



(43) Date de la publication internationale
7 novembre 2013 (07.11.2013)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2013/164536 A2

(51) Classification internationale des brevets :

H01L 27/142 (2006.01) H01L 31/18 (2006.01)
H01L 31/042 (2006.01) H01L 31/0352 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2013/050946

(22) Date de dépôt international :

29 avril 2013 (29.04.2013)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

12 54138 4 mai 2012 (04.05.2012) FR

(71) Déposants : **DISASOLAR** [FR/FR]; 63 avenue du Général Martial Valin, F-87000 Limoges (FR). **CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE - CNRS** [FR/FR]; 3 rue Michel-Ange, F-75016 Paris (FR).

(72) Inventeurs : **POUGHON, Stéphane**; 13 impasse des Grenadiers, F-06360 Eze (FR). **DASSAS, Laurence**; 12 rue Nicolas Charlet, F-75015 Paris (FR). **RATIER, Bernard**; 37 route des Vignes, F-87430 Verneuil sur Vienne (FR).

(74) Mandataire : **DERAMBURE CONSEIL**; 52 rue de la Victoire, F-75009 Paris (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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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.

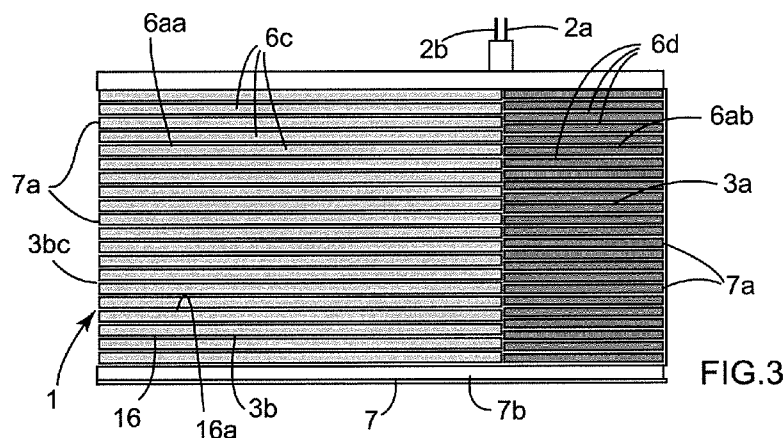
(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport (règle 48.2.g))

(54) Title : PHOTOVOLTAIC MODULE AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) Titre : MODULE PHOTOVOLTAÏQUE ET SON PROCÉDE DE REALISATION



(57) Abstract : The invention relates to a module (1) which includes a substrate and a plurality of juxtaposed cells, connected by electrical connections (7) in layers with a parallel and/or serial circuit diagram forming a macrocell, a cell including at least one active layer, the module (1) having a defined active surface having a visual effect defined by the contour and the surface extension of the defined active surface, some of the cells comprising constituent materials which have different absorption spectra and/or contours (16a) and/or surface extensions (16), the constituent materials, the contours and the surface extensions of the cells, the electrical circuit diagram (7) and the electrical connection materials are defined such that the cells have identical electrical efficiency, or the contours (16a) and the surface extensions (16) of the cells are determined such that the juxtaposed cells fill the defined active surface, at least one portion of the layers of the cells, including the active layer, are deposited by the inkjet printing technique, and the constituent materials of said layers have a composition that is suitable for inkjet printing, such that the energy efficiency of the photovoltaic module (1) is not affected.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

Le module (1) comprend un substrat et une pluralité de cellules juxtaposées, connectées par des connexions électriques (7) en couches avec schéma de connexion en série constituant une macrocellule et/ou en parallèle, une cellule comprenant au moins une couche active, le module (1) ayant une surface active délimitée présentant un effet visuel défini par le contour et l'étendue surfacique de la surface active délimitée, certaines des cellules ayant des matériaux constitutifs de spectres d'absorption et/ou des contours (16a) et/ou des étendues surfaciques (16) différents, les matériaux constitutifs, les contours et les étendues surfaciques des cellules, le schéma de connexion électrique (7) et les matériaux de connexion électrique, sont déterminés de sorte que les performances électriques de cellules soient identiques ou, les contours (16a) et les étendues surfaciques (16) des cellules sont déterminés de sorte que les cellules juxtaposées emplissent la surface active délimitée, au moins une partie des couches des cellules, dont la couche active sont déposées par la technique d'impression jet d'encre, et les matériaux constitutifs de ces couches ont une composition apte à une impression jet d'encre, de sorte que la performance énergétique du module photovoltaïque (1) n'est pas affectée.

MODULE PHOTOVOLTAÏQUE ET SON PROCEDE DE REALISATION

L'invention est relative aux modules photovoltaïques et elle a plus spécialement pour objet, d'une part, un module photovoltaïque et, d'autre part, un procédé de réalisation d'un tel module photovoltaïque.

5

Les modules photovoltaïques sont bien connus et comprennent un substrat transparent ou translucide supportant une pluralité de cellules photovoltaïques juxtaposées et électriquement agencées en série et/ou en parallèle.

10

Il est connu de l'art antérieur différentes solutions visant à optimiser le rendement énergétique d'un module photovoltaïque.

15

Le document US 4 853 043 décrit un module photovoltaïque comportant un agencement circulaire autour d'un point sur un substrat dont les pertes de puissance dues aux électrodes du module sont diminuées par la création de zones de chevauchement entre des régions adjacentes du module. Toutefois ce document ne fournit pas de solution pour améliorer le rendement d'un module comprenant des cellules photovoltaïques ayant des performances électriques et/ou des dimensions différentes les unes des autres.

20

Il est également connu de l'art antérieur différentes solutions visant à optimiser le rendement énergétique d'un module photovoltaïque lorsqu'il comprend des cellules photovoltaïques ayant des performances électriques et/ou des dimensions différentes les unes des autres.

25

Selon le document WO-A1-2008/103293, pour pallier l'inconvénient que les performances des couches actives peuvent varier selon leur positionnement au sein des feuilles de matériaux semi-conducteurs, il est proposé de mesurer ces performances, en amont, afin d'adapter le dimensionnement et le positionnement des cellules photovoltaïques en fonction de ce paramètre. Ainsi, les cellules photovoltaïques présentent une largeur prédéterminée et une longueur ajustée en fonction de leurs performances de sorte que le courant de sortie soit optimisé.

30

Le document US 6 265 242 se rapporte à la fabrication d'un module photovoltaïque composé de plusieurs groupes de cellules photovoltaïques différentes, par suite d'une absence d'homogénéité dans leurs processus de fabrication et propose de minimiser les disparités entre les différents groupes de cellules photovoltaïques de sorte à en améliorer son rendement.

35

Ces réalisations imposent de procéder à un inventaire des différences entre les cellules photovoltaïques, ce qui peut s'avérer long et complexe. Elles sont aussi donc d'une mise en œuvre complexe dans le cadre d'un processus industriel.

40

Le plus souvent, le module photovoltaïque a une surface active de forme générale extérieure carrée ou rectangulaire ayant un aspect visuel de matrice monochrome de lignes et de colonnes de cellules.

45

Mais il est également connu de l'art antérieur des modules photovoltaïques comportant plusieurs cellules photovoltaïques de couleurs ou de formes différentes. L'on peut se référer aux documents WO 2010/003102, JP-A-2002/198553 et JP-A-6037343. Toutefois, ces documents ne fournissent pas de solution pour améliorer le rendement de ces modules malgré la variété de cellules photovoltaïques utilisées.

Il est également connu de l'art antérieur, et plus spécialement du document EP-A-1672653, une cellule photovoltaïque présentant une apparence visuelle lui permettant de se fondre dans son environnement, par exemple lorsque la cellule photovoltaïque est agencée sur un vêtement de camouflage militaire. Pour ce faire, il est proposé de réaliser une cellule photovoltaïque présentant une couche active disposée entre deux électrodes, formée à partir de plusieurs compositions distinctes de polymères et agencée de manière à former un motif spécifique, en l'espèce un motif de camouflage. Une telle réalisation a pour inconvénient, là encore, d'être complexe à réaliser puisqu'il convient d'agencer, au sein d'une seule et unique couche active et selon un motif spécifique, une pluralité de compositions différentes. En outre, les performances électriques d'une telle cellule photovoltaïque ne sont pas optimisées.

Il est également connu de l'art antérieur le document US 2010/167458 qui se rapporte à un module photovoltaïque adapté pour se substituer aux surfaces vitrées de bâtiments. Dans cette optique, le document US 2010/167458 propose de séparer une pluralité d'électrodes distales du module photovoltaïque par des canaux de séparation et de former sur la pluralité d'électrodes distales des portions de transmission de la lumière. Les portions de transmission de la lumière peuvent être agencées selon une matrice de lignes et de colonnes ou selon un motif particulier. Toutefois, ce document ne fournit pas de solution pour améliorer le rendement de modules comportant une pluralité de compositions différentes.

Il est également connu de l'art antérieur des cellules photovoltaïques présentant des motifs spécifiques et prédéterminés. L'on peut se référer aux documents EP-A-0855726, WO2010/067366, JP-A-58063180, JP-A-63213977, KR-A-2011/048724, WO-A2-2010/008603 et JP-A-2001/168357. Cependant, pour des raisons similaires, ces réalisations sont complexes à réaliser et n'assurent pas un rendement optimal.

Il est également connu du document WO2010/010254 la réalisation d'un module photovoltaïque présentant des cellules photovoltaïques ayant la forme de triangles isocèles et des cellules photovoltaïques ayant la forme de triangles rectangles. Ces différentes cellules photovoltaïques, choisies pour leurs performances électriques élémentaires, sont agencées les unes par rapport aux autres dans le but de réaliser un module photovoltaïque de forme rectangulaire, en limitant les pertes de place. Toutefois, une telle réalisation a pour inconvénient d'utiliser deux types de cellules photovoltaïques dont les performances électriques sont disparates. Dès lors, le rendement général du module photovoltaïque n'est pas optimum.

Il est également connu de l'état de l'art de faire application de la technique d'impression par jet d'encre dans le contexte de modules photovoltaïques ou de produits analogues. L'on peut se référer au document US-A-2009/162968 qui prévoit d'appliquer un revêtement d'ablation avec une imprimante à jet d'encre pour former des zones translucides et des lignes de séparation translucides. Quant au document KR-A-2007/0015586, il se rapporte à des formulations pour des dispositifs électro-optiques ou électroniques, notamment des dispositifs photovoltaïques par impression à jet d'encre. L'on peut également se référer aux documents US 6518087, US-A-2010/0197072, US-A-20080261173, et US-A-2012/0015472.

Le but de l'invention est de procurer un module photovoltaïque de surface délimitée présentant un effet visuel final voulu autre qu'une matrice monochrome de lignes et de colonnes sans que sa performance énergétique en soit affectée. Un tel module photovoltaïque, dont la surface délimitée peut être quelconque, offre un effet visuel final voulu qui soit varié, attractif, décoratif ou utilitaire.

À cet effet, et selon un premier aspect, l'invention a pour objet un module photovoltaïque comprenant un substrat transparent ou translucide, supportant une pluralité de cellules photovoltaïques juxtaposées selon un agencement, une cellule photovoltaïque comprenant au moins une couche active interposée entre deux couches d'électrode avec des couches d'interface, connectées électriquement par des connexions électriques en couches, formées à partir de matériaux de connexion électrique, avec schéma de connexion en série constituant une macrocellule et/ou en parallèle, dans lequel, en combinaison :

- le module photovoltaïque ayant une surface active délimitée présente un effet visuel final autre qu'une matrice monochrome de lignes et de colonnes qui est défini par :

- le contour et l'étendue surfacique de ladite surface active délimitée,
- l'agencement des cellules photovoltaïques les unes par rapport aux autres selon un aspect visuel qui, d'une part, est autre qu'une matrice de lignes et de colonnes et, d'autre part, est analogue audit effet visuel final,
- certaines des cellules photovoltaïques ayant des matériaux constitutifs de spectres d'absorption différents de ceux d'autres cellules et/ou ayant des contours différents de ceux d'autres cellules et/ou ayant des étendues surfaciques différentes de celles d'autres cellules,

- les matériaux constitutifs, les contours et les étendues surfaciques des cellules de ladite pluralité de cellules, le schéma de connexion électrique et les matériaux de connexion électrique, sont déterminés et combinés de sorte que les performances électriques – intensité – de toutes les cellules en série dans une macrocellule soient *in fine* identiques et les performances électriques – tension – de toutes les cellules ou macrocellules agencées en parallèles soient *in fine* identiques, de sorte que la performance énergétique du module photovoltaïque n'est pas affectée par le fait que les cellules photovoltaïques (6) sont différentes,

- les contours et les étendues surfaciques des cellules de ladite pluralité de cellules sont déterminés de sorte que les cellules juxtaposées de ladite pluralité de cellules emplissent ladite surface active délimitée et que ladite surface active soit délimitée par des cellules de ladite pluralité de cellules,

- au moins une partie des couches constitutives d'au moins une partie des cellules photovoltaïques de la pluralité de cellules et le cas échéant des couches de connexions électriques sont déposées par la technique d'impression jet d'encre,

- et les matériaux constitutifs desdites couches, déposées par la technique d'impression jet d'encre, ont une composition choisie apte à une impression au moyen d'une imprimante jet d'encre numérique.

C'est ainsi que le module photovoltaïque, de surface délimitée, présente un effet visuel final autre qu'une matrice monochrome de lignes et de colonnes sans que sa performance énergétique en soit affectée.

Selon une réalisation, les cellules photovoltaïques de ladite pluralité de cellules ont une architecture simple, ou multiple, tel qu'avec des cellules tandem, ou comprenant pour partie une architecture simple et pour partie une architecture multiple.

Selon une réalisation, ladite surface active délimitée est de forme simple ou complexe, continue ou discontinue, pleine ou annulaire, massive ou déliée, régulière ou irrégulière, avec des limites qui peuvent être rectilignes et/ou curvilignes, irrégulières et même tourmentées.

Selon une réalisation, le matériau constitutif de la couche active d'une cellule photovoltaïque est coloré, et/ou un pigment est ajouté dans une des autres couches de la cellule, ou une couche optiquement filtrante est ajoutée à la cellule, de sorte que certaines des cellules photovoltaïques ont des matériaux constitutifs de spectres d'absorption différents de ceux d'autres cellules.

Selon une réalisation, le contour d'une cellule photovoltaïque est choisi dans une banque de contours comprenant les formes carrées, rectangulaires, triangulaires, circulaires, ellipsoïdal, polygonales droites ou curvilignes et arrondies de contour plus ou moins simple ou tourmenté, de sorte que certaines des cellules photovoltaïques ont des contours différents de ceux d'autres cellules.

Selon les réalisations, pour au moins une partie des cellules photovoltaïques de la pluralité de cellules, au moins la couche active et/ou au moins la couche d'interface distale et/ou au moins la couche d'électrode distale est déposée par la technique d'impression jet d'encre.

Selon les réalisations, pour au moins une partie des cellules photovoltaïques de la pluralité de cellules, la couche active, la couche d'interface distale et la couche d'électrode distale sont toutes déposées par la technique d'impression jet d'encre.

Selon les réalisations, pour toutes les cellules photovoltaïques de la pluralité de cellules, au moins la couche active et/ou au moins la couche d'interface distale et/ou au moins la couche d'électrode distale est déposée par la technique d'impression jet d'encre, en particulier, la couche active, la couche d'interface distale et la couche d'électrode distale sont toutes déposées par la technique d'impression jet d'encre.

Selon les réalisations, pour au moins une partie des cellules photovoltaïques de la pluralité de cellules, en particulier pour toutes les cellules photovoltaïques, au moins la couche d'interface proximale et/ou au moins la couche d'électrode proximale est déposée par la technique d'impression jet d'encre, en particulier, la couche d'interface proximale et la couche d'électrode proximale sont toutes déposées par la technique d'impression jet d'encre.

Selon les réalisations, pour au moins une partie des cellules photovoltaïques de la pluralité de cellules, en particulier pour toutes les cellules photovoltaïques, au moins les couches de connexions électriques sont déposées par la technique d'impression jet d'encre.

Selon une réalisation, pour au moins une partie des cellules photovoltaïques de la pluralité de cellules, toutes les couches constitutives, et le cas échéant toutes les couches de connexions électriques sont déposées par la technique d'impression jet d'encre. En particulier pour toutes les cellules photovoltaïques, toutes les couches constitutives, et le cas échéant toutes les couches de connexions électriques sont déposées par la technique d'impression jet d'encre.

Selon une réalisation, les matériaux constitutifs des couches déposées par la technique d'impression jet d'encre sont formulés en encre avec présence d'un solvant.

Selon une réalisation, le module photovoltaïque est disposé à l'intérieur de, protégé à l'extérieur par, ou encapsulé dans une enveloppe résistant à l'humidité, à l'oxygène et aux rayons ultraviolets, en particulier en ou comprenant un matériau barrière résistant à l'humidité, à l'oxygène et aux rayons ultraviolets. En particulier, ce matériau barrière est choisi dans le groupe comprenant les matériaux barrières monocouche ou multicouche, organiques ou inorganiques, en particulier des matériaux de type vernis ou polymères.

Selon une réalisation, l'agencement des cellules photovoltaïques, le schéma de connexion électrique des cellules et les matériaux de connexion électrique, les matériaux constitutifs des cellules, leurs contours et leurs étendues surfaciques sont choisis dans des banques existantes de ceux-ci par un logiciel d'optimisation à partir de la surface active délimitée, de l'effet visuel final fixés, des caractéristiques électriques fixées et de l'exigence que les performances électriques – intensité – de cellules en série dans une macrocellule soient *in fine* identiques et les performances électriques – tension – de cellules ou de macrocellules agencées en parallèles soient *in fine* identiques .

Selon une réalisation, la banque de cellules photovoltaïques comprend des cellules photovoltaïques dont l'étendue surfacique est comprise entre 0,1 cm² et 500 cm².

Selon un second aspect, l'invention a pour objet un procédé de réalisation d'un module photovoltaïque tel qu'il vient d'être décrit.

Selon le procédé :

- on a à disposition une imprimante jet d'encre numérique,
- on a à disposition les informations relatives la surface active délimitée, à l'effet visuel final voulu et aux performances électriques du module,
- on met en œuvre un logiciel d'optimisation de sorte à choisir l'agencement des cellules, le schéma de connexion électrique des cellules et les matériaux de connexion électrique, les matériaux constitutifs des cellules, les contours et les étendues surfaciques des cellules dans des banques existantes de ceux-ci,
- on a à disposition un substrat transparent ou translucide,
- on a à disposition les matériaux constitutifs des cellules de la banque de matériaux et les matériaux de connexion électrique, dont au moins une partie a une composition choisie apte à une impression au moyen d'une imprimante jet d'encre numérique,
- on règle l'imprimante jet d'encre numérique en fonction des paramètres d'impression précédemment déterminés,
- et on imprime sur le substrat, par la technique d'impression jet d'encre, au moins une partie des couches constitutives d'au moins une partie des cellules photovoltaïques de la pluralité de cellules et le cas échéant des couches de connexions électriques, en matériaux ayant une composition choisie apte à une impression au moyen d'une imprimante jet d'encre numérique

Selon les réalisations, pour au moins une partie des cellules photovoltaïques de la pluralité de cellules, on imprime par la technique d'impression jet d'encre, au moins la couche active et/ou au moins la couche d'interface distale et/ou au moins la couche d'électrode distale.

Selon les réalisations, pour au moins une partie des cellules photovoltaïques de la pluralité de cellules, on imprime par la technique d'impression jet d'encre, la couche active, la couche d'interface distale et la couche d'électrode distale.

Selon les réalisations, on imprime par la technique d'impression jet d'encre, pour toutes les cellules photovoltaïques de la pluralité de cellules, au moins la couche active et/ou au moins la couche d'interface distale et/ou au moins la couche d'électrode distale, en particulier on imprime par la technique d'impression jet d'encre la couche active, la couche d'interface distale et la couche d'électrode distale.

Selon les réalisations, on imprime par la technique d'impression jet d'encre, pour au moins une partie des cellules photovoltaïques de la pluralité de cellules, en particulier pour toutes les cellules photovoltaïques, au moins la couche d'interface proximale et/ou au moins la couche d'électrode proximale, et en particulier, la couche d'interface proximale et la couche d'électrode proximale.

5

Selon les réalisations, on imprime par la technique d'impression jet d'encre, pour au moins une partie des cellules photovoltaïques de la pluralité de cellules, en particulier pour toutes les cellules photovoltaïques, au moins les couches de connexions électriques.

10

Selon les réalisations, on imprime par la technique d'impression jet d'encre, pour au moins une partie des cellules photovoltaïques de la pluralité de cellules, en particulier pour toutes les cellules photovoltaïques, toutes les couches constitutives, et le cas échéant toutes les couches de connexions électriques.

15

Selon une réalisation, le procédé comprend une étape finale consistant à disposer le module photovoltaïque à l'intérieur de, à protéger le module photovoltaïque à l'extérieur par, ou à encapsuler le module photovoltaïque dans une enveloppe résistant à l'humidité, à l'oxygène et aux rayons ultraviolets, en particulier en ou comprenant un matériau barrière résistant à l'humidité, à l'oxygène et aux rayons ultraviolets. En particulier, cette étape finale est réalisée par une technique telle que l'ALD (Atomic Layer Deposition), l'impression et en particulier la sérigraphie, la CVD (Chemical Vapour Deposition), la PVD (Physical Vapour Deposition), la lamination, ou analogue.

20

L'invention est maintenant décrite en référence à plusieurs exemples particuliers et les figures annexées suivantes, auxquelles l'on se réfère expressément en tant que besoin, notamment en relation avec des caractéristiques de forme :

25

▪ La figure 1 est une vue schématique, en élévation, d'une réalisation possible donnée à titre purement indicatif, d'un module photovoltaïque selon l'invention ayant une surface active complexe en forme générale de pseudo-anneau, avec une limite externe partiellement rectiligne et partiellement curviligne et une limite interne ellipsoïdale, comprenant ici treize cellules photovoltaïques juxtaposées présentant un effet visuel final différent de celui d'une matrice de lignes et de colonnes, certaines des cellules photovoltaïques ayant des contours différents de ceux d'autres et certaines des cellules photovoltaïques ayant des étendues surfaciques différentes de celles d'autres, les contours et les étendues surfaciques des treize cellules photovoltaïques étant tels qu'elles emplissent la surface active et que la surface active soit délimitée par ces treize cellules, alors que les performances électriques des cellules photovoltaïques soient identiques.

30

▪ La figure 2 est une vue schématique, en élévation, d'une autre réalisation possible donnée à titre purement indicatif, d'un module photovoltaïque selon l'invention ayant une surface active rectangulaire présentant un effet visuel final voulu d'une combinaison d'un grand rectangle et d'un petit rectangle juxtaposés de deux couleurs différentes (représentées par convention en gris foncé et en gris clair), les cellules photovoltaïques formant le grand rectangle et le petit rectangle ayant respectivement des matériaux constitutifs selon deux spectres d'absorption différents en correspondance avec les deux couleurs.

35

40

▪ La figure 3 est une vue schématique, en élévation, du module photovoltaïque de la figure 2, illustrant les cellules photovoltaïques formant le grand rectangle et le petit rectangle de deux couleurs différentes, à savoir vingt cellules photovoltaïques disposées selon un schéma de connexion électrique en série pour le grand rectangle de sorte à former une macrocellule photovoltaïque, vingt-quatre cellules photovoltaïques disposées selon un schéma de connexion électrique en série pour le petit rectangle de sorte à former une autre macrocellule photovoltaïque, et les deux macrocellules photovoltaïques étant disposées selon un schéma de

45

connexion électrique en parallèle, les cellules photovoltaïques pour le grand rectangle ayant des étendues surfaciques différentes de celles des cellules photovoltaïques pour le petit rectangle, de sorte que les performances électriques des cellules photovoltaïques en série, en termes d'intensité, soient identiques et que les performances électriques des cellules photovoltaïques en parallèle, en termes de tension, soient identiques .

- 5 ▪ La figure 4 illustre l'intérêt de l'invention en termes d'obtention d'un effet visuel final voulu attractif, décoratif ou utilitaire. Ici, selon une réalisation possible donnée à titre purement indicatif, le module photovoltaïque selon l'invention a une surface active qui représente schématiquement un véhicule automobile et comporte trois couleurs (représentées par convention en gris foncé, en gris moyen et en gris clair).
- 10 ▪ Les figures 5A et 5B sont deux vues en coupe transversale analogues, représentant de façon schématique, respectivement, une cellule photovoltaïque d'architecture simple et une cellule photovoltaïque d'architecture multiple, ici une cellule tandem.
- 15 ▪ La figure 6 est une vue schématique, en élévation, illustrant la structure d'une macrocellule comprenant ici huit cellules en série.
- 15 ▪ La figure 7 est une vue schématique, en coupe transversale, partielle, de la figure 6 selon la ligne VI-VI.
- 15 ▪ La figure 8 est une vue schématique, en élévation, illustrant un module photovoltaïque comprenant six macrocellules, chacune de huit cellules photovoltaïques.
- 15 ▪ La figure 9 est une vue schématique en coupe transversale illustrant l'encapsulation d'un module photovoltaïque.

- 20 Un module photovoltaïque 1 selon l'invention est, comme tout module photovoltaïque, un générateur électrique de courant continu lorsqu'il est exposé à la lumière, comportant deux bornes électriques de sortie 2a, 2b. Mais, contrairement aux modules photovoltaïques connus, le module photovoltaïque 1 selon l'invention a une surface active délimitée 3 qui présente un effet visuel final voulu autre qu'une simple matrice monochrome de lignes et de colonnes. Et, non seulement la surface active délimitée 3 peut être de forme quelconque, mais elle peut, en
- 25 combinaison, offrir un effet visuel final voulu varié, attractif, décoratif ou utilitaire, par exemple dans un but ornemental, informatif, de communication, ou dans le but de s'intégrer à l'environnement dans lequel il se trouve (notamment de son support) de sorte à s'y fondre visuellement ou au contraire de s'en distinguer visuellement.

- 30 Par « surface active », l'on entend l'étendue 3a du module photovoltaïque 1 où celui-ci participe à la fonction de générateur électrique de courant continu. Cette surface active est « délimitée » au sens où elle est déterminée par une ou plusieurs lignes 3b, définies, fermées sur elles-mêmes, et qui en constituent ses limites. C'est ainsi qu'il faut comprendre l'expression « surface active délimitée », référencée 3.

- 35 Bien entendu, le module photovoltaïque 1 peut s'étendre au-delà de la surface active délimitée 3, par exemple pour des raisons constructives ou pour permettre sa fixation, ou pour la raison que la surface active délimitée 3 est discontinue ou présente une forme générale annulaire (ou pseudo annulaire) laissant une zone médiane non active au sens où cela a été précédemment défini.

- 40 La surface active délimitée 3, d'étendue 3a, peut être de forme simple ou complexe, continue ou discontinue, pleine ou annulaire (ou pseudo annulaire), massive ou déliée, régulière ou irrégulière. Les limites 3b de la surface active délimitée 3 peuvent être rectilignes et/ou curvilignes, le cas échéant irrégulières et même tourmentées.

- 45 Dans la réalisation de la figure 1, la surface active délimitée 3 a une forme générale de pseudo-anneau, entre une limite extérieure 3ba et une limite intérieure 3bb. La limite extérieure 3ba comporte trois segments rectilignes 4a formant un U et un segment curviligne 4b avec point d'inflexion, fermant le U. La limite intérieure 3bb a une forme

ellipsoïdale. Bien entendu, cette réalisation n'est donnée qu'à titre purement indicatif et vise à illustrer que la surface active délimitée 3 peut avoir une forme complexe, bien différente de la forme carrée ou rectangulaire de la plupart des modules photovoltaïques de l'état de la technique connu.

- 5 Dans la réalisation de la figure 2, la surface active délimitée 3 a une forme générale rectangulaire, la limite extérieure 3bc étant formée de quatre segments rectilignes 4c.

Dans la réalisation de la figure 4, la surface active délimitée 3 a une forme qui représente schématiquement un véhicule automobile. Elle comporte une limite extérieure 3bd qui schématise le contour extérieur du véhicule et
10 une limite intérieure 3be qui schématise les parties vitrées du véhicule. Ici, la limite extérieure 3bd comporte des segments rectilignes 4d et des segments curvilignes 4e, tandis que la limite intérieure 3be a une forme générale rectangulaire et comporte des segments rectilignes 4f. Bien entendu, cette réalisation n'est donnée qu'à titre purement indicatif et vise à illustrer que la surface active délimitée 3 peut avoir une forme procurant un effet visuel final voulu recherché, ici la représentation d'un véhicule automobile.

15 La taille de la surface active délimitée 3 peut être quelconque, en fonction des besoins et contraintes.

Selon l'invention, l'effet visuel final voulu autre qu'une simple matrice monochrome de lignes et de colonnes dont il a été question précédemment, est obtenu alors que la performance énergétique du module photovoltaïque 1
20 n'est pas affectée.

Le module photovoltaïque 1 comprend, comme il est généralement connu de l'homme du métier, un substrat 5, transparent ou translucide, typiquement en forme de couche ou de plaque.

25 Selon les réalisations, le substrat 5 est rigide ou flexible. Il est plan ou incurvé.

Selon les réalisations, le substrat 5 est autoportant ou associé de façon fixe ou amovible à une structure portante d'une construction fixe (telle qu'une installation à demeure ou un bâtiment) ou d'une construction mobile (telle qu'un véhicule ou un dispositif en mouvement) ou à des objets, appareils, dispositifs, machines à usage personnel ou collectif (vêtements, tentes, équipements de communication...) ou à des structures portables. Par
30 exemple, une structure portante peut être un profilé, un cadre, une paroi, des plots, un carter, cette liste, non limitative, n'étant donnée qu'à titre illustratif.

Comme il est généralement connu de l'homme du métier, sur l'une de ses faces 5a, le substrat 5 supporte de façon fixe et rigide une certaine pluralité donnée de cellules photovoltaïques 6 en couches superposées formées
35 à partir de matériaux constitutifs appropriés. Par « supporter de façon fixe et rigide », il faut comprendre que les cellules photovoltaïques 6 sont associées de façon solidaire et inamovible à la face 5a du substrat 5.

Sur la face 5a du substrat 5, les cellules photovoltaïques 6 sont juxtaposées les unes aux autres selon un certain agencement. L'on entend par là que les cellules photovoltaïques 6 sont disposées les unes par rapport aux
40 autres dans un certain ordre ou une certaine disposition.

Comme il est généralement connu de l'homme du métier, les cellules photovoltaïques 6 sont par ailleurs connectées électriquement les unes aux autres par des connexions électriques 7 en couches formées à partir de matériaux de connexion électrique.

45

Deux ou un plus grand nombre de cellules photovoltaïques 6 peuvent être connectées électriquement par des connexions électriques 7a avec un schéma de connexion électrique en série. Elles constituent alors ensemble ce qui est dénommé une macrocellule photovoltaïque 6a. Ainsi et par exemple, la figure 6 illustre une réalisation de macrocellule photovoltaïque 6a comprenant huit cellules photovoltaïques 6 connectées électriquement en série.

5

Deux ou un plus grand nombre de cellules photovoltaïques 6 (incluant éventuellement des macrocellules photovoltaïque 6a) peuvent être connectées électriquement par des connexions électriques 7b avec un schéma de connexion électrique en parallèle. Ainsi et par exemple, la figure 8 illustre une réalisation avec six macrocellules photovoltaïques 6a connectées électriquement en parallèle, chacune des six macrocellules photovoltaïque 6a étant conforme à la réalisation de la figure 6.

10

Bien entendu, ces réalisations ne sont données qu'à titre purement limitatif. En aucune manière elles ne sont limitatives.

15

En tout état de cause, les cellules photovoltaïques 6 (incluant éventuellement des macrocellules 6a) de la pluralité de cellules photovoltaïques 6 sont toutes connectées par des connexions électriques 7a et/ou 7b, avec un schéma de connexion respectivement en série et/ou en parallèle.

20

Par « schéma de connexion », l'on entend raccordement ou branchement électrique. Cette notion fait partie des connaissances générales de l'homme du métier. Des cellules photovoltaïques 6 en série sont placées les unes à la suite des autres et sont traversées par le même courant électrique. Elles forment alors une macrocellule photovoltaïque 6a, comme déjà indiqué. Pour des cellules photovoltaïques 6 en parallèle, elles ont la même tension aux bornes.

25

Le module photovoltaïque 1 représenté sur la figure 3 comporte deux macrocellules photovoltaïques 6aa et 6ab avec une connexion électrique en parallèle 7b, la macrocellule photovoltaïque 6aa comportant vingt cellules photovoltaïques 6c disposées selon un schéma de connexion électrique en série et la macrocellule photovoltaïque 6ab comprenant vingt-quatre cellules photovoltaïques 6d disposées selon un schéma de connexion électrique en série. Bien entendu, cette réalisation n'est donnée qu'à titre purement limitatif. En aucune manière elle n'est limitative.

30

Selon les réalisations, une cellule photovoltaïque 6 est d'architecture simple (voir figure 5A) ou est d'architecture multiple, tel que cela est le cas avec une cellule tandem 6b (voir figure 5B). Ainsi, les cellules photovoltaïques 6 de la pluralité de cellules photovoltaïques 6 ont une architecture simple, ou multiple, ou pour partie simple et pour partie multiple.

35

Comme il est généralement connu de l'homme du métier, et comme il est illustré de façon purement schématique par la figure 5A, une cellule photovoltaïque 6, ici d'architecture simple, et les connexions électriques 7 associées, sont formées ou constituées de plusieurs couches minces superposées formées à partir de matériaux constitutifs appropriés, à savoir de matériaux constitutifs de cellules photovoltaïques 6 et de matériaux constitutifs de connexions électriques 7, l'ensemble de ces couches étant supporté de façon fixe et rigide par le substrat 5 du côté de sa face 5a et s'étendant parallèlement à cette face 5a, au moins.

40

Sur la face 5a du substrat 5 est supportée de façon fixe et rigide une couche 8 formant une première électrode ou électrode proximale, conductrice de l'électricité.

45

Sur la face de la couche 8 opposée au substrat 5 est supportée de façon fixe et rigide une couche 9 formant une première interface ou interface proximale.

5 Sur la face de la couche 9 opposée à la couche 8 est supportée de façon fixe et rigide une couche 10 active.

Sur la face de la couche 10 opposée à la couche 9 est supportée de façon fixe et rigide une couche 11 formant une seconde interface ou interface distale.

10 Sur la face de la couche 11 opposée à la couche 10 est supportée de façon fixe et rigide une couche 12 formant une seconde électrode ou électrode distale, conductrice de l'électricité.

La couche 8 formant la première électrode ou électrode proximale et la couche 12 formant la seconde électrode ou électrode distale, sont organisées structurellement en fonction du schéma de connexion électrique. Par exemple, dans la réalisation de la figure 7, où la cellule photovoltaïque 6 est connectée électriquement à une cellule photovoltaïque adjacente en série, la couche 12 formant la seconde électrode ou électrode distale présente une extension de couche 13 disposée transversalement par rapport au substrat 5, dirigée vers la face 5a du substrat, et s'étendant jusqu'à celle-ci, de sorte qu'une extension de cette extension de couche 13 forme la première électrode ou électrode proximale de ladite cellule photovoltaïque adjacente en série, tout en étant
15 séparée de la première électrode ou électrode proximale de ladite cellule photovoltaïque 6 par la première interface ou interface proximale 9.

Comme il est illustré de façon purement schématique par la figure 5B, une cellule photovoltaïque tandem 6a et les connexions électriques 7 associées, présente une structure dérivée de celle décrite en référence à la figure 5A pour une cellule photovoltaïque simple 6. Il est prévu une couche 8 formant une première électrode ou électrode proximale, une couche 9 formant première interface ou interface proximale, une première couche active 10a, une couche 14 formant deuxième interface ou interface intermédiaire, une seconde couche active 10b, une couche 15 formant troisième interface ou interface distale et enfin une couche 12 formant seconde électrode ou électrode distale.

30 La technique des cellules photovoltaïques fait partie des connaissances générales de l'homme du métier ou lui est aisément accessible et pour cette raison, il n'y a pas lieu de la décrire davantage. Ainsi, une cellule comprend au moins une couche active 10, 10a, 10b, interposée entre deux couches d'électrode 8, 12, avec des couches d'interface 9, 11, 14, 15, comme il vient d'être décrit.

35 Chaque cellule photovoltaïque 6, 6a a une certaine surface 16 s'étendant parallèlement à la face 5a du substrat 5. Cette surface est d'une certaine étendue (aire) et elle est délimitée, c'est-à-dire déterminée par une ou plusieurs lignes, définies, fermées sur elles-mêmes, et qui en constituent ses limites 16a.

40 Dans la réalisation de la figure 1, sept cellules photovoltaïques 17a situées vers la limite extérieure 3ba du module photovoltaïque 1 sont de forme rectangulaire, leurs limites 16a étant des rectangles. Quatre cellules photovoltaïques 17b situées vers la limite intérieure 3bb du module photovoltaïque 1 sont de forme triangulaire curviligne, leurs limites 16a étant des triangles rectangles curvilignes. Deux cellules photovoltaïques 17c situées vers la limite extérieure 3ba du module photovoltaïque 1 sont de forme pseudo rectangulaire, leurs limites 16a
45 étant des pseudos rectangles avec un bord incurvé.

Dans la réalisation de la figure 2, chacune des vingt cellules photovoltaïques 6c de la macrocellule photovoltaïque 6aa et chacune des vingt-quatre cellules photovoltaïques 6d de la macrocellule photovoltaïque 6ab est de forme rectangulaire, ses limites 16a étant un rectangle. Mais, chacune des cellules photovoltaïques 6c, identiques entre elles, est plus longue et plus large que chacune des vingt-quatre cellules photovoltaïques 6d, identiques entre elles.

Dans la réalisation de la figure 4, il est prévu vingt-deux cellules photovoltaïques 18a de forme carrée, quatre cellules photovoltaïques 18b de forme triangulaire rectangle, deux cellules photovoltaïques 18c de forme semi-circulaire et quatre cellules photovoltaïques 18d en forme de quart de cercle.

Bien entendu, ces réalisations ne sont données qu'à titre purement limitatif. En aucune manière elles ne sont limitatives. Elles visent à montrer que les cellules photovoltaïques 6 d'un module photovoltaïque 1 selon l'invention peuvent avoir des surfaces 16 de forme simple ou complexe, massive ou déliée, régulière ou irrégulière, dont l'étendue (aire) est plus ou moins grande, par exemple pouvant être comprise entre 0,1 cm² et 500 cm², et dont les contours 16a, qui conditionnent leurs formes, peuvent être rectilignes et/ou curvilignes, le cas échéant irréguliers et même tourmentés.

Le module photovoltaïque 1 selon l'invention est tel que, en premier lieu, il a une surface active délimitée 3 présentant un effet visuel défini spécifique voulu qui est autre qu'une matrice monochrome de lignes et de colonnes, comme il a été déjà indiqué.

Cet effet visuel défini spécifique voulu est celui en adéquation avec le but recherché, à savoir d'être ornemental, informatif, de communication, ou afin de s'intégrer à l'environnement ou au contraire de s'en distinguer visuellement.

Cet effet visuel est qualifié « d'effet visuel final voulu » ou « d'effet visuel final ».

L'effet visuel final voulu est défini en premier lieu par le contour, c'est-à-dire les limites 3b, et l'étendue surfacique 3a de ladite surface active délimitée 3. C'est ce qui a été exposé par exemple en relation avec les modules photovoltaïques 1 des figures 1, 2 et 4.

L'effet visuel final voulu est défini en deuxième lieu par l'agencement des cellules photovoltaïques 6, 6a, les unes par rapport aux autres. Cet agencement correspond ou assure un aspect visuel qui à la fois est autre qu'une matrice de lignes et de colonnes et, précisément, est analogue à l'effet visuel final voulu.

L'effet visuel final voulu est défini en troisième lieu par le fait que certaines des cellules photovoltaïques 6, 6a ont des matériaux constitutifs des couches de spectres d'absorption différents de ceux d'autres cellules photovoltaïques 6, 6a. Par exemple, le matériau constitutif de la couche active 10, 10a, 10b d'une cellule photovoltaïque 6, 6a est coloré, et/ou un pigment est ajouté dans une (ou plusieurs) des autres couches 8, 9, 11, 12, 14, 15 de la cellule 6, 6a, ou une couche optiquement filtrante est ajoutée à la cellule 6, 6a.

De façon alternative ou cumulative, certaines des cellules photovoltaïques 6, 6a ont des contours 16a différents de ceux d'autres cellules photovoltaïques 6, 6a et/ou ont des étendues surfaciques 16 différentes de celles d'autres cellules photovoltaïques 6, 6a.

Ainsi, si l'on cherche, comme dans la réalisation de la figure 4, à ce que le module photovoltaïque 1 procure l'effet visuel final voulu d'un véhicule automobile, la surface active délimitée 3 a une forme qui représente schématiquement un tel véhicule automobile. Cette forme est obtenue en combinant plusieurs formes, à savoir, en l'espèce, vingt-deux formes carrées correspondant aux cellules photovoltaïques 18a, quatre formes triangulaires rectangles correspondant aux cellules photovoltaïques 18b, deux formes semi-circulaire correspondant aux cellules photovoltaïques 18c, et quatre formes de quart de cercle correspondant aux cellules photovoltaïques 18d. Ces formes (et cellules 18a, 18b, 18c et 18d) et l'arrangement de leur juxtaposition sont telles que la surface active délimitée 3 présente une limite extérieure 3bd qui schématise le contour extérieur du véhicule automobile, avec à la fois la carrosserie et les roues (cellules 18c et 18d), une limite intérieure 3be qui schématise les parties vitrées du véhicule automobile. De plus, il est possible de faire en sorte que la carrosserie du véhicule automobile soit d'une certaine couleur (ou de plusieurs couleurs), alors que les roues sont d'une autre couleur.

Le module photovoltaïque 1 selon l'invention est tel que, en deuxième lieu, les matériaux constitutifs, les contours 16a et les étendues surfaciques 16 des cellules photovoltaïques 6, 6a, le schéma de connexion électrique des cellules photovoltaïques 6, 6a et enfin les matériaux de connexion électrique des connexions électriques 7, sont déterminés et combinés de sorte que les performances électriques – à savoir l'intensité – de cellules 6 en série dans une macrocellule 6a soient *in fine* identiques et que les performances électriques – à savoir la tension – de cellules 6 ou de macrocellules 6a agencées en parallèles soient *in fine* identiques .

Par « identique », il faut comprendre ici, ainsi que dans ce qui précède et ce qui suit, être strictement identique ou sensiblement identique.

Le module photovoltaïque 1 selon l'invention est tel que, en troisième lieu, les matériaux constitutifs, les contours 16a et les étendues surfaciques 16 des cellules photovoltaïques 6, 6a sont déterminés de sorte que les cellules photovoltaïques 6, 6a juxtaposées du module photovoltaïque 1 emplissent sa surface active délimitée 3 et que cette surface active délimitée 3 soit, précisément, délimitée par des cellules 6, 6a de ladite pluralité de cellules photovoltaïques 6, 6a du module photovoltaïque 1.

Cette caractéristique est tout spécialement illustrée dans la réalisation de la figure 4, où les vingt-deux cellules photovoltaïques 18a, les quatre cellules photovoltaïques 18b, les deux cellules photovoltaïques 18c, et les quatre cellules photovoltaïques 18d emplissent la totalité de la surface active délimitée 3. D'autre part, la surface active délimitée 3 est limitée par des cellules, plus précisément par des parties de contour 16a de cellules 6, 6a adjacentes à la limite extérieure 3bd et à la limite intérieure 3be.

Ainsi, alors que les cellules photovoltaïques 6, 6a sont différentes de sorte à obtenir l'effet visuel final voulu, leurs dimensions, leurs géométries, leurs architectures et leurs matériaux constitutifs, ainsi que leurs schémas de connexion électrique et les matériaux de connexion électriques sont choisis et déterminés de sorte que les performances électriques des différentes cellules photovoltaïques 6, 6a sont *in fine* identiques, ce qui a pour effet que la performance énergétique du module photovoltaïque n'est pas affectée par le fait que les cellules sont différentes, ce qui serait au contraire le cas si les performances électriques des différentes cellules photovoltaïques étaient disparates, intensité pour des cellules photovoltaïques 6, 6a en série et tension pour les cellules photovoltaïques 6, 6a en parallèle.

Le module photovoltaïque 1 selon l'invention est tel que, en quatrième lieu, au moins une partie des couches constitutives d'au moins une partie des cellules photovoltaïques 6, 6a et le cas échéant des couches de connexions électriques 7 sont déposées par la technique d'impression jet d'encre.

5 En combinaison, les matériaux constitutifs des couches déposées par la technique d'impression jet d'encre sont choisis de sorte à avoir une composition qui, précisément, est apte à une impression au moyen d'une imprimante jet d'encre numérique. En particulier, ces matériaux destinés à être déposés par la technique d'impression jet d'encre sont formulés en encre avec présence d'un solvant.

10 L'emploi de la technique d'impression jet d'encre permet de réaliser avec une très grande précision des impressions de forme, étendue et contours ou limites très différents les uns des autres, et, comme il a été déjà exprimé, des formes, contours et limites aussi bien simples que complexes, massifs que déliés, réguliers qu'irréguliers, ainsi que des étendues (aires) est plus ou moins grandes.

15 La technique d'impression jet d'encre fait partie des connaissances générales de l'homme du métier ou lui est aisément accessible et pour cette raison, il n'y a pas lieu de la décrire davantage.

La mise en œuvre de la technique d'impression jet d'encre dans le contexte de l'invention peut faire l'objet de différentes réalisations.

20

Dans une réalisation, pour au moins une partie des cellules photovoltaïques 6, 6a du module photovoltaïque 1, au moins la couche active 10, 10a, 10b, et/ou au moins la couche d'interface distale 11 (ou la couche d'interface intermédiaire 14) et/ou au moins la couche d'électrode distale 12 est déposée par la technique d'impression jet d'encre. Plus précisément, et selon une réalisation particulière, pour au moins une partie des cellules photovoltaïques 6, 6a, la couche active 10, la couche d'interface distale 11 (ou intermédiaire 14) et la couche d'électrode distale 12 sont toutes déposées par la technique d'impression jet d'encre.

25

Selon une autre réalisation, pour toutes les cellules photovoltaïques 6, 6a du module photovoltaïque 1, au moins la couche active 10, 10a, 10b, et/ou au moins la couche d'interface distale 15 (ou la couche d'interface intermédiaire 14) et/ou au moins la couche d'électrode distale 12 est déposée par la technique d'impression jet d'encre.

30

Plus précisément, et selon une réalisation particulière, pour au moins une partie des cellules photovoltaïques 6, 6a, la couche active 10, 10a, 10b, la couche d'interface distale 15 (ou intermédiaire 14) et la couche d'électrode distale 12 sont toutes déposées par la technique d'impression jet d'encre.

35

Selon une autre réalisation, pour au moins une partie des cellules photovoltaïques 6, 6a du module photovoltaïque 1, au moins la couche d'interface proximale 9 et/ou au moins la couche d'électrode proximale 8 est déposée par la technique d'impression jet d'encre. Plus précisément, et selon une réalisation particulière, la couche d'interface proximale 9 et la couche d'électrode proximale 8 sont toutes déposées par la technique d'impression jet d'encre.

40

Plus généralement, selon une autre réalisation, pour toutes les cellules photovoltaïques 6, 6a du module photovoltaïque 1, au moins la couche d'interface proximale 9 et/ou au moins la couche d'électrode proximale 8 est déposée par la technique d'impression jet d'encre. Plus précisément, et selon une réalisation particulière, la couche d'interface proximale 9 et la couche d'électrode proximale 8 sont toutes déposées par la technique d'impression jet d'encre.

45

Egalement, selon une réalisation, pour au moins une partie des cellules photovoltaïques 6, 6a du module photovoltaïque 1, et en particulier pour toutes les cellules photovoltaïques 6, 6a, au moins les couches de connexions électriques 7 sont déposée par la technique d'impression jet d'encre.

5

Selon une possibilité, pour au moins une partie des cellules photovoltaïques 6, 6a du module photovoltaïque 1, toutes les couches constitutives, et le cas échéant toutes les couches de connexions électriques 7 sont déposées par la technique d'impression jet d'encre.

10

Enfin, dans une réalisation ultime, pour toutes les cellules photovoltaïques 6, 6a du module photovoltaïque 1, toutes les couches constitutives, et le cas échéant toutes les couches de connexions électriques 7 sont déposées par la technique d'impression jet d'encre.

15

Selon une variante de réalisation illustrée de façon schématique par la figure 9, le module photovoltaïque 1 selon l'invention est disposé à l'intérieur de, protégé à l'extérieur par, ou encapsulé dans une enveloppe 19 résistant à l'humidité, à l'oxygène et aux rayons ultraviolets, en particulier en ou comprenant un matériau barrière résistant à l'humidité, à l'oxygène et aux rayons ultraviolets, sans empêcher le fonctionnement de la cellule. Un tel matériau barrière peut être choisi dans le groupe comprenant les matériaux barrières monocouche ou multicouche, organiques ou inorganiques, en particulier des matériaux de type vernis ou polymères. Le cas échéant, l'enveloppe peut être réalisée en plusieurs parties solidarisées les unes aux autres, par exemple au moyen d'un adhésif adapté. Une telle enveloppe 19 permet, bien entendu, le passage des connexions électriques et le montage des bornes de sortie 2a, 2b, accessibles à l'extérieur de l'enveloppe 19.

20

25

La définition de l'agencement des cellules photovoltaïques 6, 6a du module photovoltaïque 1 selon l'invention, du schéma de connexion électrique des cellules photovoltaïques 6, 6a, des matériaux de connexion électrique, des matériaux constitutifs des cellules photovoltaïques 6, 6a, de leurs contours et de leurs étendues surfaciques sont déterminés au cas par cas en fonction des caractéristiques générales du module photovoltaïque 1 et des caractéristiques de l'effet visuel final voulu et ce, en mettant en œuvre un logiciel d'optimisation.

30

Le logiciel d'optimisation est associé à des banques existantes concernant l'agencement des cellules photovoltaïques 6, 6a, le schéma de connexion électrique, les matériaux de connexion électrique, les matériaux constitutifs des cellules photovoltaïques 6, 6a, leurs contours et leurs étendues surfaciques.

35

Par exemple, il est prévu une banque de contours comprenant les formes carrées, rectangulaires, triangulaires, circulaires, ellipsoïdes, polygonales droites ou curvilignes et arrondies de contour plus ou moins simple ou tourmenté. Et il est prévu une banque de cellules photovoltaïques 6 comprenant des cellules photovoltaïques 6 dont l'étendue surfacique 16 est comprise entre 0,1 cm² et 500 cm².

40

D'autre part, la mise en œuvre du logiciel d'optimisation implique de fixer la surface active délimitée souhaitée 3, l'effet visuel final voulu, les caractéristiques électriques fixées.

45

Le logiciel prend en compte la contrainte que les performances électriques – intensité – de cellules photovoltaïques en série dans une macrocellule doivent être *in fine* identiques et que les performances électriques – tension – de cellules ou de macrocellules agencées photovoltaïques en parallèles doivent être *in fine* identiques.

L'invention vise à la fois le module photovoltaïque 1 tel qu'il a été décrit et son procédé de réalisation.

Dans ce procédé :

- 5 ▪ on a à disposition une imprimante jet d'encre numérique,
- on a à disposition les informations relatives la surface active délimitée 3, à l'effet visuel final voulu et aux performances électriques du module photovoltaïque 1,
- on met en œuvre le logiciel d'optimisation qui a été précédemment présenté, de sorte à déterminer les paramètres d'impression, à savoir l'agencement des cellules photovoltaïques 6, 6a, le schéma de connexion électrique 7 des cellules photovoltaïques 6, 6a et les matériaux de connexion électrique 7, les matériaux constitutifs des cellules photovoltaïques 6, 6a, les contours et les étendues surfaciques des cellules photovoltaïques 6, 6a dans les banques existantes de ceux-ci,
- 10 ▪ on a à disposition un substrat 5 transparent ou translucide,
- on a à disposition les matériaux constitutifs des cellules photovoltaïques 6, 6a de la banque de matériaux et les matériaux de connexion électrique 7, dont au moins une partie a une composition choisie apte à une impression au moyen d'une imprimante jet d'encre numérique,
- 15 ▪ on règle l'imprimante jet d'encre numérique en fonction des paramètres d'impression précédemment déterminés,
- et on imprime sur le substrat 5, par la technique d'impression jet d'encre, au moins une partie des couches constitutives d'au moins une partie des cellules photovoltaïques 6, 6a du module photovoltaïque 1 et le cas échéant des couches de connexions électriques 7, en matériaux ayant une composition choisie apte à une impression au moyen d'une imprimante jet d'encre numérique.
- 20

Comme cela a été exposé précédemment, la mise en œuvre de la technique d'impression jet d'encre dans le contexte de l'invention peut faire l'objet de différentes réalisations. Et, bien entendu, le procédé est adapté en conséquence :

- Pour au moins une partie des cellules photovoltaïques 6, 6a, on imprime par la technique d'impression jet d'encre, au moins la couche active 10 et/ou au moins la couche d'interface distale 15 (ou la couche d'interface intermédiaire 14) et/ou au moins la couche d'électrode distale 12.
- 30 -
- Pour au moins une partie des cellules photovoltaïques 6, 6a, on imprime par la technique d'impression jet d'encre, la couche active 10, la couche d'interface distale 15 (ou intermédiaire 14) et la couche d'électrode distale 12.
- Pour toutes les cellules photovoltaïques 6, 6a, on imprime par la technique d'impression jet d'encre, au moins la couche active 10 et/ou au moins la couche d'interface distale 15 (ou la couche d'interface intermédiaire 14) et/ou au moins la couche d'électrode distale 12.
- 35 -
- Pour toutes les cellules photovoltaïques 6, 6a, on imprime par la technique d'impression jet d'encre, la couche active 10, la couche d'interface distale 15 (ou intermédiaire 14) et la couche d'électrode distale 12.
- Pour au moins une partie des cellules photovoltaïques 6, 6a, on imprime par la technique d'impression jet d'encre, au moins la couche d'interface proximale 9 et/ou au moins la couche d'électrode proximale 8.
- 40 -
- Pour au moins une partie des cellules photovoltaïques 6, 6a, on imprime par la technique d'impression jet d'encre, la couche d'interface proximale 9 et la couche d'électrode proximale 8.
- Pour toutes les cellules photovoltaïques 6, 6a, on imprime par la technique d'impression jet d'encre, au moins la couche d'interface proximale 9 et/ou au moins la couche d'électrode proximale 8.
- 45

- Pour toutes les cellules photovoltaïques 6, 6a, on imprime par la technique d'impression jet d'encre, la couche d'interface proximale 9 et la couche d'électrode proximale 8.
- Pour au moins une partie des cellules photovoltaïques 6, 6a, et en particulier pour toutes les cellules photovoltaïques 6, 6a, on imprime par la technique d'impression jet d'encre, au moins les couches de connexions électriques 7.

En particulier selon une possibilité, pour au moins une partie des cellules photovoltaïques 6, 6a, on imprime par la technique d'impression jet d'encre, toutes les couches constitutives, et le cas échéant toutes les couches de connexions électriques 7.

Enfin, dans une réalisation ultime, pour toutes les cellules photovoltaïques 6, 6a on imprime par la technique d'impression jet d'encre, toutes les couches constitutives, et le cas échéant toutes les couches de connexions électriques 7.

Selon une variante de réalisation, le procédé comprend une étape finale consistant à disposer le module photovoltaïque 1 à l'intérieur de, à protéger le module photovoltaïque 1 à l'extérieur par, ou à encapsuler le module photovoltaïque 1 dans une enveloppe 19 résistant à l'humidité, à l'oxygène et aux rayons ultraviolets, en particulier en ou comprenant un matériau barrière résistant à l'humidité, à l'oxygène et aux rayons ultraviolets. En particulier, cette étape finale est réalisée par une technique telle que l'ALD (Atomic Layer Deposition), l'impression et en particulier la sérigraphie, la CVD (Chemical Vapour Deposition), la PVD (Physical Vapour Deposition), la lamination, ou analogue.

REVENDEICATIONS

1. Module photovoltaïque (1) comprenant un substrat (5) transparent ou translucide, supportant une pluralité de cellules photovoltaïques (6) juxtaposées selon un agencement, une cellule photovoltaïque (6) comprenant au moins une couche active (10, 10a, 10b) interposée entre deux couches d'électrode (8, 12) avec des couches d'interface (9, 11, 14, 15), connectées électriquement par des connexions électriques (7) en couches, formées à partir de matériaux de connexion électrique, avec schéma de connexion en série constituant une macrocellule (6a) et/ou en parallèle, dans lequel, en combinaison :
- le module photovoltaïque (1) ayant une surface active délimitée (3) présente un effet visuel final autre qu'une matrice monochrome de lignes et de colonnes qui est défini par :
 - le contour et l'étendue surfacique de ladite surface active délimitée (3),
 - l'agencement des cellules photovoltaïques (6) les unes par rapport aux autres selon un aspect visuel qui, d'une part, est autre qu'une matrice de lignes et de colonnes et, d'autre part, est analogue audit effet visuel final,
 - certaines des cellules photovoltaïques (6) ayant des matériaux constitutifs de spectres d'absorption différents de ceux d'autres cellules et/ou ayant des contours (16a) différents de ceux d'autres cellules et/ou ayant des étendues surfaciques (16) différentes de celles d'autres cellules,
 - les matériaux constitutifs, les contours et les étendues surfaciques des cellules photovoltaïques (6) de ladite pluralité de cellules photovoltaïques, le schéma de connexion électrique (7) et les matériaux de connexion électrique, sont déterminés et combinés de sorte que les performances électriques – intensité – de toutes les cellules photovoltaïques (6) en série dans une macrocellule (6a) soient *in fine* identiques et les performances électriques – tension – de toutes les cellules photovoltaïques (6) ou macrocellule (6a) agencées en parallèles soient *in fine* identiques, de sorte que la performance énergétique du module photovoltaïque n'est pas affectée par le fait que les cellules photovoltaïques (6) sont différentes,
 - les contours (16a) et les étendues surfaciques (16) des cellules photovoltaïques (6, 6a) de ladite pluralité de cellules photovoltaïques sont déterminés de sorte que les cellules photovoltaïques (6, 6a) juxtaposées de ladite pluralité de cellules photovoltaïques emplissent ladite surface active délimitée (3) et que ladite surface active soit délimitée par des cellules photovoltaïques de ladite pluralité de cellules photovoltaïques (6, 6a),
 - au moins une partie des couches constitutives d'au moins une partie des cellules photovoltaïques (6) de la pluralité de cellules et le cas échéant des couches de connexions électriques (7) sont adaptées pour être déposées par la technique d'impression jet d'encre,
 - et les matériaux constitutifs desdites couches, déposées par la technique d'impression jet d'encre, ont une composition choisie apte à une impression au moyen d'une imprimante jet d'encre numérique,
- de sorte que ledit module photovoltaïque (1), de surface active délimitée (3), présente un effet visuel final autre qu'une matrice monochrome de lignes et de colonnes sans que sa performance énergétique en soit affectée.
2. Module photovoltaïque (1) selon la revendication 1, caractérisé par le fait que les cellules photovoltaïques (6) de ladite pluralité de cellules ont une architecture simple, ou multiple, tel qu'avec des cellules tandem (6b), ou comprenant pour partie une architecture simple et pour partie une architecture multiple.
3. Module photovoltaïque (1) selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé par le fait que ladite surface active délimitée (3) est de forme simple ou complexe, continue ou discontinue, pleine ou annulaire, massive ou déliée, régulière ou irrégulière, avec des limites qui peuvent être rectilignes et/ou curvilignes, irrégulières et même tourmentées.

4. Module photovoltaïque (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait que le matériau constitutif de la couche active d'une cellule photovoltaïque (6) est coloré, et/ou un pigment est ajouté dans une des autres couches de la cellule (6), ou une couche optiquement filtrante est ajoutée à la cellule (6), de sorte que certaines des cellules photovoltaïques (6) ont des matériaux constitutifs de spectres d'absorption différents de ceux d'autres cellules (6).
5. Module photovoltaïque (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé par le fait que le contour (16a) d'une cellule photovoltaïque (6) est choisi dans une banque de contours comprenant les formes carrées, rectangulaires, triangulaires, circulaires, ellipsoïdal, polygonales droites ou curvilignes et arrondies de contour plus ou moins simple ou tourmenté, de sorte que certaines des cellules photovoltaïques (6) ont des contours différents de ceux d'autres cellules (6).
6. Module photovoltaïque (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait que pour au moins une partie des cellules photovoltaïques (6) de la pluralité de cellules, au moins la couche active (10, 10a, 10b) et/ou au moins la couche d'interface distale (11) et/ou au moins la couche d'électrode distale (12) est déposée par la technique d'impression jet d'encre.
7. Module photovoltaïque (1) selon la revendication 6, caractérisé par le fait que pour au moins une partie des cellules photovoltaïques (6) de la pluralité de cellules, la couche active (10, 10a, 10b), la couche d'interface distale (11) et la couche d'électrode distale (12) sont toutes déposées par la technique d'impression jet d'encre.
8. Module photovoltaïque (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé par le fait que pour toutes les cellules photovoltaïques (6) de la pluralité de cellules, au moins la couche active (10, 10a, 10b) et/ou au moins la couche d'interface distale (11) et/ou au moins la couche d'électrode distale (12) est déposée par la technique d'impression jet d'encre, en particulier, la couche active (10, 10a, 10b), la couche d'interface distale (11) et la couche d'électrode distale (12) sont toutes déposées par la technique d'impression jet d'encre.
9. Module photovoltaïque (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé par le fait que pour au moins une partie des cellules photovoltaïques (6) de la pluralité de cellules, en particulier pour toutes les cellules photovoltaïques (6), au moins la couche d'interface proximale (9) et/ou au moins la couche d'électrode proximale est déposée par la technique d'impression jet d'encre, en particulier, la couche d'interface proximale (9) et la couche d'électrode proximale sont toutes déposées par la technique d'impression jet d'encre.
10. Module photovoltaïque (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé par le fait que pour au moins une partie des cellules photovoltaïques (6) de la pluralité de cellules, en particulier pour toutes les cellules photovoltaïques (6), au moins les couches de connexions électriques (7) sont déposées par la technique d'impression jet d'encre.
11. Module photovoltaïque (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé par le fait que pour au moins une partie des cellules photovoltaïques (6) de la pluralité de cellules, en particulier pour toutes les cellules photovoltaïques (6), toutes les couches constitutives, et le cas échéant toutes les couches de connexions électriques (7) sont déposées par la technique d'impression jet d'encre.

12. Module photovoltaïque (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé par le fait que les matériaux constitutifs des couches déposées par la technique d'impression jet d'encre sont formulés en encre avec présence d'un solvant.

5 13. Module photovoltaïque (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé par le fait qu'il est disposé à l'intérieur de, protégé à l'extérieur par, ou encapsulé dans une enveloppe (19) résistant à l'humidité, à l'oxygène et aux rayons ultraviolets, en particulier en ou comprenant un matériau barrière résistant à l'humidité, à l'oxygène et aux rayons ultraviolets.

10 14. Module photovoltaïque (1) selon la revendication 13, caractérisé par le fait qu'un matériau barrière résistant à l'humidité, à l'oxygène et aux rayons ultraviolets est choisi dans le groupe comprenant les matériaux barrières monocouche ou multicouche, organiques ou inorganiques, en particulier des matériaux de type vernis ou polymères.

15 15. Module photovoltaïque (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, caractérisé par le fait que les cellules photovoltaïques (6) ont une étendue surfacique (16) comprise entre 0,1 cm² et 500 cm².

16. Procédé de réalisation d'un module photovoltaïque (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, dans lequel :

- 20
- on a à disposition une imprimante jet d'encre numérique,
 - on a à disposition les informations relatives la surface active délimitée (3), à l'effet visuel final voulu et aux performances électriques du module,
 - on met en œuvre un logiciel d'optimisation de sorte à choisir l'agencement des cellules, le schéma de connexion électrique des cellules et les matériaux de connexion électrique, les matériaux constitutifs des cellules,

25

 - les contours et les étendues surfaciques des cellules dans des banques existantes de ceux-ci,
 - on a à disposition un substrat (5) transparent ou translucide,
 - on a à disposition les matériaux constitutifs des cellules de la banque de matériaux et les matériaux de connexion électrique, dont au moins une partie a une composition choisie apte à une impression au moyen d'une imprimante jet d'encre numérique,

30

 - on règle l'imprimante jet d'encre numérique en fonction des paramètres d'impression précédemment déterminés,
 - et on imprime sur le substrat (5), par la technique d'impression jet d'encre, au moins une partie des couches constitutives d'au moins une partie des cellules photovoltaïques (6) de la pluralité de cellules et le cas échéant des couches de connexions électriques (7), en matériaux ayant une composition choisie apte à une impression

35

 - au moyen d'une imprimante jet d'encre numérique

17. Procédé selon la revendication 16, caractérisé par le fait que pour au moins une partie des cellules photovoltaïques (6) de la pluralité de cellules, on imprime par la technique d'impression jet d'encre, au moins la couche active (10, 10a, 10b) et/ou au moins la couche d'interface distale (11) et/ou au moins la couche d'électrode distale (12).

40

18. Procédé selon la revendication 17, caractérisé par le fait que pour au moins une partie des cellules photovoltaïques (6) de la pluralité de cellules, on imprime par la technique d'impression jet d'encre, la couche active (10, 10a, 10b), la couche d'interface distale (11) et la couche d'électrode distale (12).

19. Procédé selon l'une quelconque des revendications 16 à 18, caractérisé par le fait qu'on imprime par la technique d'impression jet d'encre, pour toutes les cellules photovoltaïques (6) de la pluralité de cellules, au moins la couche active (10, 10a, 10b) et/ou au moins la couche d'interface distale (11) et/ou au moins la couche d'électrode distale (12), en particulier on imprime par la technique d'impression jet d'encre la couche active (10, 10a, 10b), la couche d'interface distale (11) et la couche d'électrode distale (12).

20. Procédé selon l'une quelconque des revendications 16 à 19, caractérisé par le fait qu'on imprime par la technique d'impression jet d'encre, pour au moins une partie des cellules photovoltaïques (6) de la pluralité de cellules, en particulier pour toutes les cellules photovoltaïques (6), au moins la couche d'interface proximale (9) et/ou au moins la couche d'électrode proximale (8), et en particulier, la couche d'interface proximale (9) et la couche d'électrode proximale (8).

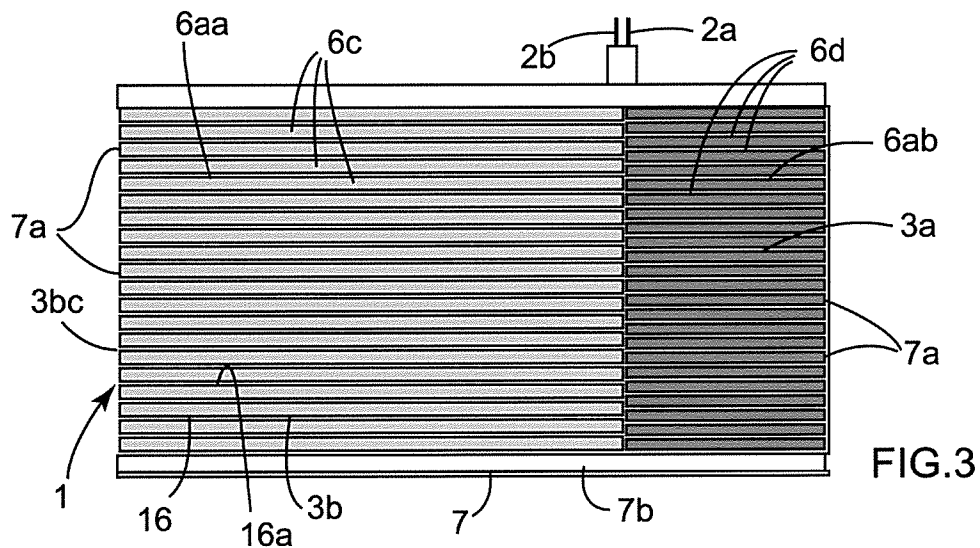
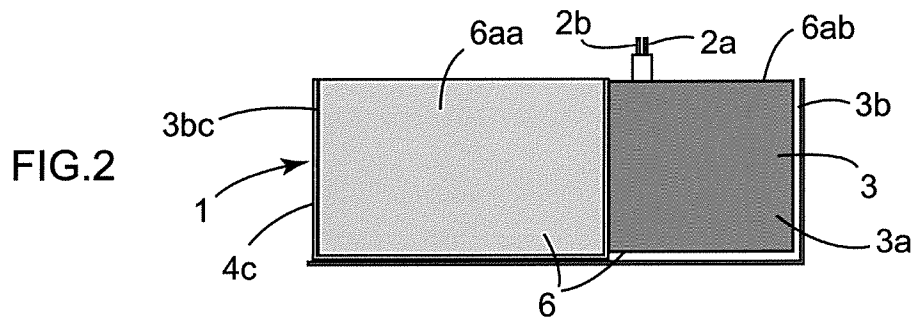
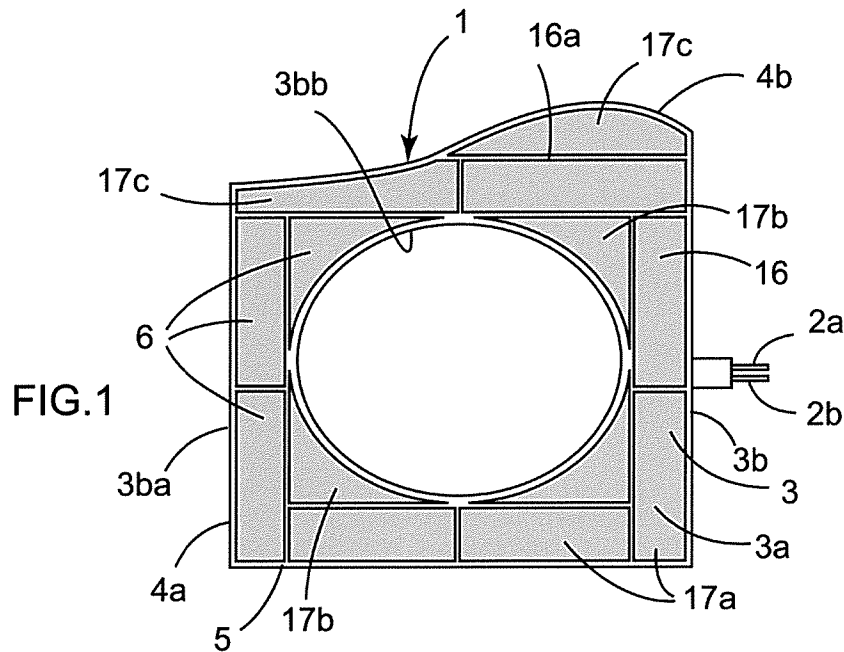
21. Procédé selon l'une quelconque des revendications 16 à 20, caractérisé par le fait qu'on imprime par la technique d'impression jet d'encre, pour au moins une partie des cellules photovoltaïques (6) de la pluralité de cellules, en particulier pour toutes les cellules photovoltaïques (6), au moins les couches de connexions électriques (7).

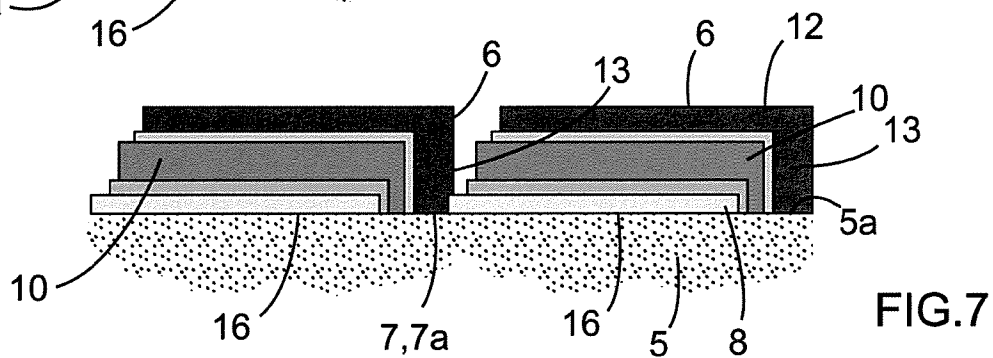
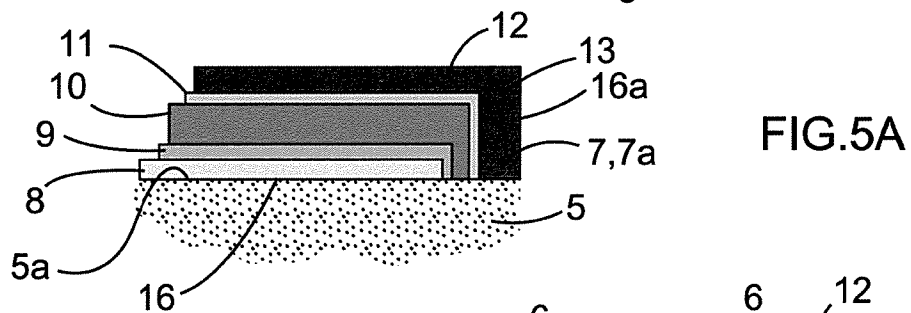
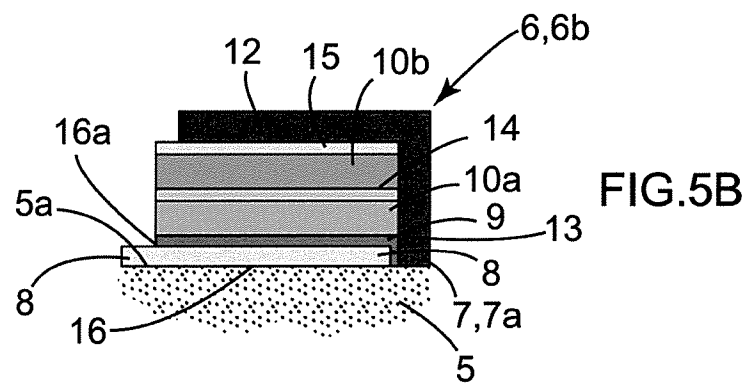
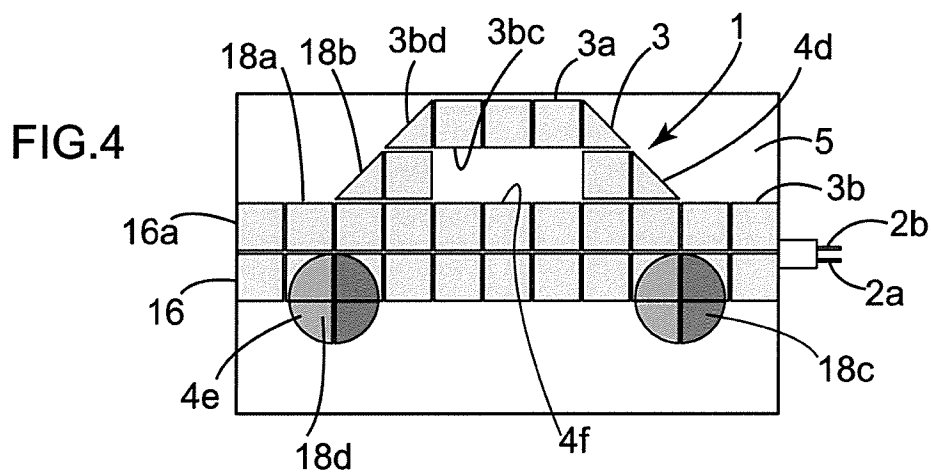
22. Procédé selon l'une quelconque des revendications 16 à 21, caractérisé par le fait qu'on imprime par la technique d'impression jet d'encre, pour au moins une partie des cellules photovoltaïques (6) de la pluralité de cellules, en particulier pour toutes les cellules photovoltaïques (6), toutes les couches constitutives, et le cas échéant toutes les couches de connexions électriques (7).

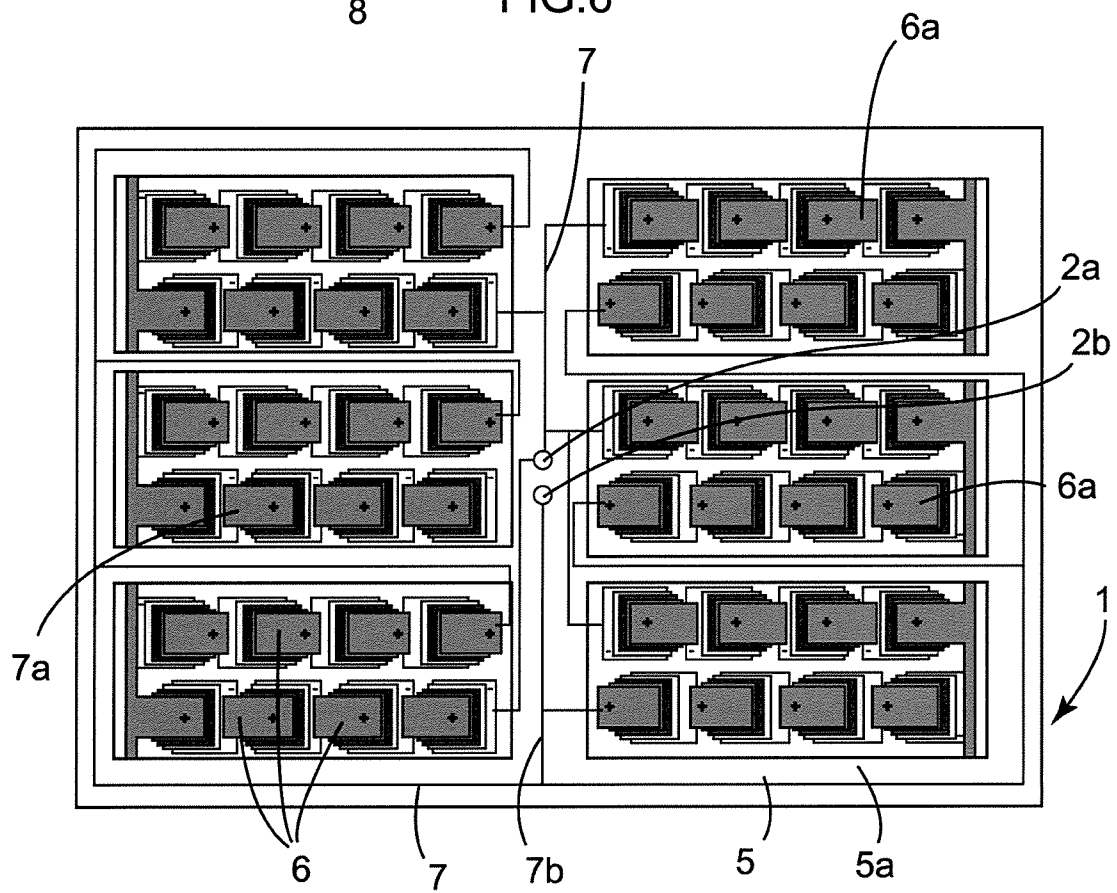
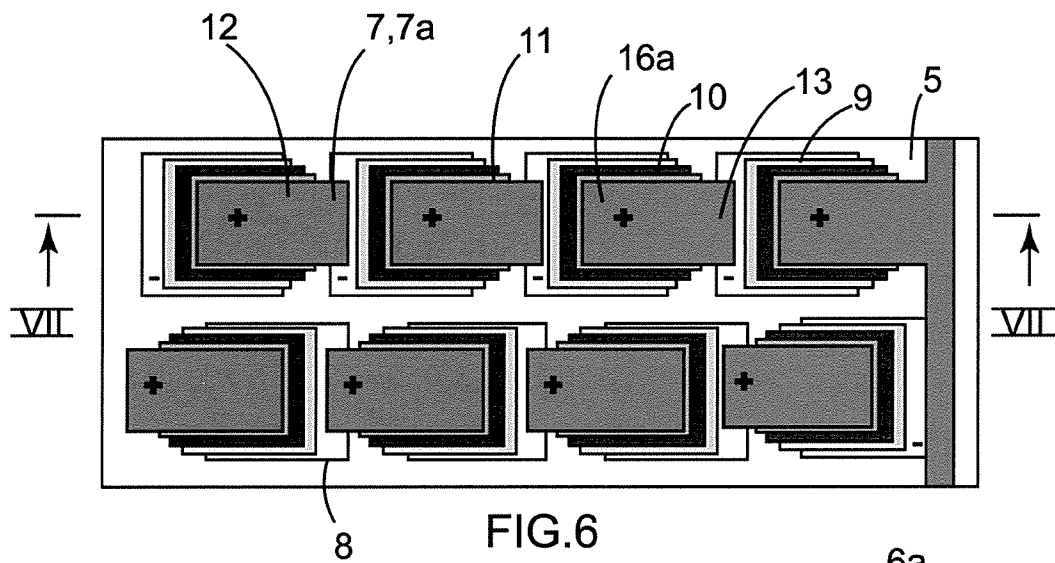
23. Procédé selon l'une quelconque des revendications 16 à 22, qui comprend une étape finale consistant à disposer le module photovoltaïque (1) à l'intérieur de, à protéger le module photovoltaïque (1) à l'extérieur par, ou à encapsuler le module photovoltaïque (1) dans une enveloppe résistant à l'humidité, à l'oxygène et aux rayons ultraviolets, en particulier en ou comprenant un matériau barrière résistant à l'humidité, à l'oxygène et aux rayons ultraviolets.

24. Procédé selon la revendication 23, dans lequel l'étape finale consistant à disposer le module photovoltaïque (1) à l'intérieur de, à protéger le module photovoltaïque (1) à l'extérieur par, ou à encapsuler le module photovoltaïque (1) dans une enveloppe (19) résistant à l'humidité, à l'oxygène et aux rayons ultraviolets, en particulier en ou comprenant un matériau barrière résistant à l'humidité, à l'oxygène et aux rayons ultraviolets est réalisée par une technique telle que l'ALD (Atomic Layer Deposition), l'impression et en particulier la sérigraphie, la CVD (Chemical Vapour Deposition), la PVD (Physical Vapour Deposition), la lamination, ou analogue.

35







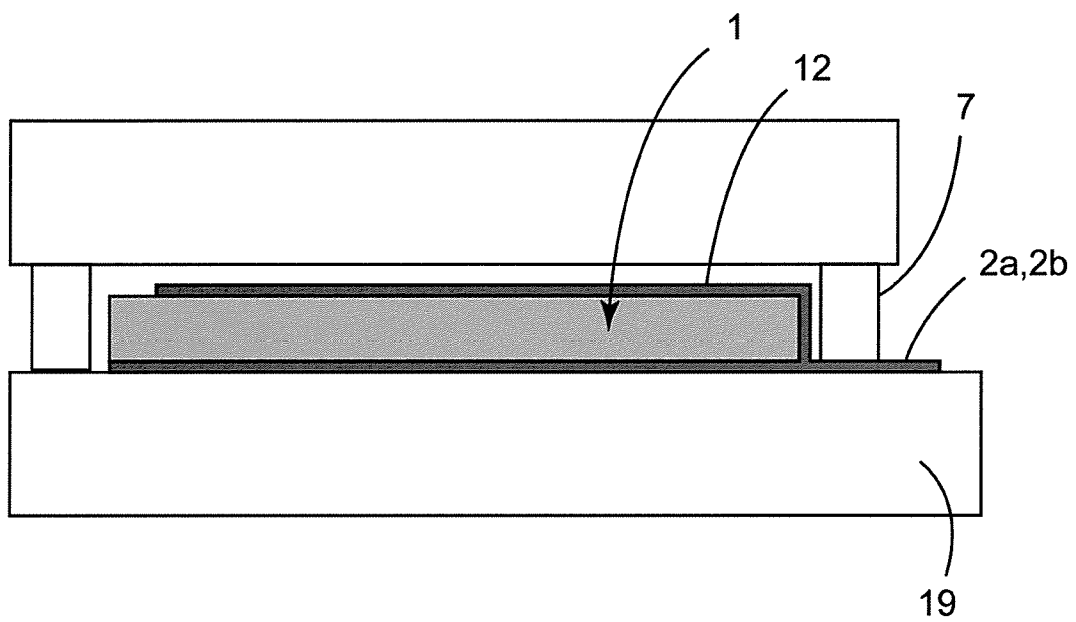


FIG.9