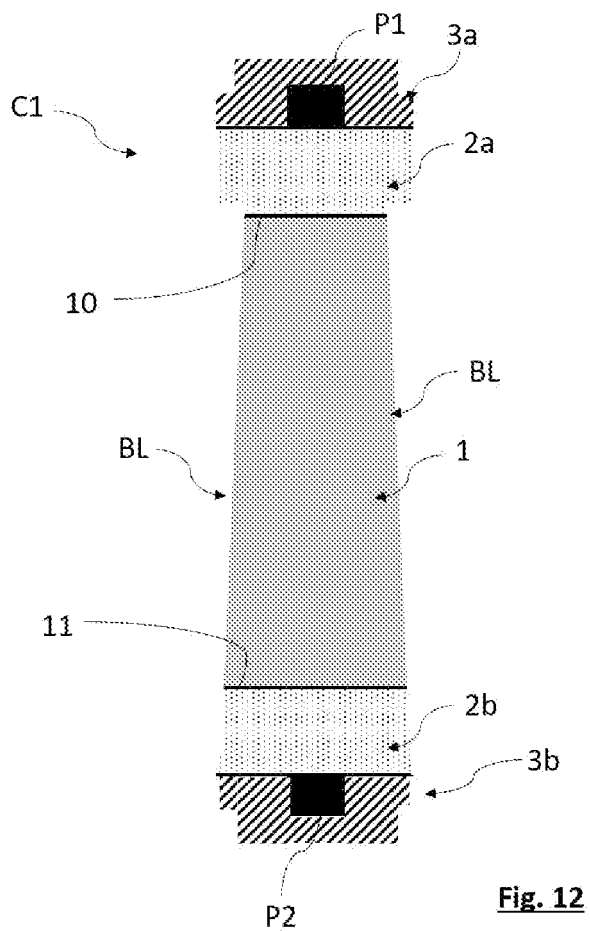
[Fig. 10]

**Fig. 10**

[Fig. 11]



[Fig. 12]



[Fig. 13]

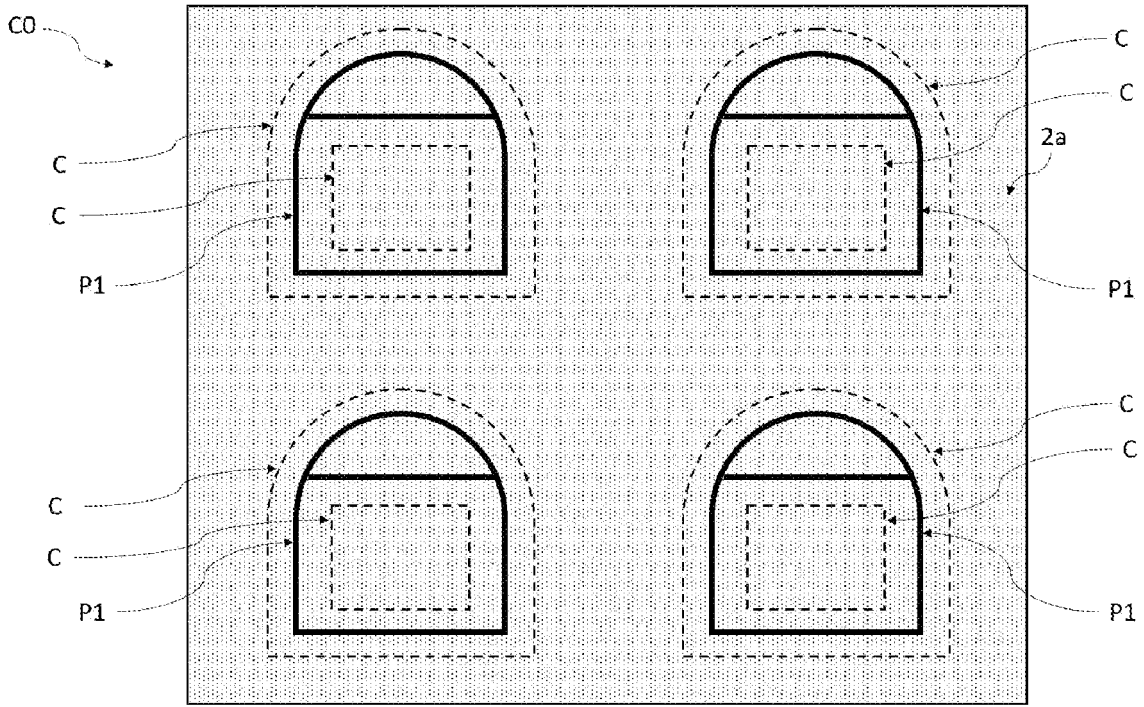


Fig. 13

[Fig. 14]

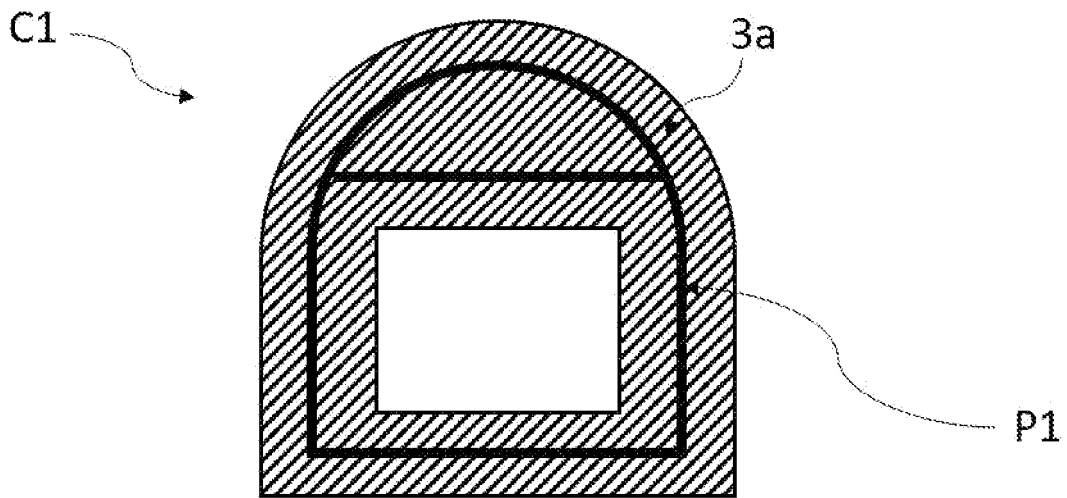


Fig. 14

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

NEANT

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

US 2021/391492 A1 (LOHMÜLLER ELMAR [DE] ET AL) 16 décembre 2021 (2021-12-16)

BALIOZIAN PUZANT ET AL:

"Postmetallization "Passivated Edge Technology" for Separated Silicon Solar Cells",

IEEE JOURNAL OF PHOTOVOLTAICS, IEEE,

vol. 10, no. 2,

14 janvier 2020 (2020-01-14), pages

390-397, XP011772468,

ISSN: 2156-3381, DOI:

10.1109/JPHOTOV.2019.2959946

[extrait le 2020-02-18]

EP 3 958 330 A1 (JINKO GREEN ENERGY

SHANGHAI MAN CO LTD [CN] ET AL.)

23 février 2022 (2022-02-23)

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT