



(43) Date de la publication internationale
3 novembre 2016 (03.11.2016)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2016/174352 A1

(51) Classification internationale des brevets :
H01L 31/18 (2006.01) H01L 31/0216 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2016/050990

(22) Date de dépôt international :
27 avril 2016 (27.04.2016)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1553833 28 avril 2015 (28.04.2015) FR

(71) Déposant : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES [FR/FR]; 25 rue Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D", 75015 Paris (FR).

(72) Inventeurs : LE PERCHEC, Jérôme; 37 bis avenue de Vizille, 38000 Grenoble (FR). CABAL, Raphaël; 18 rue Jean Girard Madoux, 73000 Chambéry (FR).

(74) Mandataires : TALBOT, Alexandre et al.; CABINET HECKE, 10 rue d'Arménie, BP 1537, 38025 Grenoble Cedex 1 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasiatique (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : PROCESS FOR MANUFACTURING A PHOTOVOLTAIC CELL

(54) Titre : PROCEDE DE FABRICATION D'UNE CELLULE PHOTOVOLTAÏQUE

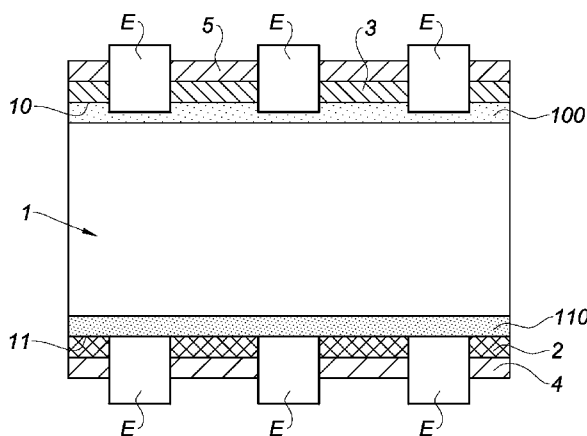


Fig. 1

(57) Abstract : This process includes the step of a) providing a semiconductor substrate (1) having a first surface (10) and an opposite second surface (11), the substrate (1) including a first semiconductor zone (100) containing boron atoms, the first semiconductor zone (100) being intended to make contact with an electrode (E), the process being noteworthy in that it includes the steps of b) forming a dielectric layer (2) on the second surface (11) of the substrate (1), the dielectric layer (2) including phosphorus or arsenic atoms, and c) applying a thermal anneal suitable for diffusing the phosphorus or arsenic atoms from the dielectric layer (2) as far as the second surface (11) of the substrate (1) so as to form a second semiconductor zone (110) intended to make contact with an electrode (E), and to form a thermal oxide layer (3) on the first surface (10) of the substrate (1).

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



Ce procédé comporte les étapes a) prévoir un substrat (1) semi-conducteur comportant une première surface (10) et une seconde surface (11) opposée, le substrat (1) comportant une première zone semi-conductrice (100) comprenant des atomes de bore, la première zone semi-conductrice (100) étant destinée à être en contact avec une électrode (E), le procédé étant remarquable en ce qu'il comporte les étapes b) former une couche diélectrique (2) à la seconde surface (11) du substrat (1), la couche diélectrique (2) comportant des atomes de phosphore ou d'arsenic, c) appliquer un recuit thermique adapté pour diffuser les atomes de phosphore ou d'arsenic de la couche diélectrique (2) jusqu'à la seconde surface (11) du substrat (1) de manière à former une deuxième zone semi-conductrice (110) destinée à être en contact avec une électrode (E), et pour former une couche d'oxyde (3) thermique à la première surface (10) du substrat (1).

PROCEDE DE FABRICATION D'UNE CELLULE PHOTOVOLTAÏQUE

La présente invention a trait à un procédé de fabrication d'une cellule photovoltaïque.

5 Un premier procédé connu de l'état de la technique, comporte les étapes :

a0) prévoir un substrat semi-conducteur réalisé dans un matériau à base de silicium cristallin dopé de type n, le substrat comportant une première surface et une seconde surface opposée,

10 b0) implanter des atomes de bore à la première surface du substrat de manière à former une première zone semi-conductrice, la première zone semi-conductrice étant destinée à être en contact avec une électrode,

c0) implanter des atomes de phosphore ou d'arsenic à la seconde surface du substrat de manière à former une deuxième zone semi-conductrice, la deuxième zone semi-conductrice étant destinée à être en contact avec une électrode,

15 d0) appliquer un recuit thermique au substrat adapté pour activer thermiquement les atomes de bore et les atomes de phosphore ou d'arsenic.

Les première et seconde surfaces du substrat peuvent être exposées à un rayonnement lumineux de manière à obtenir une cellule photovoltaïque de type bifaciale.

20 Les atomes de bore présentent une température d'activation thermique supérieure à celle des atomes de phosphore ou d'arsenic, de l'ordre de 150°C. La température du recuit thermique est donc imposée par la température d'activation thermique des atomes de bore.

25 L'exécution de l'étape d0) conduit à une diffusion intempestive des atomes de phosphore à travers le substrat, en raison de la température de recuit qui est trop importante relativement à leur température d'activation thermique. Les atomes de phosphore s'éloignent ainsi de la seconde surface du substrat et la zone de contact correspondante pour une électrode peut devenir inopérante.

30 L'exécution de l'étape d0) conduit à une exo-diffusion des atomes d'arsenic hors du substrat, avec comme conséquence une diminution de leur concentration surfacique, et la zone de contact correspondante pour une électrode peut devenir inopérante.

Afin de pallier les inconvénients précités, un deuxième procédé connu de l'état de la technique comporte les étapes successives :

a01) prévoir un substrat semi-conducteur réalisé dans un matériau à base de silicium cristallin dopé de type n, le substrat comportant une première surface et
5 une seconde surface opposée,

b01) implanter des atomes de bore à la première surface du substrat de manière à former une première zone semi-conductrice, la première zone semi-conductrice étant destinée à être en contact avec une électrode,

c01) appliquer un recuit thermique au substrat adapté pour activer
10 thermiquement les atomes de bore,

d01) implanter des atomes de phosphore ou d'arsenic à la seconde surface du substrat de manière à former une deuxième zone semi-conductrice, la deuxième zone semi-conductrice étant destinée à être en contact avec une électrode,

e01) appliquer un recuit thermique au substrat adapté pour activer
15 thermiquement les atomes de phosphore ou d'arsenic.

Ainsi, un tel deuxième procédé de l'état de la technique permet d'appliquer les recuits thermiques lors d'étapes distinctes, et d'éviter par là-même une diffusion intempestive des atomes de phosphore à travers le substrat, ou une exo-diffusion
20 des atomes d'arsenic hors du substrat.

La fabrication d'une cellule photovoltaïque se poursuit classiquement par la formation d'une première et d'une seconde couches diélectriques respectivement sur la première et la seconde surfaces du substrat afin de les passiver, les première et seconde couches diélectriques étant des couches d'oxyde thermique.

Or, ce deuxième procédé de l'état de la technique n'est pas entièrement satisfaisant dans la mesure où la vitesse de formation de la seconde couche diélectrique est supérieure à celle de la première couche diélectrique car la concentration surfacique des atomes de phosphore ou d'arsenic est classiquement supérieure à celle des atomes de bore. Il peut en résulter la
25 formation d'une seconde couche diélectrique trop épaisse qui ne permet pas
30 d'obtenir un contact électrique, par exemple par sérigraphie.

La présente invention vise à remédier en tout ou partie aux inconvénients précités, et concerne à cet effet un procédé de fabrication d'une cellule photovoltaïque, comportant les étapes :

- 5 a) prévoir un substrat semi-conducteur réalisé dans un matériau à base de silicium cristallin dopé de type n, le substrat comportant une première surface et une seconde surface opposée,
- a1) former une première zone semi-conductrice destinée à être en contact avec une électrode, la première zone semi-conductrice étant formée par une implantation d'atomes de bore dans le substrat, le procédé étant remarquable en
10 ce qu'il comporte les étapes :
- b) former une couche diélectrique à la seconde surface du substrat, la couche diélectrique comportant des atomes de phosphore ou d'arsenic, et la couche diélectrique et le substrat formant une structure,
- c) appliquer un recuit thermique à la structure adapté pour :
- 15 - former une deuxième zone semi-conductrice destinée à être en contact avec une électrode, la deuxième zone semi-conductrice étant formée par une diffusion des atomes de phosphore ou d'arsenic dans le substrat depuis la couche diélectrique jusqu'à la seconde surface du substrat,
- former une couche d'oxyde thermique, à base de dioxyde de silicium, à la
20 première surface du substrat.

Ainsi, un tel procédé selon l'invention permet d'éviter la formation d'une couche diélectrique, de type oxyde thermique, trop épaisse sur la seconde surface du substrat grâce à la formation de la couche diélectrique sur la seconde
25 surface du substrat lors de l'étape b) avant la formation de la couche d'oxyde thermique lors de l'étape c).

En outre, un tel procédé selon l'invention s'affranchit d'une diffusion intempestive des atomes de phosphore à travers le substrat ou d'une exo-diffusion des atomes d'arsenic hors du substrat grâce à l'étape c). L'activation
30 thermique des atomes de bore s'effectue de préférence antérieurement, lors de l'étape a).

Par ailleurs, un tel procédé selon l'invention permet de réduire les coûts et le temps d'opération car l'étape c), à elle-seule, permet à la fois de former la deuxième zone semi-conductrice et de passiver la première surface du substrat.

Par « cristallin », on entend la forme polycristalline ou la forme monocristalline du silicium, excluant donc le silicium amorphe. Le dopage de type n du silicium permet d'améliorer le rendement de la cellule photovoltaïque.

Selon un mode de mise en œuvre, l'étape b) comporte une étape b1) consistant à former une couche diélectrique additionnelle, de préférence en nitrure de silicium hydrogéné, sur la couche diélectrique, et le recuit thermique est appliqué lors de l'étape c) à la structure comportant la couche diélectrique additionnelle.

Ainsi, une telle couche diélectrique additionnelle forme une barrière de diffusion aux atomes de phosphore ou d'arsenic vers le milieu extérieur, et améliore la passivation de la seconde surface du substrat. La couche diélectrique additionnelle est avantageusement dépourvue d'atomes de phosphore ou d'arsenic.

En outre, un tel matériau permet à la fois d'améliorer la passivation de la seconde surface du substrat et de former une couche optique dite antireflet de par une épaisseur adaptée. La couche optique antireflet permet de réduire les pertes optiques liées aux réflexions du rayonnement lumineux, et donc d'optimiser l'absorption du rayonnement lumineux par le substrat.

Selon une forme d'exécution, le recuit est appliqué lors de l'étape c) sous une atmosphère oxydante, et ledit recuit présente de préférence une valeur de température de recuit comprise entre 850°C et 950°C et une valeur de durée de recuit comprise entre 5 minutes et 1 heure.

Ainsi, un tel budget thermique permet de diffuser les atomes de phosphore ou d'arsenic à la seconde surface du substrat. La température de recuit conditionne principalement la concentration de surface des atomes de phosphore ou d'arsenic tandis que la durée de recuit conditionne principalement la longueur de diffusion thermique desdits atomes.

L'atmosphère oxydante permet la formation de la couche d'oxyde thermique à la première surface du substrat.

L'étape c) se déroule de manière continue ; la formation de la deuxième zone semi-conductrice et la formation de la couche d'oxyde thermique sont
5 concomitantes.

Par « budget thermique », on entend le choix d'une valeur de température de recuit et le choix d'une valeur de durée de recuit.

Selon une variante d'exécution, l'étape c) comporte les étapes :

10 c1) appliquer le recuit thermique selon un premier budget thermique adapté pour diffuser les atomes de phosphore ou d'arsenic de manière à former la deuxième zone semi-conductrice, le premier budget thermique présentant de préférence une valeur de température de recuit comprise entre 850°C et 950°C et une valeur de durée de recuit comprise entre 5 minutes et 1 heure,

15 c2) appliquer le recuit thermique sous une atmosphère oxydante selon un deuxième budget thermique adapté pour former la couche d'oxyde thermique, le deuxième budget thermique présentant de préférence une valeur de température de recuit comprise entre 700°C et 800°C et une valeur de durée de recuit comprise entre 5 minutes et 1 heure.

20 Ainsi, la formation de la deuxième zone semi-conductrice et la formation de la couche d'oxyde thermique sont successives, et peuvent être interverties. L'étape c1) est avantageusement exécutée avant l'étape c2).

D'une part, un tel premier budget thermique permet de diffuser les atomes de phosphore ou d'arsenic à la seconde surface du substrat. La température de
25 recuit conditionne principalement la concentration de surface des atomes de phosphore ou d'arsenic tandis que la durée de recuit conditionne principalement la longueur de diffusion thermique desdits atomes.

D'autre part, un tel deuxième budget thermique permet une oxydation thermique de la première surface du substrat, le substrat étant réalisé dans un
30 matériau à base de silicium cristallin.

Selon une forme d'exécution, la couche diélectrique formée lors de l'étape b) est à base d'un oxynitrure de silicium SiO_xN_y vérifiant $0 \leq x < y$, de préférence hydrogéné.

Ainsi, l'oxynitrure de silicium SiO_xN_y , $0 \leq x < y$, permet de passiver la
5 seconde surface du substrat, le substrat étant réalisé dans un matériau à base de silicium cristallin. Lorsque $x=0$, l'oxynitrure de silicium est un nitrure de silicium. L'oxynitrure de silicium hydrogéné est particulièrement avantageux grâce à la présence d'hydrogène qui améliore la qualité de la passivation. Il n'est donc pas
10 nécessaire de graver la couche diélectrique après l'étape c), puis de déposer une couche de passivation dédiée. Autrement dit, la couche diélectrique peut être conservée après l'étape c) dans le procédé selon l'invention.

Avantageusement, l'oxynitrure de silicium SiO_xN_y vérifie $0 \leq x \leq 0,05$ lors de l'étape b) et après l'étape c).
15

Avantageusement, l'oxynitrure de silicium SiO_xN_y vérifie $0,30 \leq y \leq 0,55$ lors de l'étape b) et après l'étape c).

Selon une variante d'exécution, la couche diélectrique formée lors de l'étape
20 b) est à base de carbure de silicium.

Selon une forme d'exécution, les atomes de phosphore ou d'arsenic dans la couche diélectrique formée lors de l'étape b) présentent une proportion atomique comprise entre 1% et 10%, et les atomes de phosphore ou d'arsenic dans la
25 couche diélectrique après l'étape c) présentent une proportion atomique comprise entre 1% et 10%, et de préférence comprise entre 1% et 5%.

Bien entendu, la proportion atomique des atomes de phosphore ou d'arsenic dans la couche diélectrique après l'étape c) est inférieure à la proportion atomique lors de l'étape b).

30 Ainsi, lorsque la couche diélectrique formée lors de l'étape b) est à base d'un oxynitrure de silicium SiO_xN_y , $0 \leq x < y$, de préférence hydrogéné, une telle proportion atomique de phosphore ou d'arsenic permet à la fois de :

- former une deuxième zone semi-conductrice et par là-même une zone de contact électrique de bonne qualité, c'est-à-dire avec une concentration atomique surfacique supérieure à 10^{20} at./cm³, de préférence comprise entre 3×10^{20} at./cm³ et 5×10^{20} at./cm³,

- 5 - conserver une bonne qualité de passivation de la couche diélectrique, une proportion atomique trop élevée de phosphore ou d'arsenic affectant les propriétés de passivation.

10 Selon un mode de mise en œuvre, le recuit thermique appliqué lors de l'étape c) est adapté pour activer thermiquement les atomes de bore de la première zone semi-conductrice implantés lors de l'étape a1).

15 Ainsi, il est possible de s'affranchir d'un recuit thermique dédié pour l'activation thermique des atomes de bore préalablement implantés. Cela peut notamment être le cas lorsque les atomes de bore sont implantés dans le substrat avec une dose faible, c'est-à-dire inférieure à 10^{15} at./cm², et avec une énergie comprise entre 5 keV et 15 keV.

20 Selon une variante de mise en œuvre, l'étape a) comporte une étape a2) consistant à appliquer un recuit thermique au substrat selon un budget thermique adapté pour activer thermiquement les atomes de bore de la première zone semi-conductrice, l'étape a2) étant exécutée avant l'étape b), le recuit thermique appliqué lors de l'étape a2) présentant de préférence une valeur de température de recuit comprise entre 1000°C et 1100°C et une valeur de durée de recuit supérieure à 1 minute.

25 Ainsi, un tel budget thermique permet d'activer thermiquement les atomes de bore.

La présente invention concerne également un procédé de fabrication d'une cellule photovoltaïque, comportant les étapes :

- 30 a) prévoir un substrat semi-conducteur réalisé dans un matériau à base de silicium cristallin dopé de type p, le substrat comportant une première surface et une seconde surface opposée,

a1) former une première zone semi-conductrice destinée à être en contact avec une électrode, la première zone semi-conductrice étant formée par une implantation d'atomes de phosphore ou d'arsenic dans le substrat, le procédé étant remarquable en ce qu'il comporte les étapes :

5 b) former une couche diélectrique à la seconde surface du substrat, la couche diélectrique comportant des atomes de bore, et la couche diélectrique et le substrat formant une structure,

c) appliquer un recuit thermique à la structure adapté pour :

10 - former une deuxième zone semi-conductrice destinée à être en contact avec une électrode, la deuxième zone semi-conductrice étant formée par une diffusion des atomes de bore dans le substrat depuis la couche diélectrique jusqu'à la seconde surface du substrat,

- former une couche d'oxyde thermique, à base de dioxyde de silicium, à la première surface du substrat.

15

Lorsque le substrat est réalisé dans un matériau à base de silicium cristallin dopé de type p, un recuit à haute température, c'est-à-dire supérieure à 950°C, dégrade la qualité volumique du substrat et par là-même la durée de vie des porteurs de charge. Il n'est donc pas recommandé d'effectuer une implantation
20 d'atomes de bore dans un tel substrat, suivie de leur activation thermique à une température supérieure à 950°C.

Ainsi, un tel procédé selon l'invention permet de remédier à l'inconvénient précité grâce à l'étape b) et au recuit appliqué lors de l'étape c) adapté pour diffuser les atomes de bore depuis la couche diélectrique jusqu'à la seconde
25 surface du substrat. La diffusion des atomes de bore peut s'effectuer à une température comprise entre 900°C et 950°C, et n'occasionne donc pas de dégradation de la qualité volumique du substrat. Par ailleurs, le recuit appliqué lors de l'étape c) permet de simultanément activer thermiquement les atomes de phosphore ou d'arsenic de la première zone semi-conductrice implantés lors de
30 l'étape a1), car la température d'activation thermique des atomes de phosphore ou d'arsenic est inférieure à la température de diffusion des atomes de bore.

Selon un mode de mise en œuvre, le procédé comporte une étape b1) consistant à former une couche diélectrique additionnelle, de préférence en nitrure de silicium hydrogéné, sur la couche diélectrique, et l'étape b1) est exécutée de préférence après l'étape c).

5 Ainsi, une telle couche diélectrique additionnelle améliore la passivation de la seconde surface du substrat. La couche diélectrique additionnelle est avantageusement dépourvue d'atomes de bore.

10 L'étape b1) est exécutée de préférence après l'étape c) de sorte que la couche diélectrique peut être oxydée lorsque le recuit est appliqué lors de l'étape c) sous une atmosphère oxydante. L'oxydation de la couche diélectrique permet d'améliorer la passivation de la seconde surface du substrat.

15 En outre, un tel matériau permet à la fois d'améliorer la passivation de la seconde surface du substrat et de former une couche optique dite antireflet de par une épaisseur adaptée. La couche optique antireflet permet de réduire les pertes optiques liées aux réflexions du rayonnement lumineux, et donc d'optimiser l'absorption du rayonnement lumineux par le substrat.

20 Selon une forme d'exécution, le recuit est appliqué lors de l'étape c) sous une atmosphère oxydante, et ledit recuit présente de préférence une valeur de température de recuit comprise entre 900°C et 950°C et une valeur de durée de recuit comprise entre 5 minutes et 1 heure.

Ainsi, un tel budget thermique permet de :

25 - diffuser les atomes de bore à la seconde surface du substrat,
- activer thermiquement les atomes de phosphore ou d'arsenic de la première zone semi-conductrice implantés lors de l'étape a1).

La température de recuit conditionne principalement la concentration de surface des atomes de bore tandis que la durée de recuit conditionne principalement la longueur de diffusion thermique desdits atomes.

En outre, l'atmosphère oxydante permet :

30 - la formation de la couche d'oxyde thermique à la première surface du substrat,
- l'oxydation de la couche diélectrique lorsque l'étape b1) est exécutée après l'étape c) afin d'améliorer la passivation.

L'étape c) se déroule de manière continue ; la formation de la deuxième zone semi-conductrice et la formation de la couche d'oxyde thermique sont concomitantes.

Par « budget thermique », on entend le choix d'une valeur de température de recuit et le choix d'une valeur de durée de recuit.

Selon une forme d'exécution, la couche diélectrique formée lors de l'étape b) est à base d'un oxynitrure de silicium SiO_xN_y vérifiant $0 \leq y < x$, de préférence hydrogéné.

Ainsi, l'oxynitrure de silicium SiO_xN_y , $0 \leq y < x$, permet de passiver la seconde surface du substrat, le substrat étant réalisé dans un matériau à base de silicium cristallin. Lorsque $y=0$, l'oxynitrure de silicium est un oxyde de silicium. L'oxynitrure de silicium hydrogéné est particulièrement avantageux grâce à la présence d'hydrogène qui améliore la qualité de la passivation.

Avantageusement, l'oxynitrure de silicium SiO_xN_y vérifie $x \geq 0,50$, de préférence $0,50 \leq x \leq 0,66$, après l'étape c).

Avantageusement, l'oxynitrure de silicium SiO_xN_y vérifie $x < 0,50$ lors de l'étape b).

Avantageusement, l'oxynitrure de silicium SiO_xN_y vérifie $0 \leq y \leq 0,10$, de préférence $0 \leq y \leq 0,05$, lors de l'étape b) et après l'étape c).

Selon une variante d'exécution, la couche diélectrique formée lors de l'étape b) est à base de carbure de silicium.

Selon une forme d'exécution, les atomes de bore dans la couche diélectrique formée lors de l'étape b) présentent une proportion atomique comprise entre 10% et 50%, de préférence comprise entre 10% et 30%, et les atomes de bore dans la couche diélectrique après l'étape c) présentent une proportion atomique comprise entre 1% et 10%, de préférence comprise entre 3% et 8%.

Ainsi, lorsque la couche diélectrique formée lors de l'étape b) est à base d'un oxynitride de silicium SiO_xN_y , $0 \leq y < x$, de préférence hydrogéné, une telle proportion atomique de bore permet à la fois de :

- former une deuxième zone semi-conductrice et par là-même une zone de contact électrique de bonne qualité, c'est-à-dire avec une concentration atomique surfacique supérieure à 10^{19} at./cm³, de préférence comprise entre 10^{19} at./cm³ et 3×10^{20} at./cm³,
- conserver une bonne qualité de passivation de la couche diélectrique, une proportion atomique trop élevée de bore affectant les propriétés de passivation.

10

Selon un mode de réalisation, la première zone semi-conductrice est formée à la première surface du substrat lors de l'étape a).

Ainsi, la cellule photovoltaïque fabriquée présente une architecture de type bifaciale, c'est-à-dire que les première et seconde surfaces du substrat sont destinées à être exposées à un rayonnement lumineux. La première zone semi-conductrice forme un émetteur. La deuxième zone semi-conductrice est de type BSF (acronyme pour « *Back Surface Field* » en langue anglaise), fortement dopée du même type de dopage que le substrat afin d'améliorer le rendement de la cellule photovoltaïque.

20

Selon un mode de réalisation, la première zone semi-conductrice est formée à la seconde surface du substrat lors de l'étape a) de manière à former un premier caisson, et la couche diélectrique formée lors de l'étape b) est agencée de sorte que la deuxième zone semi-conductrice formée par les atomes diffusés lors de l'étape c) forme un deuxième caisson espacé relativement au premier caisson.

Ainsi, la cellule photovoltaïque fabriquée présente une architecture de type monofaciale avec des contacts en face arrière interdigités (connue sous l'acronyme IBC pour « *Interdigitated Back contact* » en langue anglaise). La première surface du substrat est destinée à être exposée à un rayonnement lumineux. Les premier et deuxième caissons sont destinés à être chacun en contact avec une électrode. La première surface du substrat comporte avantageusement une zone semi-conductrice fortement dopée du même type de dopage que le substrat afin d'améliorer le rendement de la cellule photovoltaïque,

ladite zone semi-conductrice étant de type FSF (acronyme pour « *Front Surface Field* » en langue anglaise).

La présente invention concerne également une cellule photovoltaïque susceptible d'être obtenue par un procédé conforme à l'invention.

Ainsi, une telle cellule photovoltaïque se distingue de l'état de la technique par la présence d'une couche diélectrique formée à la seconde surface du substrat, ladite couche diélectrique comportant des atomes de bore (respectivement des atomes de phosphore ou d'arsenic) qui n'ont pas diffusé jusqu'à la seconde surface du substrat lorsque le substrat est dopé de type n (respectivement dopé de type p). La quantité d'atomes de bore (respectivement d'atomes de phosphore ou d'arsenic) qui n'ont pas diffusé demeure suffisante pour détecter leur présence au sein de la couche diélectrique si bien qu'une telle cellule photovoltaïque peut être détectée aisément par ingénierie inverse.

15

La présente invention concerne également une cellule photovoltaïque comportant :

- un substrat d'un matériau semi-conducteur à base de silicium cristallin dopé de type n, le substrat comportant une première surface et une seconde surface opposée ;
- des première et deuxième zones semi-conductrices s'étendant respectivement sous la première surface et sous la seconde surface du substrat, la première zone semi-conductrice comportant des atomes de bore, la deuxième zone semi-conductrice comportant des atomes de phosphore ou d'arsenic ;
- une première couche d'un matériau diélectrique formée à la seconde surface du substrat, le matériau diélectrique étant à base d'un oxynitride de silicium SiO_xN_y vérifiant $0 \leq x < y$, le matériau diélectrique comportant des atomes de phosphore ou d'arsenic et de préférence de l'hydrogène ;
- une couche d'oxyde thermique, à base de dioxyde de silicium, formée à la première surface du substrat.

30

La première zone semi-conductrice est destinée à être en contact avec une électrode. La deuxième zone semi-conductrice est destinée à être en contact

avec une électrode. La première surface ou la seconde surface du substrat est destinée à être exposée à un rayonnement lumineux.

Avantageusement, l'oxynitrure de silicium SiO_xN_y vérifie $0 \leq x \leq 0,05$.

5

Avantageusement, l'oxynitrure de silicium SiO_xN_y vérifie $0,30 \leq y \leq 0,55$.

Avantageusement, les atomes de phosphore ou d'arsenic présentent une proportion atomique dans le matériau diélectrique comprise entre 1% et 10%, de
10 préférence comprise entre 1% et 5%.

La présente invention concerne également une cellule photovoltaïque comportant :

- un substrat d'un matériau semi-conducteur à base de silicium cristallin dopé de
15 type p, le substrat comportant une première surface et une seconde surface opposée ;
- des première et deuxième zones semi-conductrices s'étendant respectivement sous la première surface et sous la seconde surface du substrat, la première zone semi-conductrice comportant des atomes de phosphore ou d'arsenic, la deuxième
20 zone semi-conductrice comportant des atomes de bore ;
- une première couche d'un matériau diélectrique formée à la seconde surface du substrat, le matériau diélectrique étant à base d'un oxynitrure de silicium SiO_xN_y vérifiant $0 \leq y < x$, le matériau diélectrique comportant des atomes de bore et de préférence de l'hydrogène ;
- 25 - une couche d'oxyde thermique, à base de dioxyde de silicium, formée à la première surface du substrat.

La première zone semi-conductrice est destinée à être en contact avec une électrode. La deuxième zone semi-conductrice est destinée à être en contact
30 avec une électrode. La première surface ou la seconde surface du substrat est destinée à être exposée à un rayonnement lumineux.

Avantageusement, l'oxynitrure de silicium SiO_xN_y vérifie $x \geq 0,50$, de préférence $0,50 \leq x \leq 0,66$.

Avantageusement, l'oxynitrure de silicium SiO_xN_y vérifie $0 \leq y \leq 0,10$, de
5 préférence $0 \leq y \leq 0,05$.

Avantageusement, les atomes de bore présentent une proportion atomique dans le matériau diélectrique comprise entre 1% et 10%, de préférence comprise entre 3% et 8%.

10

Dans un mode de réalisation, la cellule comporte une seconde couche d'un matériau diélectrique formée sur la première couche et, de préférence, sur la couche d'oxyde thermique, le matériau diélectrique de la seconde couche étant à base d'un oxynitrure de silicium SiO_xN_y vérifiant $0 \leq x < y$, ledit matériau
15 diélectrique comportant de préférence de l'hydrogène.

Avantageusement, la première couche présente une épaisseur comprise entre 3 nm et 100 nm.

20 D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront dans la description qui va suivre de différents modes de mise en œuvre d'un procédé selon l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs, en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique en coupe de cellules photovoltaïques
25 d'une première architecture, obtenues à partir d'un procédé selon l'invention,

- la figure 2 est une vue schématique en coupe de cellules photovoltaïques d'une deuxième architecture, obtenues à partir d'un procédé selon l'invention,

- les figures 3a à 3e sont des vues schématiques en coupe illustrant différentes étapes d'un procédé selon l'invention pour fabriquer des cellules
30 photovoltaïques illustrées à la figure 1,

- les figures 4a à 4e sont des vues schématiques en coupe illustrant différentes étapes d'un procédé selon l'invention pour fabriquer des cellules photovoltaïques illustrées à la figure 1.

Pour les différents modes de mise en œuvre, les mêmes références seront utilisées pour des éléments identiques ou assurant la même fonction, par souci de simplification de la description. Les caractéristiques techniques décrites ci-après pour différents modes de mise en œuvre sont à considérer isolément ou selon
5 toute combinaison techniquement possible.

Le procédé illustré aux figures 3a à 3e est un procédé de fabrication d'une cellule photovoltaïque, comportant les étapes :

a) prévoir un substrat 1 semi-conducteur réalisé dans un matériau à base
10 de silicium cristallin dopé de type n, le substrat 1 comportant une première surface 10 et une seconde surface 11 opposée,

a1) former une première zone semi-conductrice 100 destinée à être en contact avec une électrode E, la première zone semi-conductrice 100 étant formée par une implantation d'atomes de bore dans le substrat 1, les étapes a) et
15 a1) étant illustrées à la figure 3a,

b) former une couche diélectrique 2 à la seconde surface 11 du substrat 1, la couche diélectrique 2 comportant des atomes de phosphore ou d'arsenic, et la couche diélectrique 2 et le substrat 1 formant une structure 1, 2, l'étape b) étant illustrée à la figure 3b,

20 c) appliquer un recuit thermique à la structure 1, 2 adapté pour :

- former une deuxième zone semi-conductrice 110 destinée à être en contact avec une électrode E, la deuxième zone semi-conductrice 110 étant formée par une diffusion des atomes de phosphore ou d'arsenic dans le substrat 1 depuis la couche diélectrique 2 jusqu'à la seconde surface 11 du substrat 1,
25 - former une couche d'oxyde 3 thermique, à base de dioxyde de silicium, à la première surface 10 du substrat 1, l'étape c) étant illustrée à la figure 3c.

A titre d'exemple non limitatif, le substrat 1 présente une épaisseur de l'ordre de 150 μm . La première zone semi-conductrice 100 est formée à la
30 première surface 10 du substrat 1 lors de l'étape a). L'étape a1) est avantageusement une implantation ionique exécutée par faisceau d'ions, douche d'ions ou immersion plasma. La génération d'ions peut s'effectuer à partir de gaz précurseurs tels que le BF_3 ou le B_2H_6 .

La couche diélectrique 2 formée lors de l'étape b) est avantageusement à base d'un oxynitride de silicium SiO_xN_y , vérifiant $0 \leq x < y$, de préférence hydrogéné. Lorsque $x=0$, l'oxynitride de silicium est un nitrure de silicium.

5 L'oxynitride de silicium SiO_xN_y vérifie avantageusement $0 \leq x \leq 0,05$ lors de l'étape b) et après l'étape c). L'oxynitride de silicium SiO_xN_y vérifie avantageusement $0,30 \leq y \leq 0,55$ lors de l'étape b) et après l'étape c). Les atomes de phosphore ou d'arsenic dans la couche diélectrique 2 formée lors de l'étape b) présentent avantageusement une proportion atomique comprise entre

10 1% et 10%. Les atomes de phosphore ou d'arsenic dans la couche diélectrique 2 après l'étape c) présentent avantageusement une proportion atomique comprise entre 1% et 10%, et de préférence comprise entre 1% et 5%. Une telle proportion atomique permet d'obtenir une zone de contact électrique de bonne qualité, c'est-à-dire avec une concentration atomique surfacique supérieure à 10^{20} at./cm³, de

15 préférence comprise entre 3×10^{20} at./cm³ et 5×10^{20} at./cm³ sur les 25 premiers nanomètres du substrat 1. La couche diélectrique 2 présente avantageusement une épaisseur comprise entre 10 nm et 40 nm. Une telle épaisseur permet d'avoir peu de pertes optiques liées aux réflexions du rayonnement lumineux tout en conservant une bonne qualité de passivation. Lorsque la couche diélectrique 2 est

20 réalisée dans un matériau à base de nitrure de silicium hydrogéné, l'étape b) est avantageusement exécutée par un dépôt chimique en phase vapeur (PECVD pour *Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition* en langue anglaise) à partir de gaz réactifs comportant du silane SiH_4 et de l'ammoniac NH_3 . Lorsque la couche diélectrique 2 est réalisée dans un matériau à base d'oxynitride de

25 silicium hydrogéné, l'étape b) est avantageusement exécutée par un dépôt PECVD à partir de gaz réactifs comportant du silane SiH_4 et du protoxyde d'azote N_2O . Lorsque la couche diélectrique 2 comporte des atomes de phosphore, lesdits atomes sont avantageusement incorporés au nitrure de silicium hydrogéné ou à l'oxynitride de silicium hydrogéné par une injection de phosphine PH_3 avec

30 les gaz réactifs correspondants. Lorsque la couche diélectrique 2 comporte des atomes d'arsenic, lesdits atomes sont avantageusement incorporés au nitrure de

silicium hydrogéné ou à l'oxynitride de silicium hydrogéné par une injection d'arsine AsH_3 avec les gaz réactifs correspondants.

Selon une variante, la couche diélectrique 2 formée lors de l'étape b) est à base de carbure de silicium. L'étape b) est avantageusement exécutée par un dépôt PECVD à partir de gaz réactifs comportant du silane SiH_4 et du méthane CH_4 . Lorsque la couche diélectrique 2 comporte des atomes de phosphore, lesdits atomes sont avantageusement incorporés au carbure de silicium par une injection de phosphine PH_3 avec les gaz réactifs. Lorsque la couche diélectrique 2 comporte des atomes d'arsenic, lesdits atomes sont avantageusement incorporés au carbure de silicium par une injection d'arsine AsH_3 avec les gaz réactifs.

Le procédé comporte avantageusement une étape b1) consistant à former une couche diélectrique additionnelle 4 sur la couche diélectrique 2, le recuit thermique étant appliqué lors de l'étape c) à la structure 1, 2, 4 comportant la couche diélectrique additionnelle 4. La couche diélectrique additionnelle 4 formée lors de l'étape b1) est avantageusement en nitrure de silicium hydrogéné. La couche diélectrique additionnelle 4 présente avantageusement une épaisseur supérieure à 30 nm. L'épaisseur de la couche diélectrique additionnelle 4 est ajustée de manière à former une couche optique antireflet. Une telle couche optique antireflet permet de réduire les pertes optiques liées aux réflexions du rayonnement lumineux, et donc d'optimiser l'absorption du rayonnement lumineux par le substrat 1.

Selon un mode de mise en œuvre, le recuit est appliqué lors de l'étape c) sous une atmosphère oxydante. L'atmosphère oxydante peut comporter un mélange des gaz N_2 et O_2 avec un ratio N_2/O_2 compris de préférence entre 0,2 et 1. Cette atmosphère sera dite « sèche ». Selon une variante, l'atmosphère oxydante peut comporter un mélange de N_2 et de vapeur d'eau. Cette atmosphère sera dite « humide ». L'atmosphère oxydante est avantageusement constituée par un mélange de dioxygène et d'un gaz neutre choisi parmi l'argon, l'azote, ou un mélange d'argon et d'azote. L'atmosphère oxydante est avantageusement dépourvue d'agent dopant telle que la phosphine. Ledit recuit présente

avantageusement une valeur de température de recuit comprise entre 850°C et 950°C et une valeur de durée de recuit comprise entre 5 minutes et 1 heure.

Selon une variante de mise en œuvre, l'étape c) comporte les étapes :

5 c1) appliquer le recuit thermique selon un premier budget thermique adapté pour diffuser les atomes de phosphore ou d'arsenic de manière à former la deuxième zone semi-conductrice 110, le premier budget thermique présentant de préférence une valeur de température de recuit comprise entre 850°C et 950°C et une valeur de durée de recuit comprise entre 5 mn et 1h,

10 c2) appliquer le recuit thermique sous une atmosphère oxydante selon un deuxième budget thermique.

L'étape c2) est avantageusement exécutée sous une atmosphère oxydante « humide » de sorte que le deuxième budget thermique présente une valeur de température de recuit comprise entre 700°C et 800°C et une valeur de durée de recuit comprise entre 5 minutes et 1 heure. Une atmosphère oxydante « humide »
15 permet de baisser sensiblement la valeur de température de recuit relativement à une atmosphère oxydante « sèche ».

Selon une forme d'exécution, l'étape a1) est exécutée de sorte que les atomes de bore sont implantés dans le substrat 1 avec une dose strictement
20 inférieure à 10^{15} at./cm², et avec une énergie comprise entre 5 keV et 15 keV. Alors, le recuit thermique appliqué lors de l'étape c) est adapté pour activer thermiquement les atomes de bore de la première zone semi-conductrice 100. La couche d'oxyde 3 thermique à base de dioxyde de silicium formée lors de l'étape c) présente avantageusement une épaisseur comprise entre 5 nm et 20 nm. Une
25 telle épaisseur permet d'avoir peu de pertes optiques liées aux réflexions du rayonnement lumineux tout en conservant une bonne qualité de passivation.

Selon une variante d'exécution, l'étape a1) est exécutée de sorte que les atomes de bore sont implantés dans le substrat 1 avec une dose supérieure à 10^{15} at./cm², de préférence comprise entre 10^{15} at./cm² et 10^{16} at./cm², et avec
30 une énergie comprise entre 5 keV et 15 keV. De tels paramètres d'implantation permettent d'obtenir une zone de contact électrique de bonne qualité, c'est-à-dire avec une concentration atomique surfacique supérieure à 10^{19} at./cm³, de préférence comprise entre 10^{19} at./cm³ et 5×10^{19} at./cm³. Alors, l'étape a)

comporte une étape a2) consistant à appliquer un recuit thermique au substrat 1 selon un budget thermique adapté pour activer thermiquement les atomes de bore de la première zone semi-conductrice 100, l'étape a2) étant exécutée avant l'étape b). Le budget thermique du recuit thermique appliqué lors de l'étape a2) présente avantageusement une valeur de température de recuit comprise entre 1000°C et 1100°C et une valeur de durée de recuit supérieure à 1 minute. L'étape a2) est avantageusement exécutée sous une atmosphère comportant de l'azote, et en l'absence d'oxygène. L'étape a2) est avantageusement suivie d'une étape de nettoyage chimique du substrat 1. La couche d'oxyde 3 thermique à base de dioxyde de silicium formée lors de l'étape c) présente avantageusement une épaisseur comprise entre 5 nm et 20 nm. Une telle épaisseur permet d'avoir peu de pertes optiques liées aux réflexions du rayonnement lumineux tout en conservant une bonne qualité de passivation.

Comme illustré à la figure 3d, le procédé comporte avantageusement une étape d) former une couche diélectrique 5 sur la couche d'oxyde 3 thermique. La couche diélectrique 5 formée lors de l'étape d) est réalisée de préférence dans un matériau à base de nitrure de silicium. La couche diélectrique 5 formée lors de l'étape d) présente une épaisseur ajustée de manière à former une couche optique antireflet. La couche diélectrique 5 formée lors de l'étape d) présente avantageusement une épaisseur comprise entre 50 nm et 75 nm. Une telle couche optique antireflet permet de réduire les pertes optiques liées aux réflexions du rayonnement lumineux, et donc d'optimiser l'absorption du rayonnement lumineux par le substrat 1.

25

Comme illustré à la figure 3e, le procédé comporte avantageusement une étape e) mettre en contact chacune des première et deuxième zones semi-conductrices 100, 110 avec une électrode E. L'étape e) comporte une étape de métallisation, de préférence exécutée par sérigraphie.

30

Selon un mode de mise en œuvre illustré à la figure 2, le procédé diffère du mode illustré aux figures 3a à 3e en ce que la première zone semi-conductrice 100 est formée à la seconde surface 11 du substrat 1 lors de l'étape a), de

préférence par un premier jeu de masques, de manière à former un premier caisson. La couche diélectrique 2 formée lors de l'étape b) est agencée, de préférence par un deuxième jeu de masques, de sorte que la deuxième zone semi-conductrice 110 formée par les atomes de phosphore ou d'arsenic diffusés
5 lors de l'étape c) forme un deuxième caisson espacé relativement au premier caisson. Le procédé comporte avantageusement une étape de formation d'une zone semi-conductrice 120 à la première surface 10 du substrat 1. La zone semi-conductrice 120 comporte des atomes de phosphore ou d'arsenic. La zone semi-conductrice 120 est avantageusement formée par une implantation ionique
10 d'atomes de phosphore ou d'arsenic. Lesdits atomes sont activés thermiquement lors de l'étape c). Le procédé comporte avantageusement une étape consistant à former une couche diélectrique (non illustrée à la figure 2) sur la couche d'oxyde 3 thermique, ladite couche diélectrique formée étant réalisée de préférence dans un matériau à base de nitrure de silicium. Ladite couche diélectrique formée présente
15 une épaisseur ajustée de manière à former une couche optique antireflet. Une telle couche optique antireflet permet de réduire les pertes optiques liées aux réflexions du rayonnement lumineux, et donc d'optimiser l'absorption du rayonnement lumineux par le substrat 1.

20 La présente invention concerne également un procédé de fabrication d'une cellule photovoltaïque, illustré aux figures 4a à 4e, le procédé comportant les étapes :

a) prévoir un substrat 1 semi-conducteur réalisé dans un matériau à base de silicium cristallin dopé de type p, le substrat 1 comportant une première
25 surface 10 et une seconde surface 11 opposée,

a1) former une première zone semi-conductrice 100 destinée à être en contact avec une électrode E, la première zone conductrice 100 étant formée par une implantation d'atomes de phosphore ou d'arsenic dans le substrat 1, les
étapes a) et a1) étant illustrées à la figure 3a,

30 b) former une couche diélectrique 2 à la seconde surface 11 du substrat 1, la couche diélectrique 2 comportant des atomes de bore, la couche diélectrique 2 et le substrat 1 formant une structure 1, 2, l'étape b) étant illustrée à la figure 3b,

c) appliquer un recuit thermique à la structure 1, 2 adapté pour :

- former une deuxième zone semi-conductrice 110 destinée à être en contact avec une électrode E, la deuxième zone semi-conductrice 110 étant formée par une diffusion des atomes de bore dans le substrat 1 depuis la couche diélectrique 2 jusqu'à la seconde surface 11 du substrat 1,
- 5 - former une couche d'oxyde 3 thermique, à base de dioxyde de silicium, à la première surface 10 du substrat 1, l'étape c) étant illustrée à la figure 3c.

A titre d'exemple non limitatif, le substrat 1 présente une épaisseur de l'ordre de 150 μm . La première zone semi-conductrice 100 est formée à la
 10 première surface 10 du substrat 1 lors de l'étape a). L'étape a1) est avantageusement une implantation ionique exécutée par faisceau d'ions, douche d'ions ou immersion plasma. L'étape a1) est avantageusement exécutée de sorte que les atomes de phosphore ou d'arsenic sont implantés dans le substrat 1 avec une dose comprise :

- 15 - entre 10^{15} et 5×10^{15} at./ cm^2 lorsque la première surface 10 du substrat 1 est texturée, de profil pyramidal,
- entre $0,5 \times 10^{15}$ et 3×10^{15} at./ cm^2 lorsque la première surface 10 du substrat 1 est plane, et polie le cas échéant.

Les atomes de phosphore sont avantageusement implantés lors de l'étape
 20 a1) avec une énergie comprise entre 5 keV et 15 keV. Les atomes d'arsenic sont avantageusement implantés lors de l'étape a1) avec une énergie comprise entre 15 keV et 30 keV.

La couche diélectrique 2 formée lors de l'étape b) est avantageusement à base
 25 d'un oxynitride de silicium SiO_xN_y , vérifiant $0 \leq y < x$, de préférence hydrogéné. Lorsque $y=0$, l'oxynitride de silicium est un oxyde de silicium. L'oxynitride de silicium SiO_xN_y vérifie avantageusement $x \geq 0,50$, de préférence $0,50 \leq x \leq 0,66$, après l'étape c). L'oxynitride de silicium SiO_xN_y vérifie avantageusement $0 \leq y \leq 0,10$, de préférence $0 \leq y \leq 0,05$, lors de l'étape b) et après l'étape c).
 30 Les atomes de bore dans la couche diélectrique 2 formée lors de l'étape b) présentent avantageusement une proportion atomique comprise entre 10% et 50%, de préférence comprise entre 10% et 30%. Les atomes de bore dans la

couche diélectrique 2 après l'étape c) présentent avantageusement une proportion atomique comprise entre 1% et 10%, de préférence comprise entre 3% et 8%. La couche diélectrique 2 formée lors de l'étape b) présente avantageusement une teneur en azote supérieure à 5 %, préférentiellement comprise entre 5 et 15 %. La couche diélectrique 2 présente avantageusement une épaisseur comprise entre 3 nm et 100 nm, préférentiellement comprise entre 20 et 35 nm. De telles épaisseurs permettent d'avoir peu de pertes optiques liées aux réflexions du rayonnement lumineux tout en conservant une bonne qualité de passivation. Les étapes a1) et b) sont permutables. Lorsque la couche diélectrique 2 est réalisée dans un matériau à base d'un oxynitride de silicium hydrogéné, l'étape b) est avantageusement exécutée par un dépôt chimique en phase vapeur (PECVD pour *Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition* en langue anglaise) à partir de gaz réactifs comportant du silane SiH_4 et du protoxyde d'azote N_2O . Les atomes de bore sont avantageusement incorporés à l'oxynitride de silicium hydrogéné par une injection de diborane B_2H_6 avec les gaz réactifs.

Selon une variante, la couche diélectrique 2 formée lors de l'étape b) est à base de carbure de silicium. L'étape b) est avantageusement exécutée par un dépôt PECVD à partir de gaz réactifs comportant du silane SiH_4 et du méthane CH_4 . Les atomes de bore sont avantageusement incorporés au carbure de silicium par une injection de diborane B_2H_6 avec les gaz réactifs.

Le procédé comporte avantageusement une étape b1) consistant à former une couche diélectrique additionnelle 4 sur la couche diélectrique 2. L'étape b1) est illustrée à la figure 3c. L'étape b1) est avantageusement exécutée après l'étape c) de sorte que la couche diélectrique 2 peut être oxydée lorsque le recuit est appliqué lors de l'étape c) sous une atmosphère oxydante. L'oxydation de la couche diélectrique 2 permet d'améliorer la passivation de la seconde surface 11 du substrat 1. La couche diélectrique additionnelle 4 est avantageusement en nitrure de silicium hydrogéné. La couche diélectrique additionnelle 4 présente avantageusement une épaisseur supérieure à 30 nm. L'épaisseur de la couche diélectrique additionnelle 4 est ajustée de manière à former une couche optique antireflet. Une telle couche optique antireflet permet de réduire les pertes optiques

liées aux réflexions du rayonnement lumineux, et donc d'optimiser l'absorption du rayonnement lumineux par le substrat 1.

Selon un mode de mise en œuvre, le recuit est appliqué lors de l'étape c) sous une atmosphère oxydante. L'atmosphère oxydante peut comporter un mélange des gaz N_2 et O_2 avec un ratio N_2/O_2 compris de préférence entre 0,2 et 1. Cette atmosphère sera dite « sèche ». Selon une variante, l'atmosphère oxydante peut comporter un mélange de N_2 et de vapeur d'eau. Cette atmosphère sera dite « humide ».

Le recuit appliqué lors de l'étape c) présente avantageusement une valeur de température de recuit comprise entre 900°C et 950°C et une valeur de durée de recuit comprise entre 5 minutes et 1 heure, sous une atmosphère sèche.

La couche d'oxyde 3 thermique à base de dioxyde de silicium formée lors de l'étape c) présente avantageusement une épaisseur non nulle et avantageusement inférieure à 30 nm. Une telle épaisseur permet d'avoir peu de pertes optiques liées aux réflexions du rayonnement lumineux tout en conservant une bonne qualité de passivation.

Comme illustré à la figure 4d, le procédé comporte avantageusement une étape d) former une couche diélectrique 5 sur la couche d'oxyde 3 thermique. La couche diélectrique 5 formée lors de l'étape d) est réalisée de préférence dans un matériau à base de nitrure de silicium. La couche diélectrique 5 formée lors de l'étape d) présente une épaisseur ajustée de manière à former une couche optique antireflet. La couche diélectrique 5 formée lors de l'étape d) présente avantageusement une épaisseur comprise entre 50 nm et 75 nm. Une telle couche optique antireflet permet de réduire les pertes optiques liées aux réflexions du rayonnement lumineux, et donc d'optimiser l'absorption du rayonnement lumineux par le substrat 1.

Comme illustré à la figure 4e, le procédé comporte avantageusement une étape e) mettre en contact chacune des première et deuxième zones semi-conductrices 100, 110 avec une électrode E. L'étape e) comporte une étape de métallisation, de préférence exécutée par sérigraphie.

Selon un mode de mise en œuvre illustré à la figure 2, le procédé diffère du mode illustré aux figures 4a à 4e en ce que la première zone semi-conductrice 100 est formée à la seconde surface 11 du substrat 1 lors de l'étape a), de préférence par un premier jeu de masques, de manière à former un premier caisson. La couche diélectrique 2 formée lors de l'étape b) est agencée, de préférence par un deuxième jeu de masques, de sorte que la deuxième zone semi-conductrice 110 formée par les atomes de bore diffusés lors de l'étape c) forme un deuxième caisson espacé relativement au premier caisson.

10 Le procédé comporte avantageusement une étape de formation d'une zone semi-conductrice 120 à la première surface 10 du substrat 1. La zone semi-conductrice 120 comporte des atomes de phosphore ou d'arsenic.

Le procédé comporte avantageusement une étape consistant à former une couche diélectrique (non illustrée à la figure 2) sur la couche d'oxyde 3 thermique, ladite couche diélectrique formée étant réalisée de préférence dans un matériau à base de nitrure de silicium. Ladite couche diélectrique formée présente une épaisseur ajustée de manière à former une couche optique antireflet. Une telle couche optique antireflet permet de réduire les pertes optiques liées aux réflexions du rayonnement lumineux, et donc d'optimiser l'absorption du rayonnement lumineux par le substrat 1.

15
20

Revendications

1. Procédé de fabrication d'une cellule photovoltaïque, comportant les étapes :
- a) prévoir un substrat (1) semi-conducteur réalisé dans un matériau à base de silicium cristallin dopé de type n, le substrat (1) comportant une première surface (10) et une seconde surface (11) opposée,
- a1) former une première zone semi-conductrice (100) destinée à être en contact avec une électrode (E), la première zone semi-conductrice (100) étant formée par une implantation d'atomes de bore dans le substrat (1), le procédé étant
- 10 caractérisé en ce qu'il comporte les étapes :
- b) former une couche diélectrique (2) à la seconde surface (11) du substrat (1), la couche diélectrique (2) comportant des atomes de phosphore ou d'arsenic, et la couche diélectrique (2) et le substrat (1) formant une structure (1, 2),
- c) appliquer un recuit thermique à la structure (1, 2) adapté pour :
- 15 - former une deuxième zone semi-conductrice (110) destinée à être en contact avec une électrode (E), la deuxième zone semi-conductrice (110) étant formée par une diffusion des atomes de phosphore ou d'arsenic dans le substrat (1) depuis la couche diélectrique (2) jusqu'à la seconde surface (11) du substrat (1),
- former une couche d'oxyde (3) thermique, à base de dioxyde silicium, à la
- 20 première surface (10) du substrat (1).
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape b) comporte une étape b1) consistant à former une couche diélectrique additionnelle (4), de préférence en nitrure de silicium hydrogéné, sur la couche diélectrique (2), et en
- 25 ce que le recuit thermique est appliqué lors de l'étape c) à la structure (1, 2, 4) comportant la couche diélectrique additionnelle (4).
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le recuit est appliqué lors de l'étape c) sous une atmosphère oxydante, et en ce que ledit
- 30 recuit présente de préférence une valeur de température de recuit comprise entre 850°C et 950°C et une valeur de durée de recuit comprise entre 5 minutes et 1 heure.

4. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'étape c) comporte les étapes :
- c1) appliquer le recuit thermique selon un premier budget thermique adapté pour diffuser les atomes de phosphore ou d'arsenic de manière à former la deuxième zone semi-conductrice (110), le premier budget thermique présentant de préférence une valeur de température de recuit comprise entre 850°C et 950°C et une valeur de durée de recuit comprise entre 5 minutes et 1 heure,
- c2) appliquer le recuit thermique sous une atmosphère oxydante et selon un deuxième budget thermique adapté pour former la couche d'oxyde (3) thermique,
- le deuxième budget thermique présentant de préférence une valeur de température de recuit comprise entre 700°C et 800°C et une valeur de durée de recuit comprise entre 5 minutes et 1 heure.
5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la couche diélectrique (2) formée lors de l'étape b) est à base d'un oxynitride de silicium SiO_xN_y vérifiant $0 \leq x < y$, de préférence hydrogéné.
6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'oxynitride de silicium SiO_xN_y vérifie $0 \leq x \leq 0,05$ lors de l'étape b) et après l'étape c).
7. Procédé selon la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce que l'oxynitride de silicium SiO_xN_y vérifie $0,30 \leq y \leq 0,55$ lors de l'étape b) et après l'étape c).
8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la couche diélectrique (2) formée lors de l'étape b) est à base de carbure de silicium.
9. Procédé selon l'une des revendications 5 à 7, caractérisé en ce que les atomes de phosphore ou d'arsenic dans la couche diélectrique (2) formée lors de l'étape b) présentent une proportion atomique comprise entre 1% et 10%, et en ce que les atomes de phosphore ou d'arsenic dans la couche diélectrique (2) après l'étape c) présentent une proportion atomique comprise entre 1% et 10%, et de préférence comprise entre 1% et 5%.

10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que le recuit thermique appliqué lors de l'étape c) est adapté pour activer thermiquement les atomes de bore de la première zone semi-conductrice (100) implantés lors de l'étape a1).

11. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que l'étape a) comporte une étape a2) consistant à appliquer un recuit thermique au substrat (1) selon un budget thermique adapté pour activer thermiquement les atomes de bore de la première zone semi-conductrice (100), l'étape a2) étant exécutée avant l'étape b), le recuit thermique appliqué lors de l'étape a2) présentant de préférence une valeur de température de recuit comprise entre 1000°C et 1100°C et une valeur de durée de recuit supérieure à 1 minute.

12. Procédé de fabrication d'une cellule photovoltaïque, comportant les étapes :

a) prévoir un substrat (1) semi-conducteur réalisé dans un matériau à base de silicium cristallin dopé de type p, le substrat (1) comportant une première surface (10) et une seconde surface (11) opposée,

a1) former une première zone semi-conductrice (100) destinée à être en contact avec une électrode (E), la première zone semi-conductrice (100) étant formée par une implantation d'atomes de phosphore ou d'arsenic dans le substrat (1), le procédé étant caractérisé en ce qu'il comporte les étapes :

b) former une couche diélectrique (2) à la seconde surface (11) du substrat (1), la couche diélectrique (2) comportant des atomes de bore, et la couche diélectrique (2) et le substrat (1) formant une structure (1, 2),

c) appliquer un recuit thermique à la structure (1, 2) adapté pour :

- former une deuxième zone semi-conductrice (110) destinée à être en contact avec une électrode (E), la deuxième zone semi-conductrice (110) étant formée par une diffusion des atomes de bore dans le substrat (1) depuis la couche diélectrique (2) jusqu'à la seconde surface (11) du substrat (1),
- former une couche d'oxyde (3) thermique, à base de dioxyde de silicium, à la première surface (10) du substrat (1).

13. Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce qu'il comporte une étape b1) consistant à former une couche diélectrique additionnelle (4), de préférence en nitrure de silicium hydrogéné, sur la couche diélectrique (2), et en ce que l'étape b1) est exécutée de préférence après l'étape c).

5

14. Procédé selon la revendication 12 ou 13, caractérisé en ce que le recuit est appliqué lors de l'étape c) sous une atmosphère oxydante, et en ce que ledit recuit présente de préférence une valeur de température de recuit comprise entre 900°C et 950°C et une valeur de durée de recuit comprise entre 5 minutes et 1

10 heure.

15. Procédé selon l'une des revendications 12 à 14, caractérisé en ce que la couche diélectrique (2) formée lors de l'étape b) est à base d'un oxynitrure de silicium SiO_xN_y vérifiant $0 \leq y < x$, de préférence hydrogéné.

15

16. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce que l'oxynitrure de silicium SiO_xN_y vérifie $x \geq 0,50$, de préférence $0,50 \leq x \leq 0,66$, après l'étape c).

17. Procédé selon la revendication 15 ou 16, caractérisé en ce que l'oxynitrure de silicium SiO_xN_y vérifie $0 \leq y \leq 0,10$, de préférence $0 \leq y \leq 0,05$, lors de l'étape b) et après l'étape c).

20

18. Procédé selon l'une des revendications 12 à 14, caractérisé en ce que la couche diélectrique (2) formée lors de l'étape b) est à base d'un carbure de silicium.

25

19. Procédé selon l'une des revendications 15 à 17, caractérisé en ce que les atomes de bore dans la couche diélectrique (2) formée lors de l'étape b) présentent une proportion atomique comprise entre 10% et 50%, de préférence comprise entre 10% et 30%, et en ce que les atomes de bore dans la couche diélectrique (2) après l'étape c) présentent une proportion atomique comprise entre 1% et 10%, de préférence comprise entre 3% et 8%.

30

20. Procédé selon l'une des revendications 1 à 19, caractérisé en ce que la première zone semi-conductrice (100) est formée à la première surface (10) du substrat (1) lors de l'étape a).

5

21. Procédé selon l'une des revendications 1 à 20, caractérisé en ce que la première zone semi-conductrice (100) est formée à la seconde surface (11) du substrat (1) lors de l'étape a) de manière à former un premier caisson, et en ce que la couche diélectrique (2) formée lors de l'étape b) est agencée de sorte que
10 la deuxième zone semi-conductrice (110) formée lors de l'étape c) forme un deuxième caisson espacé relativement au premier caisson.

22. Cellule photovoltaïque susceptible d'être obtenue par un procédé selon l'une des revendications 1 à 21.

15

23. Cellule photovoltaïque comportant :

- un substrat (1) d'un matériau semi-conducteur à base de silicium cristallin dopé de type n, le substrat (1) comportant une première surface (10) et une seconde surface (11) opposée ;
- 20 - des première et deuxième zones semi-conductrices (100, 110) s'étendant respectivement sous la première surface (10) et sous la seconde surface (11) du substrat (1), la première zone semi-conductrice (100) comportant des atomes de bore, la deuxième zone semi-conductrice (110) comportant des atomes de phosphore ou d'arsenic ;
- 25 - une première couche (2) d'un matériau diélectrique formée à la seconde surface (11) du substrat (1), le matériau diélectrique étant à base d'un oxynitride de silicium SiO_xN_y vérifiant $0 \leq x < y$, le matériau diélectrique comportant des atomes de phosphore ou d'arsenic et de préférence de l'hydrogène ;
- une couche d'oxyde (3) thermique, à base de dioxyde de silicium, formée à la
30 première surface (10) du substrat (1).

24. Cellule photovoltaïque selon la revendication 23, caractérisée en ce que l'oxynitrure de silicium SiO_xN_y vérifie $0 \leq x \leq 0,05$.

25. Cellule photovoltaïque selon la revendication 23 ou 24, caractérisée en ce que
5 l'oxynitrure de silicium SiO_xN_y vérifie $0,30 \leq y \leq 0,55$.

26. Cellule photovoltaïque selon l'une des revendications 23 à 25, caractérisée en ce que les atomes de phosphore ou d'arsenic présentent une proportion atomique dans le matériau diélectrique comprise entre 1% et 10%, de préférence comprise
10 entre 1% et 5%.

27. Cellule photovoltaïque comportant :

- un substrat (1) d'un matériau semi-conducteur à base de silicium cristallin dopé de type p, le substrat (1) comportant une première surface (10) et une seconde
15 surface (11) opposée ;
- des première et deuxième zones semi-conductrices (100, 110) s'étendant respectivement sous la première surface (10) et sous la seconde surface (11) du substrat (1), la première zone semi-conductrice (100) comportant des atomes de phosphore ou d'arsenic, la deuxième zone semi-conductrice (110) comportant
20 des atomes de bore ;
- une première couche (2) d'un matériau diélectrique formée à la seconde surface (11) du substrat (1), le matériau diélectrique étant à base d'un oxynitrure de silicium SiO_xN_y vérifiant $0 \leq y < x$, le matériau diélectrique comportant des atomes de bore et de préférence de l'hydrogène ;
- 25 - une couche d'oxyde (3) thermique, à base de dioxyde de silicium, formée à la première surface (10) du substrat (1).

28. Cellule photovoltaïque selon la revendication 27, caractérisée en ce que l'oxynitrure de silicium SiO_xN_y vérifie $x \geq 0,50$, de préférence $0,50 \leq x \leq 0,66$.
30

29. Cellule photovoltaïque selon la revendication 27 ou 28, caractérisée en ce que l'oxynitrure de silicium SiO_xN_y vérifie $0 \leq y \leq 0,10$, de préférence $0 \leq y \leq 0,05$.

30. Cellule photovoltaïque selon l'une des revendications 27 à 29, caractérisée en ce que les atomes de bore présentent une proportion atomique dans le matériau diélectrique comprise entre 1% et 10%, de préférence comprise entre 3% et 8%.

5

31. Cellule photovoltaïque selon l'une des revendications 23 à 30, caractérisée en ce qu'elle comporte une seconde couche (4) d'un matériau diélectrique formée sur la première couche (2) et, de préférence, sur la couche d'oxyde (3) thermique, le matériau diélectrique de la seconde couche (4) étant à base d'un oxynitride de silicium SiO_xN_y vérifiant $0 \leq x < y$, ledit matériau diélectrique comportant de préférence de l'hydrogène.

10

32. Cellule photovoltaïque selon l'une des revendications 23 à 31, caractérisée en ce que la première couche (2) présente une épaisseur comprise entre 3 nm et 100 nm.

15

1 / 3

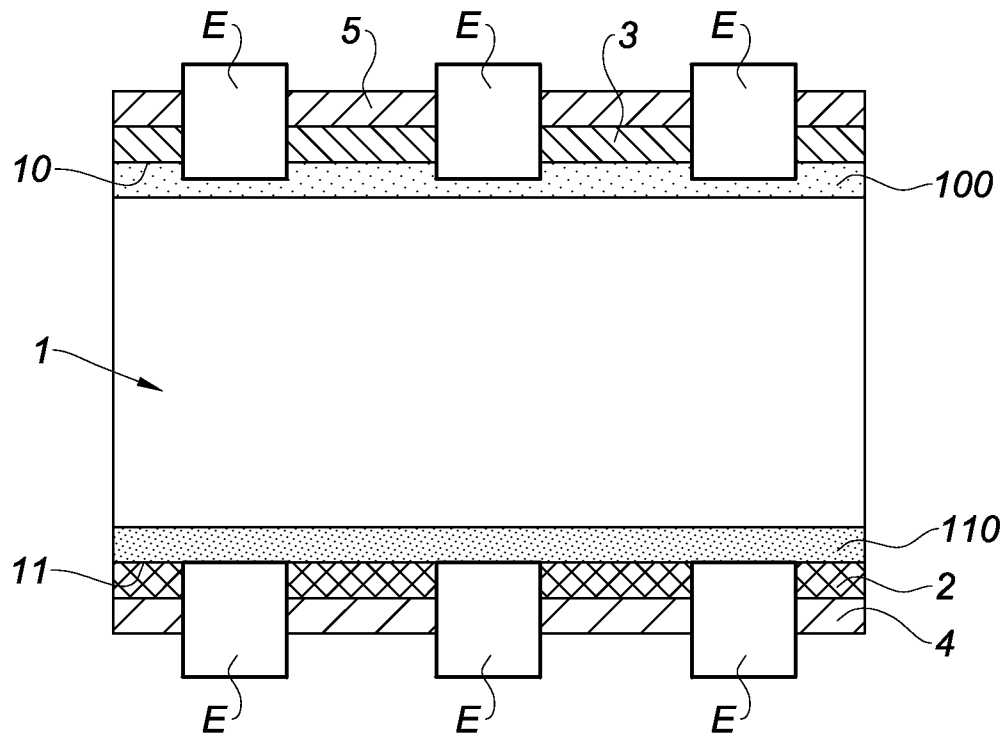


Fig. 1

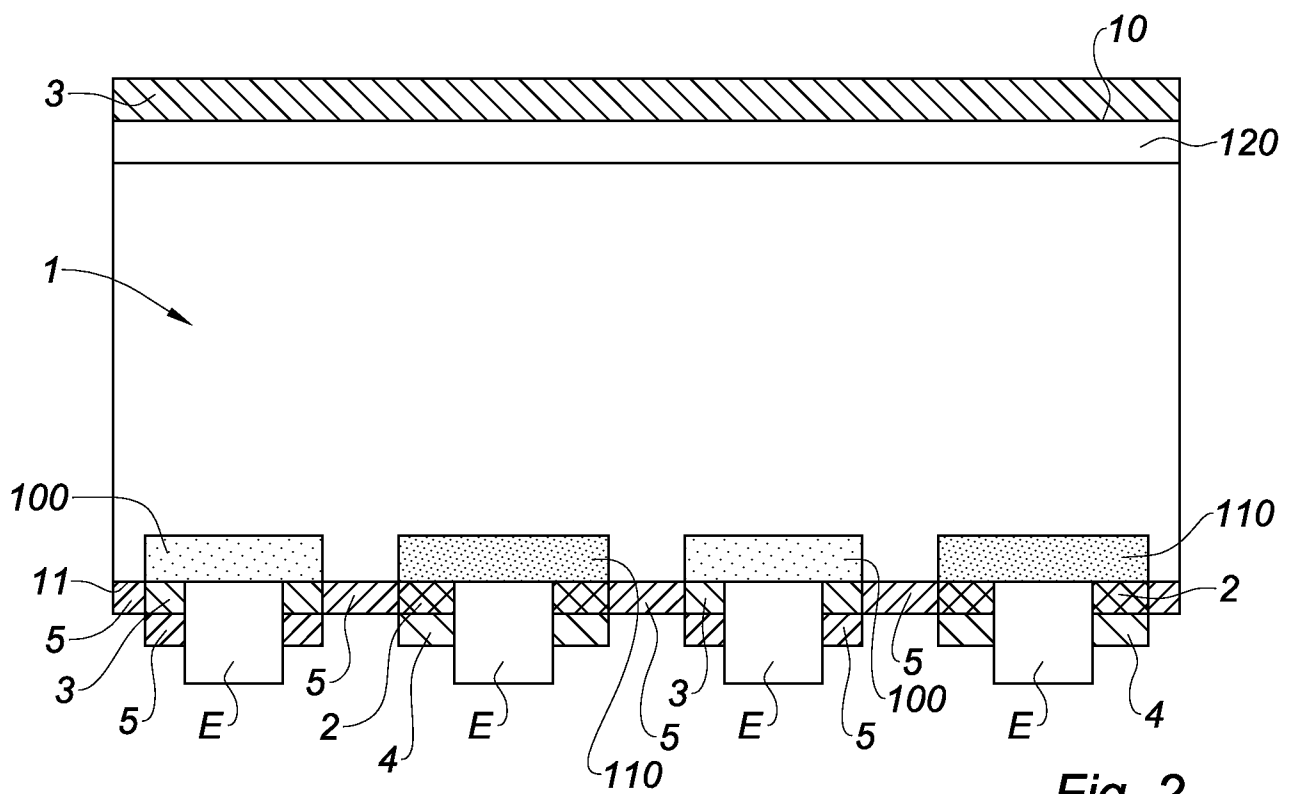


Fig. 2

2 / 3

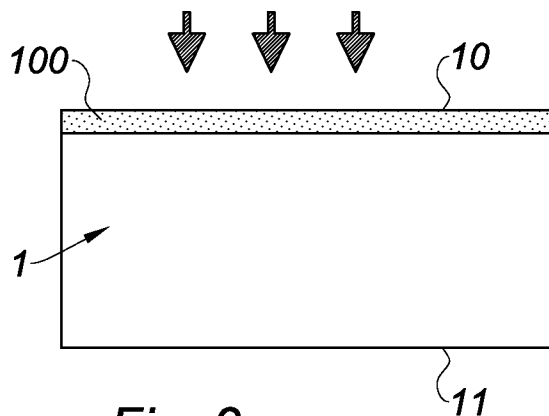


Fig. 3a

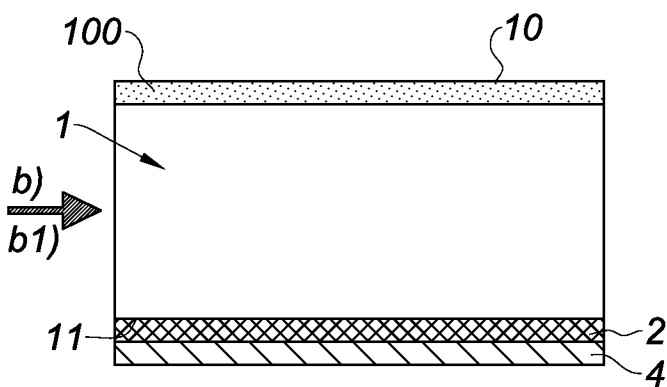


Fig. 3b

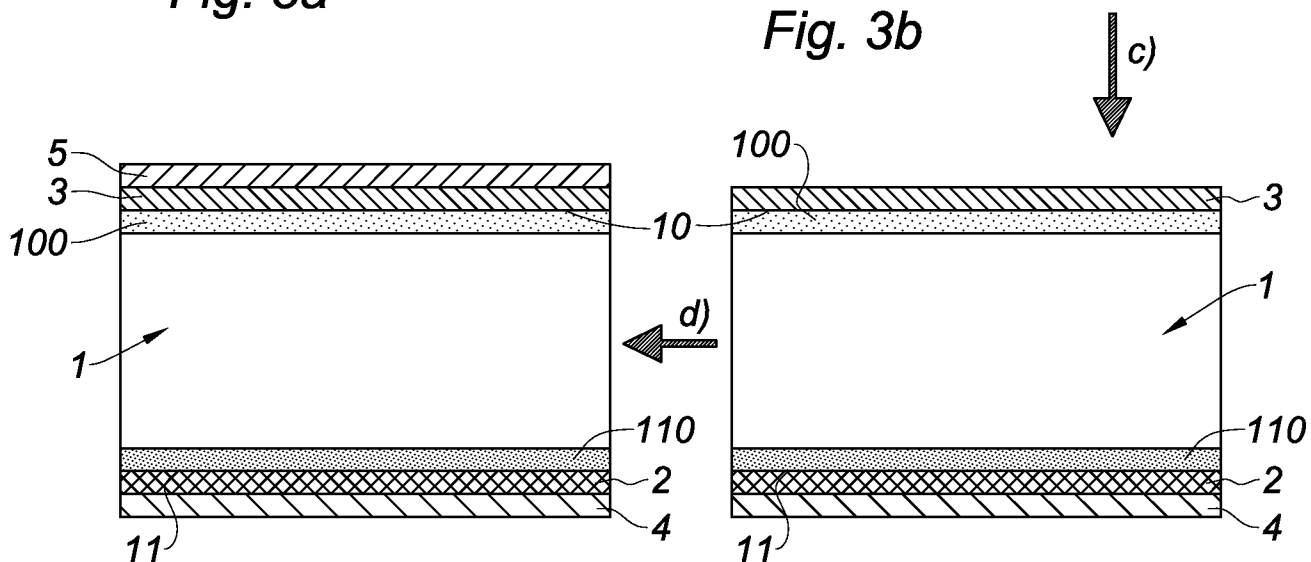


Fig. 3d

Fig. 3c

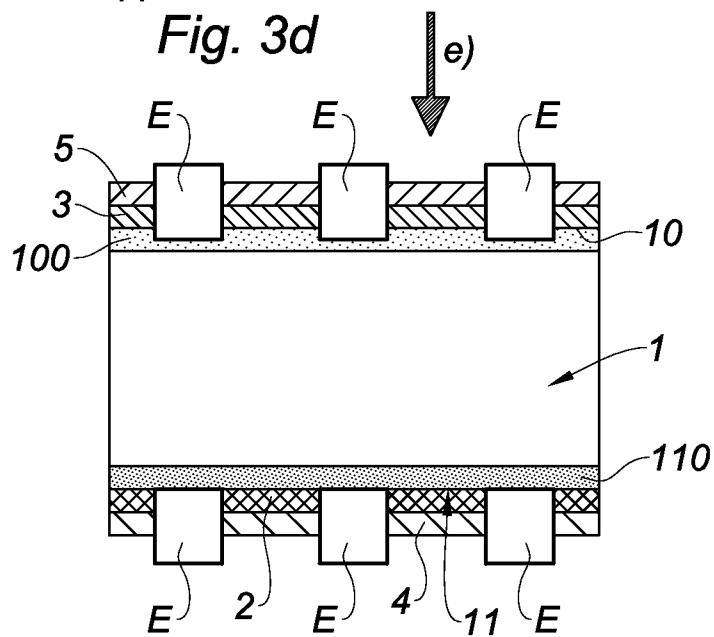


Fig. 3e

3 / 3

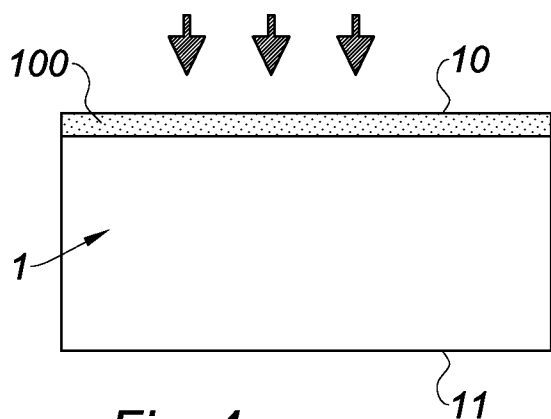


Fig. 4a

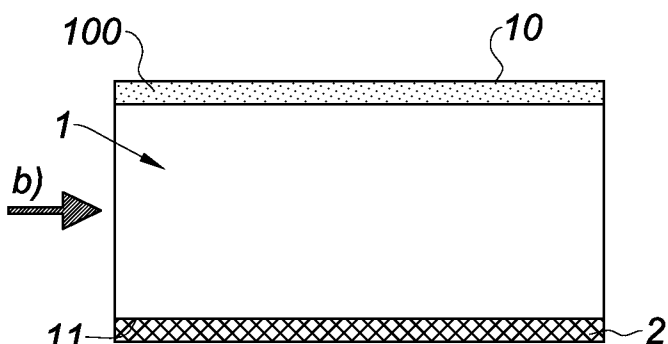


Fig. 4b

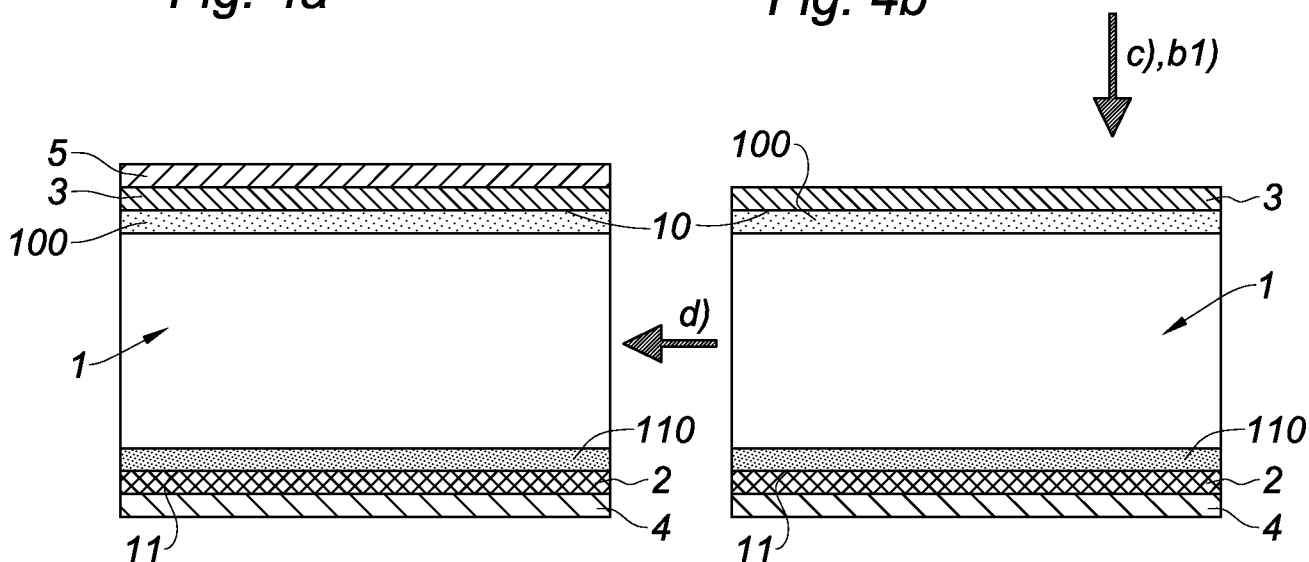


Fig. 4d

Fig. 4c

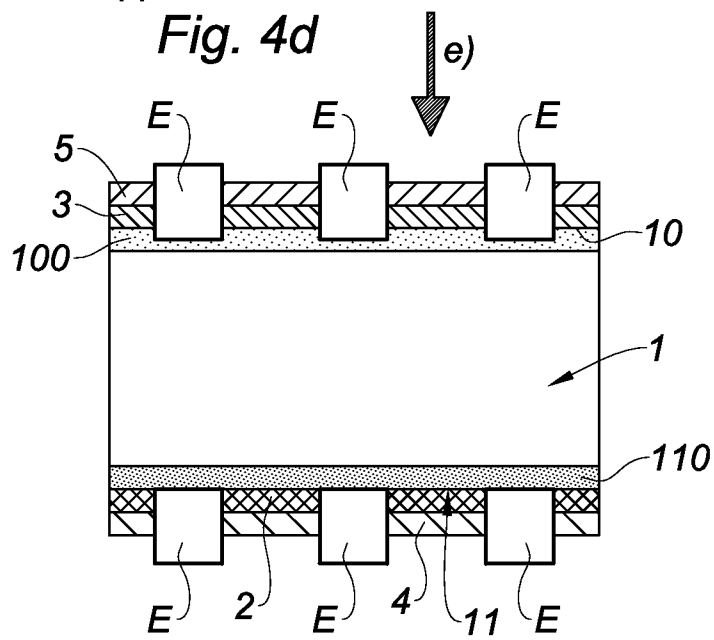


Fig. 4e

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2016/050990

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H01L31/18 H01L31/0216
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 152 824 A (GONSIORAWSKI RONALD) 8 May 1979 (1979-05-08)	1-22
A	abstract column 3, line 29 - column 8, line 10 figures 1-7	23-32
X	CN 102 332 495 A (NINGBO INST MAT TECH & ENG CAS) 25 January 2012 (2012-01-25)	23-26
A	abstract paragraphs [0044] - [0056] figures 1-4	1-22, 27-32
X	US 6 998 288 B1 (SMITH DAVID D [US] ET AL) 14 February 2006 (2006-02-14)	27-32
A	abstract column 2, line 29 - column 4, line 11 figures 1-7	1-26
	----- -/-	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 July 2016

Date of mailing of the international search report

08/07/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ekoué, Adamah

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2016/050990

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 759 292 A (ARIMOTO SATOSHI [JP] ET AL) 2 June 1998 (1998-06-02) column 2, lines 62-65 -----	1-32
A	US 2010/136768 A1 (BIRO DANIEL [DE] ET AL) 3 June 2010 (2010-06-03) page 3, paragraph 40-45 figures 1-6 -----	1-32

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2016/050990

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4152824	A	08-05-1979	AU 521800 B2 29-04-1982
			AU 4133678 A 05-07-1979
			CA 1114050 A 08-12-1981
			DE 2856797 A1 12-07-1979
			FR 2413791 A1 27-07-1979
			GB 2012107 A 18-07-1979
			IL 55866 A 13-09-1981
			IN 150245 B 21-08-1982
			JP S5498189 A 02-08-1979
			NL 7812620 A 03-07-1979
			US 4152824 A 08-05-1979

CN 102332495	A	25-01-2012	NONE

US 6998288	B1	14-02-2006	US 6998288 B1 14-02-2006
			US 7135350 B1 14-11-2006

US 5759292	A	02-06-1998	DE 19634617 A1 14-08-1997
			JP 3578539 B2 20-10-2004
			JP H09219531 A 19-08-1997
			US 5759292 A 02-06-1998

US 2010136768	A1	03-06-2010	DE 102006041424 A1 20-03-2008
			EP 2064750 A2 03-06-2009
			JP 2010503190 A 28-01-2010
			US 2010136768 A1 03-06-2010
			WO 2008028625 A2 13-03-2008

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2016/050990

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H01L31/18 H01L31/0216 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) H01L		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data, INSPEC		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X A	US 4 152 824 A (GONSIORAWSKI RONALD) 8 mai 1979 (1979-05-08) abrégé colonne 3, ligne 29 - colonne 8, ligne 10 figures 1-7 -----	1-22 23-32
X A	CN 102 332 495 A (NINGBO INST MAT TECH & ENG CAS) 25 janvier 2012 (2012-01-25) abrégé alinéas [0044] - [0056] figures 1-4 -----	23-26 1-22, 27-32
X A	US 6 998 288 B1 (SMITH DAVID D [US] ET AL) 14 février 2006 (2006-02-14) abrégé colonne 2, ligne 29 - colonne 4, ligne 11 figures 1-7 ----- -/-	27-32 1-26
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée	"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets	
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 1 juillet 2016	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 08/07/2016	
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Ekoué, Adamah

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 5 759 292 A (ARIMOTO SATOSHI [JP] ET AL) 2 juin 1998 (1998-06-02) colonne 2, lignes 62-65 -----	1-32
A	US 2010/136768 A1 (BIRO DANIEL [DE] ET AL) 3 juin 2010 (2010-06-03) page 3, alinéa 40-45 figures 1-6 -----	1-32

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2016/050990

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4152824	A	08-05-1979	AU 521800 B2	29-04-1982
			AU 4133678 A	05-07-1979
			CA 1114050 A	08-12-1981
			DE 2856797 A1	12-07-1979
			FR 2413791 A1	27-07-1979
			GB 2012107 A	18-07-1979
			IL 55866 A	13-09-1981
			IN 150245 B	21-08-1982
			JP S5498189 A	02-08-1979
			NL 7812620 A	03-07-1979
			US 4152824 A	08-05-1979

CN 102332495	A	25-01-2012	AUCUN	

US 6998288	B1	14-02-2006	US 6998288 B1	14-02-2006
			US 7135350 B1	14-11-2006

US 5759292	A	02-06-1998	DE 19634617 A1	14-08-1997
			JP 3578539 B2	20-10-2004
			JP H09219531 A	19-08-1997
			US 5759292 A	02-06-1998

US 2010136768	A1	03-06-2010	DE 102006041424 A1	20-03-2008
			EP 2064750 A2	03-06-2009
			JP 2010503190 A	28-01-2010
			US 2010136768 A1	03-06-2010
			WO 2008028625 A2	13-03-2008
