



## (12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 30760 B1** (51) Cl. internationale : **H01L 27/30; H01L 31/048**
- (43) Date de publication : **01.10.2009**

- 
- (21) N° Dépôt : **31684**
- (22) Date de Dépôt : **03.03.2009**
- (30) Données de Priorité : **08.08.2006 SM SM-A-200600027**
- (86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/IB2007/053132 08.08.2007**
- (71) Demandeur(s) : **INNOVAMUS AG, BAHNHOFSTRASSE 35A A-4910 RIED IM INNKREIS (AT)**
- (72) Inventeur(s) : **SEGATO, Stefano ; MAROSCIA, Antonio ; Cappelli, Fabio**
- (74) Mandataire : **ATLAS INTELLECTUAL PROPERTY**

- 
- (54) Titre : **COMPOSE GENERATEUR D'ELECTRICITE PHOTOVOLTAÏQUE MULTICOUCHE ET PROCEDE DE PREPARATION ET APPLICATION**
- (57) Abrégé : L'INVENTION CONCERNE UN COMPOSÉ PHOTOVOLTAÏQUE MULTICOUCHE À APPLIQUER AUX SURFACES EXTERNES DE TOUT SUPPORT MOBILE ET/OU STATIONNAIRE POUR ABSORPTION ET CONVERSION DE RADIATION LUMINEUSE EN ÉNERGIE ÉLECTRIQUE COMPRENANT, DANS L'ORDRE SUIVANT, AU MOINS UNE PREMIÈRE COUCHE (1) CONÇUE POUR COLLER À LA SURFACE (S) DU SUPPORT (T), AU MOINS UNE SECONDE COUCHE (2) DE MATÉRIAU ÉLECTRIQUEMENT CONDUCTEUR QUI DÉFINIT UNE ÉLECTRODE, AU MOINS UNE TROISIÈME COUCHE OPTOÉLECTRONIQUEMENT ACTIVE (3) CONÇUE POUR ABSORBER LES PHOTONS ET LES CONVERTIR EN ÉNERGIE ÉLECTRIQUE, AU MOINS UNE QUATRIÈME COUCHE (4) DE MATÉRIAU ÉLECTRIQUEMENT CONDUCTEUR QUI DÉFINIT UNE CONTRE-ÉLECTRODE. LA PREMIÈRE COUCHE (1) EST FORMÉE D'UN MATÉRIAU DE BASE SENSIBLEMENT HOMOGENE ET CONTINU, QUI EST CHIMIQUEMENT ET MÉCANIQUEMENT INERTE AUX AUTRES COUCHES (2, 3, 4) POUR DÉFINIR UNE BASE D'ANCRAGE UNIVERSELLE ADAPTABLE AUX SURFACES DE TOUTE FORME ET TAILLE. UNE CINQUIÈME COUCHE (5) D'UN

MATÉRIAU OPTIQUEMENT TRANSPARENT ET ÉLECTRONIQUEMENT INERTE PEUT ÊTRE ÉVENTUELLEMENT DÉPOSÉ SUR LES COUCHES SOUS-JACENTES (1, 2, 3, 4) POUR LES PROTÉGER ET LES ENCAPSULER, FORMANT AINSI UNE SIMPLE UNITÉ SCELLÉE HERMÉTIQUEMENT.

## ABREGE

L'invention concerne un composé photovoltaïque multicouche à appliquer aux surfaces  
5 externes de tout support mobile et/ou stationnaire pour absorption et conversion de  
radiation lumineuse en énergie électrique comprenant, dans l'ordre suivant, au moins une  
première couche (1) conçue pour coller à la surface (S) du support (T), au moins une  
seconde couche (2) de matériau électriquement conducteur qui définit une électrode, au  
moins une troisième couche optoélectroniquement active (3) conçue pour absorber les  
10 photons et les convertir en énergie électrique, au moins une quatrième couche (4) de  
matériau électriquement conducteur qui définit une contre-électrode. La première couche  
(1) est formée d'un matériau de base sensiblement homogène et continu, qui est  
chimiquement et mécaniquement inerte aux autres couches (2, 3, 4) pour définir une base  
d'ancrage universelle adaptable aux surfaces de toute forme et taille. Une cinquième  
15 couche (5) d'un matériau optiquement transparent et électroniquement inerte peut être  
éventuellement déposé sur les couches sous-jacentes (1, 2, 3, 4) pour les protéger et les  
encapsuler, formant ainsi une simple unité scellée hermétiquement.

COMPOSE GENERATEUR D'ELECTRICITE PHOTOVOLTAÏQUE MULTICOUCHE  
ET PROCEDE DE PREPARATION ET APPLICATION

Domaine de l'invention

5 La présente invention est applicable au domaine des dispositifs photovoltaïques pour l'utilisation de l'énergie lumineuse.

Plus particulièrement, l'invention concerne un composé photovoltaïque multicouche approprié pour être appliqué à toute surface et capable d'absorber le rayonnement solaire ou de tout autre manière les photons heurtant celui-ci et les convertir en énergie électrique à une position spatiale prédéterminée.

10 L'invention concerne, en outre, un procédé pour la préparation et l'application dudit composé multicouche à des surfaces et murs de tout type et de toute nature.

Contexte de l'invention

15 L'énergie lumineuse et particulièrement l'énergie solaire est connue être une des sources d'énergies renouvelables les plus propres et les plus prometteuses. Les demandes d'énergie actuelle mondiale dépendent des combustibles fossiles, particulièrement du pétrole et du charbon, dans une moindre mesure de l'énergie nucléaire et de manière seulement minimale d'autres sources d'énergies renouvelables telles que l'éolien et l'énergie solaire, l'énergie hydraulique, les biocarburants et les biomasses.

20 Bien qu'une inversion des tendances de consommation a été récemment notée en termes de rapports de combustibles fossiles et de l'énergie nucléaire à l'énergie renouvelable, cette dernière et particulièrement les systèmes d'utilisation d'énergie solaire, tels que les cellules solaires, ont toujours une part marginale du marché en raison de leurs coûts de production élevés, de leur médiocre flexibilité et des difficultés dans la production de celles-ci à une échelle industrielle.

25 Des récents problèmes dans l'achat des combustibles fossiles et l'augmentation considérable de leurs coûts, provoquée par des facteurs internationaux plutôt que par des problèmes techniques, lorsque combinés à la vision d'un appauvrissement inévitable des ressources mondiales, a soulevé un intérêt croissant dans les sources d'énergies renouvelables et particulièrement l'énergie photovoltaïque, tout en encourageant l'étude de  
30 solutions de plus en plus compétitives, souples et facilement applicables.

On connaît des dispositifs à base de cellules solaires multicouche qui utilisent des composants organiques actifs pour la conversion de l'énergie solaire en énergie électrique, qui sont essentiellement composés de multiples couches de matériaux électroniquement actifs, particulièrement une couche conductrice, par exemple contenant un oxyde

5 métallique, qui définit une première électrode ou anode, contactant une couche d'un matériau semi-conducteur avec des matériaux récepteurs d'électrons, contactant à son tour une couche métallique qui définit une cathode ou une contre-électrode.

Des exemples de ces dispositifs photovoltaïques de la technique antérieure sont décrits dans les documents WO0186734, WO2004025746 et WO2006053127.

10 Dû à des raisons mécaniques et structurelles, ces dispositifs de la technique antérieure demandent la présence d'un substrat, sensiblement sous la forme d'un conteneur ou d'une enceinte d'un matériau principalement rigide, qui est conçu pour recevoir successivement les diverses couches, à savoir les électrodes et les composants organiques qui sont actifs dans le processus de transformation des photons heurtant celui-ci en charges électriques.

15 Une caractéristique basique de ce substrat est qu'il doit être au moins partiellement transparent du point de vue optique pour permettre au rayonnement solaire d'atteindre la couche organique active. A l'opposé, la cathode ne doit pas être transparente du point de vue optique du fait que l'énergie solaire ne doit pas passer à travers celle-ci et, à l'opposé, elle devra être de préférence réfléchissante pour maximiser l'absorption par la couche

20 active.

Bien entendu, la cathode ne peut pas être elle-même laissée exposée, pour prévenir tout risque d'endommagement et elle sera protégée par un élément de fermeture supplémentaire, également du type rigide, pour former un ensemble capable d'être manipulé sous la forme d'un panneau qui doit être appliqué sur le corps ou une surface du

25 support, tel que le mur d'un immeuble, la carrosserie d'une caravane ou le rouf d'un bateau.

Un inconvénient de ces dispositifs de la technique antérieure est que le substrat limite la souplesse d'application et l'adaptabilité d'application au support et demande l'utilisation de géométries imposées par la forme du support, moyennant quoi le dispositif ne peut pas

30 être appliqué à des murs ou des surfaces de formes complexes.

En principe, dans le cas de murs de formes complexes, un substrat d'une géométrie correspondante devrait être formé de manière préventive, mais ceci ajoutera une

complexité technique considérable et des coûts importants et empêche les dispositifs photovoltaïques d'être utilisés dans de nombreuses conditions d'application.

En outre, la surface utilisable du dispositif photovoltaïque est toujours limitée à celle du substrat, qui doit être d'une dimension relativement petite, moyennant quoi la performance et l'efficacité du dispositif sont en conséquence réduites.

### Résumé de l'invention

L'objet de la présente invention est de surmonter les inconvénients ci-dessus en proposant un composé photovoltaïque multicouche hautement simple et efficace.

Un autre objet est de proposer un composé photovoltaïque multicouche qui peut être utilisé sans tout substrat quelconque.

Un autre objet encore est de proposer un composé photovoltaïque multicouche qui peut être facilement et sûrement appliqué sur des surfaces de toute forme et taille.

Ceux-ci et autres objets, tels qu'expliqués par la suite, sont satisfaits par un composé photovoltaïque multicouche à appliquer aux surfaces externes de tout support mobile et/ou stationnaire pour absorption et conversion de radiation lumineuse en énergie électrique selon la revendication 1 comprenant, dans l'ordre suivant, au moins une première couche conçue pour coller à la surface du support, au moins une seconde couche de matériau électriquement conducteur qui définit une électrode, au moins une troisième couche optoélectroniquement active conçue pour absorber les photons et les convertir en énergie électrique, au moins une quatrième couche de matériau électriquement conducteur qui définit une contre-électrode dans lequel, la première couche inférieure est formée d'un matériau de base sensiblement homogène et continu, qui est chimiquement et mécaniquement inerte aux autres couches pour définir une base d'ancrage universelle adaptable aux surfaces de toute forme et taille.

Grâce à cette configuration, le composé peut être préparé et appliqué aux surfaces de toute forme et taille sans la fourniture d'un substrat plus ou moins rigide de forme et dimension prédéterminées, et ceci augmentera de manière très importante la flexibilité, la facilité d'application et le rendement du point de vue coût du système créé avec celui-ci.

De manière commode, les matériaux de base de ces couches successivement déposés sont dans un état liquide ou pâteux pendant le processus de dépôt.

Ainsi, leur application est grandement facilitée réduisant de ce fait à la fois les durées et les coûts pour la préparation et l'application.

5 Une cinquième couche d'un matériau optiquement transparent et électroniquement inerte peut être éventuellement déposée sur les couches sous-jacentes pour les protéger et les encapsuler, formant ainsi une simple unité scellée et encapsulée hermétiquement, pour étendre la durée de vie du système et améliorer sa fiabilité.

10 Dans un autre aspect, il est proposé un procédé pour la préparation et l'application d'un composé photovoltaïque multicouche à une surface externe d'un support mobile ou stationnaire pour absorption et conversion de radiation lumineuse en énergie électrique selon la revendication 20 comprenant les étapes consistant à préparer un matériau de base qui doit être déposé sur la surface externe du support et à le déposer pour former une première couche d'ancrage, préparer un premier matériau électriquement conducteur ayant une fonction électronique spécifique et le déposer sur la première couche pour former une seconde couche définissant une électrode, préparer un matériau  
15 optoélectroniquement actif pour absorber les photons et les convertir en énergie électrique et le déposer sur ladite seconde couche pour former une troisième couche, préparer un second matériau électriquement conducteur ayant une fonction électronique différente de celle du premier matériau conducteur et le déposer sur ladite troisième couche pour former une quatrième couche définissant une contre-électrode, dans lequel ladite première  
20 couche est formée d'un matériau de base sensiblement homogène et continu, qui est électriquement, chimiquement et mécaniquement inerte par rapport aux autres couches, pour définir une base d'ancrage universelle pour les surfaces de toute forme et taille.

25 Ainsi, il ne sera pas nécessaire de préparer les diverses parties du dispositif d'utilisation de l'énergie lumineuse en usine et cette source d'énergie propre peut être utilisée à tout emplacement et dans toute condition en mettant en oeuvre un procédé hautement simple et rentable, de manière similaire à de nombreux égards à la peinture multicouche de tout objet.

#### Brève Description des dessins

30 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront plus apparents lors de la lecture de la description détaillée d'un mode de réalisation préférée, non-exclusif du composé et du procédé de préparation et d'application de l'invention, lesquels sont décrits à l'aide d'exemples non limitatifs en s'appuyant sur les dessins annexés parmi lesquels :

la Figure 1 est une vue en coupe d'une portion d'un composé photovoltaïque multicouche selon l'invention ;

la Figure 2 montre un spectre d'absorption de la troisième couche de matériau optoélectroniquement actif ;

- 5 la Figure 3 montre la courbe caractéristique courant-tension du composé photovoltaïque multicouche selon l'invention, lorsque appliqué à une surface.

#### Description du mode de réalisation préféré

En se référant aux Figures ci-dessus, un composé photovoltaïque multicouche selon l'invention est représenté, désigné généralement par la lettre P, lequel composé peut être  
10 appliqué sur une surface externe de toute forme et taille d'un support T stationnaire ou mobile pour former un genre de couverture ou peinture, ayant également une fonction de protection et de finition.

A titre d'exemple limitatif, le support T peut être un mur d'un immeuble, un navire, un aéronef, tout véhicule ou tout objet restant sur le sol ou soulevé de celui-ci, à condition  
15 qu'il soit exposé à la lumière du soleil.

Comme montré de manière simplifiée sur la Figure 1, le composé photovoltaïque P comprend une succession de couches ayant des fonctions particulières, particulièrement une première couche inférieure 1 qui est conçue pour contacter la surface externe S du support T, formant de ce fait une base d'ancrage pour les couches suivantes, une seconde  
20 couche 2 d'un matériau électriquement conducteur agissant comme électrode de collecte de charge, une troisième couche 3 d'un matériau optoélectroniquement actif qui est conçue pour absorber les photons et les convertir en énergie électrique, une quatrième couche 4 d'un matériau électriquement conducteur différent de l'autre et agissant comme contre-électrode pour la collecte des charges du signe opposé à celle de l'autre.

25 Selon l'invention, la première couche 1 est formée d'un matériau de base sensiblement homogène et continu, lequel est électriquement, chimiquement et mécaniquement inerte par rapport aux autres couches d'une manière telle à définir une base d'ancrage universelle adaptable aux surfaces de toute forme et taille.

De manière appropriée, le matériau de base de la couche 1 est adapté pour coller  
30 stablement à la surface S du support T et pour l'homogénéiser et le rendre plan pour le



rendre compatible avec les traitements électroniques se produisant dans les couches supérieures.

Il conviendra de noter que la première couche 1 est nécessaire du fait que la surface S n'est généralement pas parfaitement plane et est potentiellement soumise à des conditions  
5 de changement de température de même qu'à des contraintes mécaniques externes. En outre, la surface S du support T devrait être constituée de matériaux soit isolants, soit conducteurs, moyennant quoi la couche 1 possède également la fonction d'isolation électrique du support des couches du composé P tout en assurant la fonctionnalité des diverses couches.

10 Bien que la première couche 1 doive être théoriquement omise si la surface de base possède des propriétés chimico-physiques et morphologiques, une telle couche est essentielle et indispensable dans la pratique, pour mettre en oeuvre l'invention dans toute condition quelconque.

De manière commode, le matériau de base de la couche 1 présente une très faible porosité  
15 et rugosité de surface de l'ordre de quelques nanomètres pour définir une surface d'ancrage sensiblement lisse et uniforme.

Un matériau qui peut satisfaire les exigences de résistance tout en étant compatible avec une grande variété de surfaces et présentant une rugosité maximale de l'ordre de quelques nanomètres sur de grandes surfaces est le polyméthylméthacrylate, PMMA.

20 La seconde couche 2 qui est appliquée sur la première couche 1 est conçue pour agir comme électrode pour la collecte des charges électriques d'un signe prédéterminé, par exemple du signe positif. A cette fin, le matériau qui forme la couche 2 est choisi parmi les matériaux ayant une fonction de travail relativement élevée, de 4 eV à 6 eV. De préférence, le matériau aura une fonction de travail de 4,5 eV à 5,5 eV pour une collecte  
25 des trous efficace.

Un matériau qui peut satisfaire les exigences d'aptitude au traitement de la solution ci-dessus tout en étant compatible avec la couche sous-jacente de polyméthylméthacrylate (PMMA) est le polyéthylène dioxythiophène/sulfonate de polystyrène (PEDOT/PSS)  
30 ayant une fonction de travail d'environ 5,2 eV. Une alternative possible est l'or colloïdal qui présente des propriétés électroniques intéressantes (une fonction de travail d'environ

5,4 eV), bien que celui-ci influence significativement les coûts de peinture, spécialement sur des aires surfaciques importantes.

La seconde couche 2 ne devra pas être nécessairement optiquement transparente du fait que des processus d'absorption photonique se produisent dans les couches supérieures.

- 5 L'épaisseur de la seconde couche est située entre 20 nm à 1  $\mu$ m en fonction du matériau utilisé et de ses caractéristiques de continuité lorsqu'elle est traitée sous forme de couches minces.

- La troisième couche active 3 présente une fonction optique et optoélectronique cruciale, du fait qu'elle absorbe les photons la heurtant et génère les charges électriques. Le
- 10 matériau ou les matériaux qui forme(nt) la troisième couche devront assurer une absorption de la lumière du soleil aussi élevée que possible et une génération efficace des charges électriques positives et négatives, de même que le transfert de celles-ci vers les électrodes (seconde et quatrième couches). La troisième couche ne devra pas affecter les propriétés structurelles et fonctionnelles des couches sous-jacentes et devra être
- 15 compatible avec la quatrième couche qui est déposée pour agir comme électrode. Les matériaux appropriés pour utilisation comme troisième couche incluent poly(3-octyl(thiophène) (P3OT) et les dérivés de polyphénylène vinylène (PPV). Afin d'améliorer les propriétés électroniques, comme discuté ci-dessus, les dérivés de polythiophène et les dérivés de polyphénylène vinylène sont combinés de manière
- 20 commode avec d'autres matériaux tels que des particules de CdSe, CdS, ZnO, TiO<sub>2</sub> ou fullerènes.

Dans le cas le plus vraisemblable et le plus commode d'un mélange de plusieurs matériaux, les conditions de concentration et de dépôt relatives seront déterminées pour optimiser la réponse optoélectronique de la troisième couche.

- 25 La troisième couche 3 peut présenter une épaisseur de 50 à 200 nm, laquelle est déterminée en conformité avec le besoin de maximiser simultanément l'absorption photonique et le transfert des charges positives et négatives vers l'électrode et la contre-électrode.

- Les exemples de dérivés de PPV incluent poly[2-méthoxy, 5-(2'-éthylhexoxy)-1, 4-phénylènevinylène] (MEH-PPV) et poly(2-méthoxy-5-(3,7-diméthylhexoxy)-p-phénylènevinylène) (OC1C10-PPV). Un autre matériau approprié pour utilisation comme

matériau actif dans la quatrième couche est le 2,4-bis(4-(2-thiophène-yl)phényl)thiophène (TPTPT).

Le spectre d'absorption de la troisième couche 3 formée de matériaux organiques ou hybrides est représenté sur la Figure 2. Les valeurs de l'ordonnée sur la gauche indiquent le pouvoir d'absorption de la couche organique active 3. La courbe identifiée par la flèche sur la droite indique le rendement de génération de charges comme une fonction de la longueur d'onde incidente. Les valeurs de l'ordonnée sur la droite indiquent le rendement de génération de charges en pourcent par unité de flux lumineux incident. L'abscisse représente la longueur d'onde du rayonnement incident en nanomètres (nm).

10 La quatrième couche 4 agit comme contre-électrode et, en dehors d'être un bon conducteur, elle devra avoir la caractéristique indispensable d'être optiquement transparente dans la région spectrale du rayonnement solaire. Ceci signifie que le rayonnement solaire devra passer à travers la quatrième couche sans aucune perturbation pour atteindre la région optoélectroniquement active de la troisième couche.

15 La quatrième couche 4, présente, de préférence une fonction de travail faible, de 3 eV à 4,5 eV pour encourager la collecte des charges négatives générées dans le système et augmenter l'intensité du champ électrique déterminée par la différence entre les fonctions de travail des seconde et quatrième couches (électrode et contre-électrode).

20 Les matériaux appropriés pour utilisation comme quatrième couche incluent l'or, l'argent, l'aluminium et le calcium colloïdal. En variante, des polymères conducteurs ou des oxydes conducteurs peuvent être utilisés. Dans tous les cas, l'épaisseur de la quatrième couche devra prendre en compte le coefficient d'absorption du matériau choisi, de sorte que le degré d'absorption du rayonnement solaire dans la troisième couche n'est pas affecté. La quatrième couche présente une épaisseur de 5 à 50 nm. Une telle épaisseur est  
25 nécessaire pour maintenir des conditions de transparence optique optimales dans la contre-électrode à travers laquelle le rayonnement solaire doit passer.

La faible fonction de travail de la quatrième couche 4 qui agit comme contre-électrode, lorsque combinée à une fonction de travail relativement élevée de la seconde couche 2 qui agit comme électrode, induit un champ électrique d'une intensité plus élevée à l'intérieur  
30 de la structure multicouche qui facilite la séparation des charges et la collecte du courant.

Ces quatre couches superposées 1, 2, 3 et 4 forment le mode de réalisation structurel indispensable minimal du composé P pour obtenir un système de peinture multicouche qui peut être appliquée dans toute condition quelconque.

5 Toutefois, une cinquième couche 5 peut être fournie de manière appropriée, ayant la fonction de protection du système multicouche ci-dessus des conditions météorologiques et des agents mécaniques et dont les caractéristiques sont strictement fonctions de l'environnement dans lequel l'application spécifique est utilisée.

10 Les caractéristiques indispensables pour la cinquième couche 5 inclut la transparence optique au rayonnement solaire, les propriétés d'étanchéité et d'inertie électronique contre les agents atmosphériques potentiellement les plus nuisibles, tels que l'humidité et les solutions saumâtres corrosives. Une classe de matériaux qui devrait être utilisée comme cinquième couche inclut les oxydes isolants et transparents avec  $\text{SiO}_2$ . Les résines époxy et les polymères d'encapsulation peuvent être utilisés comme variante.

15 De préférence, la cinquième couche 5 présente une épaisseur de 100 nm à 0,5 mm, bien que dans des conditions mécaniques et de contraintes environnementales particulières, l'épaisseur de la couche 5 peut être accrue jusqu'à quelques millimètres.

20 En général, la probabilité de génération d'états de transfert de charges et de rendement de collecte de charges électriques peut être accrue en utilisant de multiples matériaux ayant la fonction d'absorbants de photons, de récepteurs d'électrons et de porteurs de charge vers les électrodes. Dans cette configuration, le champ électrique dans le système multicouche est déterminé par les caractéristiques électroniques spécifiques des matériaux actifs. L'intensité du champ électrique est de plus accrue en utilisant des électrodes conductrices ayant des fonctions de travail significativement différentes. L'électrode ayant la fonction de travail élevée collectera les charges du signe positif, tandis que les charges  
25 de signe négatif seront collectées par l'électrode présentant la faible fonction de travail.

30 La Figure 3 montre le diagramme courant-tension du composé S multicouche complet, lorsque appliqué à une surface. Les valeurs de l'ordonnée sur la gauche indiquent l'intensité du courant en milli-ampères/cm<sup>2</sup>. L'abscisse indique la tension en volts (V) générée dans la structure multicouche par la différence d'énergie entre les niveaux électroniques des matériaux qui sont utilisés.

Les acronymes ont les significations suivantes : ISC est le courant en court-circuit, FF est le facteur de remplissage, UOC est la tension en circuit ouvert.

Dans des conditions de court-circuit, le circuit électrique se ferme et le courant généré peut être collecté.

- 5 A cette fin, la seconde couche 2 et la quatrième couche 4 électriquement conductrices sont connectés à un ou plusieurs points périphériques aux câbles ou bornes électriques respectifs 6, 7 qui sont conçus pour être connectés à un circuit externe, désigné généralement par la référence numérique 8, pour utilisation de l'énergie électrique générée par le composé. Comme exemple non limitatif, le circuit 8 est montré de manière  
10 simplifiée par une batterie 9 et une résistance électrique 10 connectées en série.

Bien entendu, le circuit 8 peut être remplacé par tout dispositif quelconque pour convertir le courant continu en courant alternatif et pour délivrer celui-ci au réseau électrique avec des moyens de compteurs appropriés interposés entre ceux-ci comme cela est applicable pour les systèmes de panneaux solaires traditionnels.

- 15 La description qui précède montre clairement que les processus de génération de charges et de transport d'électrons et de trous sont fonction de la sélection des matériaux optiquement et électriquement actifs et de l'organisation spécifique de ceux-ci dans une structure multicouche.

- Dans cette invention, les peintures et composants multicouches sont directement  
20 appliqués à la surface S sans utilisation de tout support supplémentaire. A l'évidence, la surface S n'est pas optiquement transparente et la première électrode 2 qui est déposée sur la surface est, de préférence, hautement réfléchissante à la lumière du soleil incidente. Ceci est cohérent avec le fait que la présente invention utilise une géométrie dans laquelle le rayonnement solaire heurte la contre-électrode 4, qui est nécessairement transparente  
25 dans la plage spectrale la plus large possible par rapport à l'émission solaire et est absorbée par la couche organique active.

En outre, la composante du rayonnement non-absorbé est efficacement réfléchi par l'électrode 2 située la plus près du mur.

- Dans un autre aspect essentiel, la présente invention concerne un procédé pour la  
30 préparation et l'application du composé photovoltaïque P.

Le système de l'invention combine les avantages de la faiblesse du coût des processus de production et de la compatibilité avec les surfaces des divers matériaux, de même que l'adaptabilité à la forme de la surface à traiter.

5 Une caractéristique particulière de la présente invention est que le processus de dépôt des couches est effectué en utilisant des matériaux dans un état liquide ou pâteux, permettant d'utiliser des techniques de dépôt hautement simple, à savoir en utilisant des techniques de peinture par pulvérisation, au pinceau, à la spatule ou analogues.

10 Les solutions liquides ou pâteuses pour celles-ci incluent des matériaux solides dilués dans des solvants appropriés qui sont susceptibles de durcir ou de polymériser à des températures ambiantes et conditions ambiantes, de manière spontanée ou par l'ajout de catalyseurs, pour former des couches successives de consistance normale et de rigidité normale, de manière identique à la peinture multicouche. Des pigments appropriés peuvent être plus introduits dans les solutions pour obtenir des composés ayant une apparence générale d'une couleur prédéterminée désirée, pour intégrer les composés à la surface du support

Dans une application de la présente invention, les nombreuses couches sont successivement déposées sur la surface à traiter, chacune avec une fonction spécifique dans le processus d'absorption de rayonnement solaire, de génération de charges électriques et de collecte du courant généré.

20 Une exigence indispensable est la compatibilité des procédés pour le traitement des matériaux qui forment les diverses couches du système. Les paramètres principaux à considérer tout en vérifiant la comptabilité des procédés et des matériaux sont la température de dépôt ainsi que la concentration et la solubilité des couches existantes.

25 Plus particulièrement, tout procédé qui peut entraîner des dommages aux couches sous-jacentes, soit en raison de températures excessivement élevées, soit d'interactions avec les solvants ou réactifs sera évité.

30 On décrira maintenant la séquence de dépôt des couches en se référant à un mode de réalisation de préparation et d'application du système et la fonction spécifique de chaque couche de la structure de même que les matériaux qui satisfont les exigences pertinentes seront ainsi indiqués.

La première étape consiste à préparer un matériau de base qui doit être déposé sur la surface externe du support et le dépôt de celui-ci pour former une première couche d'ancrage 1.

5 Une fois que la première couche 1 a été préparée et déposée, un matériau électriquement conducteur avec une fonction électronique spécifique est préparé et déposé sur la première couche 1 pour former une seconde couche 2 définissant une électrode.

Ensuite, un matériau optoélectroniquement actif, adapté pour absorber les photons et les convertir en énergie électrique est préparé et déposé sur la seconde couche 2 pour former une troisième couche 3.

10 Ensuite, un autre matériau électriquement conducteur ayant une fonction électronique différente de celle de la couche 2 est préparé et déposé sur la troisième couche 3 pour former une quatrième couche 4 définissant une contre-électrode.

15 Il conviendra de noter que le matériau choisi pour la première couche 1 est un matériau de base sensiblement homogène et continu, qui est électroniquement, chimiquement et mécaniquement inerte par rapport aux autres couches pour définir une base d'ancrage universelle pour les surfaces des supports de toute forme et taille.

Enfin, une cinquième couche 5 d'un matériau inerte électroniquement et optiquement transparent est déposé sur la succession des couches 1, 2, 3, 4 pour définir un agencement protecteur et d'encapsulation hermétiquement fermé.

20 Comme on l'a mentionné précédemment, la totalité des couches 1, 2, 3, 4 et 5 sont des solutions liquides ou pâteuses des matériaux solides dans des solvants appropriés, lesquels sont susceptibles de durcir ou de polymériser de manière spontanée ou en utilisant des catalyseurs après une durée prédéterminée.

25 Chaque couche est déposée sur la couche sous-jacente à une température et concentration prédéterminées pour empêcher les endommagements et/ou altérations des fonctions des couches sous-jacentes et de celles qui doivent être déposées

Chaque couche est déposée par pulvérisation et/ou enduction des solutions des matériaux de base.

Il convient de souligner que les matériaux énoncés ci-dessus ont été mentionnés qu'à titre d'exemple et ne limiteront en aucune manière la possibilité d'utiliser des matériaux différents ayant des propriétés similaires.

5 Le composé photovoltaïque multicouche de l'invention satisfait les objectifs prévus et particulièrement les exigences de fournir un système d'utilisation d'énergie lumineuse hautement simple et efficace qui ne demande pas de substrat et peut être facilement et sûrement appliqué sur des surfaces de toute forme et taille.

10 Le composé et le procédé d'application de l'invention sont susceptibles d'un certain nombre de changements et de variantes à l'intérieur du concept inventif décrit dans les revendications annexées. Tous les détails de ceux-ci peuvent être remplacés par d'autres parties techniquement équivalentes et les matériaux peuvent varier en fonction de différents besoins, sans sortir de la portée de l'invention.



REVENDICATION AMENDEES REÇUES PAR LE BUREAU INTERNATIONAL LE  
24 AVRIL 2008 (24.04.2008)

5 1. Composé photovoltaïque multicouche qui doit être appliqué à des surfaces externes de tout support mobile et/ou stationnaires pour l'absorption et la conversion du rayonnement de la lumière en énergie électrique comprenant dans l'ordre suivant,

-au moins une première couche de peinture (1) conçue pour être déposée sur la surface (S) du support (T),

10 -au moins une seconde couche de peinture (2) d'un matériau électriquement conducteur qui définit une électrode,

-au moins une troisième couche de peinture (3) optoélectroniquement active conçue pour absorber les photons et les convertir en énergie électrique,

15 - au moins une quatrième couche de peinture (4) d'un matériau électriquement conducteur qui définit une contre-électrode, dans lequel ladite première couche de peinture (1) est formée d'un matériau de base sensiblement homogène et continu, lequel est électriquement, chimiquement et mécaniquement inerte par rapport aux autres dites couches de peinture (2, 3, 4) pour définir une base d'ancrage universelle adaptable aux surfaces de toute forme et taille, et dans lequel chacune desdites couches de peinture (1, 2, 3, 4) est une solution liquide ou pâteuse susceptible d'être directement pulvérisée ou  
20 enduite sur la surface de support (S) sans tout moule ou outil de façonnage similaire.

2. Système de peinture photovoltaïque multicouche selon la revendication 1, dans lequel lesdites solutions liquides ou pâteuses formant lesdites couches de peinture (1, 2, 3, 4) incluent des matériaux solides dilués ou dispersés dans des solvants appropriés qui sont susceptibles de durcir ou de polymériser spontanément ou en utilisant un catalyseur.

25 3. Système de peinture photovoltaïque multicouche selon la revendication 1, dans lequel ladite première couche de peinture (1) est formée d'un matériau présentant une très faible porosité et rugosité en surface de l'ordre de quelques nanomètres pour définir une surface d'ancrage sensiblement lisse et uniforme.

4. Peinture de composé photovoltaïque multicouche selon la revendication 2, dans lequel le matériau de base de ladite première couche (1) est choisi dans le groupe des matériaux comprenant PMMA.
- 5 5. Système de peinture photovoltaïque multicouche selon la revendication 1, dans lequel ladite seconde couche (2) définissant ladite électrode est un film d'un matériau électriquement conducteur avec un potentiel électropositif de 4 eV à 6 eV et, de préférence, de 4,5 eV à 5,5 eV, pour faciliter la collecte des charges électriques positives.
6. Système de peinture photovoltaïque multicouche selon la revendication 5, dans lequel le matériau de base de ladite seconde couche (2) est choisi dans le groupe comprenant  
10 PEDOT/PSS et l'or colloïdal.
7. Système de peinture photovoltaïque multicouche selon la revendication 5, dans lequel ladite seconde couche (2) électriquement conductrice présente une épaisseur de 10 nm à 1,5  $\mu\text{m}$  et, de préférence, de 20 nm à 1  $\mu\text{m}$ .
8. Système de peinture photovoltaïque multicouche selon la revendication 1, dans lequel  
15 ladite troisième couche (3) optoélectroniquement active est un matériau composite contenant des nanoparticules de semi-conducteurs et/ou d'oxydes inorganiques.
9. Système de peinture photovoltaïque multicouche selon la revendication 7, dans lequel lesdites nanoparticules de semi-conducteurs et/ou d'oxydes sont choisis dans le groupe comprenant les dérivés de P3OT, PPV, fullerènes, CdSe, CdS, ZnO, TiO<sub>2</sub>, TPTPT.
- 20 10. Système de composé photovoltaïque multicouche selon la revendication 8, dans lequel lesdits dérivés de PPV sont choisis dans le groupe comprenant poly[2-méthoxy, 5-(2'-éthylhexoxy)-1,4-phénylènevinylène] (MEH-PPV) et poly(2-méthoxy-5-(3,7-diméthylhexoxy)-p-phénylènevinylène) (OC1C10-PPV).
- 1 1. Système de composé photovoltaïque multicouche selon la revendication 7, dans  
25 lequel ladite troisième couche (3) optoélectroniquement active présente une épaisseur de 30 nm à 300 nm et, de préférence, de 50 nm à 200 nm.
12. Système de peinture photovoltaïque multicouche selon la revendication 10, dans lequel la composition et l'épaisseur de ladite troisième couche (3) sont déterminées aux  
30 vues de maximiser l'absorption photonique et le transfert de charges vers ladite seconde couche et ladite quatrième couche définissant ladite électrode et ladite contre-électrode.

13. Système de peinture photovoltaïque multicouche selon la revendication 1, dans lequel ladite quatrième couche (4) électriquement conductrice définissant ladite contre-électrode est un film d'un matériau avec un potentiel électronégatif de 2,5 eV à 5 eV et, de préférence, de 3 eV à 4,5 eV, pour faciliter la collecte des charges électriques négatives.
- 5 14. Système de peinture photovoltaïque multicouche selon la revendication 12, dans lequel ladite quatrième couche (4) électriquement conductrice est optiquement transparente.
15. Système de peinture photovoltaïque multicouche selon la revendication 13, dans lequel le matériau de base de ladite quatrième couche (4) électriquement conductrice est  
10 choisi dans le groupe des matériaux comprenant l'or, l'argent, l'aluminium, le calcium colloïdal, les polymères et les oxydes conducteurs.
16. Système de peinture photovoltaïque multicouche selon la revendication 13, dans lequel ladite quatrième couche (4) électriquement conductrice présente une épaisseur de 4 nm à 60 nm et, de préférence, de 5 nm à 50 nm pour assurer la transparence optique.
- 15 17. Système de peinture photovoltaïque multicouche selon la revendication 1, dans lequel ladite seconde couche (2) et ladite quatrième couche (4) électriquement conductrices sont connectées à des bornes électriques respectives (6, 7) qui sont conçus pour être connectés à un circuit externe (8) pour utilisation de l'énergie électrique générée par ledit composé.
18. Système de peinture photovoltaïque multicouche selon la revendication 1, dans lequel  
20 une cinquième couche (5) d'un matériau inerte électriquement et optiquement transparent est déposée sur la succession des couches (1, 2, 3, 4) pour les protéger et les encapsuler, formant de ce fait une seule unité hermétiquement fermée.
19. Système de peinture photovoltaïque multicouche selon la revendication 17, dans lequel le matériau de base de ladite cinquième couche (5) est choisi dans le groupe des  
25 oxydes isolants et  $\text{SiO}_2$ .
20. Procédé pour la préparation et l'application d'un système de peinture photovoltaïque multicouche à une surface externe d'un support mobile ou stationnaire pour l'absorption et la conversion du rayonnement lumineux en énergie électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, incluant les étapes consistant à :

- préparer un matériau de base qui doit être déposé sur la surface externe (S) du support (T) et le dépôt de celui-ci pour former une première couche de peinture d'ancrage (1) ;
  - préparer un premier matériau électriquement conducteur ayant une fonction électronique spécifique et le déposer sur la première couche (1) pour former une seconde couche de peinture (2) définissant une électrode ;
  - préparer un matériau de peinture optoélectroniquement actif pour absorber les photons et les convertir en énergie électrique et le déposer sur la ladite seconde couche (2) pour former une troisième couche de peinture (3).
  - préparer un second matériau électriquement conducteur ayant une fonction électronique différente de celle du premier matériau conducteur et le déposer sur ladite troisième couche (3) pour former une quatrième couche de peinture définissant une contre-électrode (4) ; dans lequel ladite première couche de peinture d'ancrage (1) est formée d'un matériau de base sensiblement homogène et continu, lequel est électriquement, chimiquement et mécaniquement inerte par rapport aux autres couches de peinture (2, 3, 4) pour définir une base d'ancrage universel pour les surfaces des supports de toute forme et taille, et dans lequel chacune desdites couches de peinture (1, 2, 3, 4) est une solution liquide ou pâteuse qui est directement pulvérisée ou enduite sur la surface de support (S) sans utiliser tout moule ou outil de façonnage similaire et ne demandant pas de substrat.
21. Procédé selon la revendication 20, dans lequel une cinquième couche (5) d'un matériau inerte électriquement et optiquement transparent est déposé sur la succession des couches (1, 2, 3, 4) pour définir un agencement protecteur et d'encapsulation hermétiquement fermé.
22. Procédé selon la revendication 20, dans lequel lesdites solutions liquides ou pâteuses incluent des matériaux solides dilués ou dispersés dans des solvants appropriés qui sont susceptibles de durcir ou de polymériser spontanément ou en utilisant un catalyseur.
23. Procédé selon la revendication 22, dans lequel lesdites solutions sont choisies parmi celles qui sont susceptibles de durcir ou de polymériser spontanément ou en utilisant des catalyseurs.
24. Procédé selon la revendication 20, dans lequel chaque couche est déposée sur la couche sous-jacente à une température et concentration prédéterminées pour empêcher les

endommagements et/ou altérations des fonctions des couches sous-jacentes et de celles qui doivent être déposées.

25. Procédé selon la revendication 20, dans lequel chaque couche est déposée par pulvérisation et/ou enduction des solutions des matériaux de base.

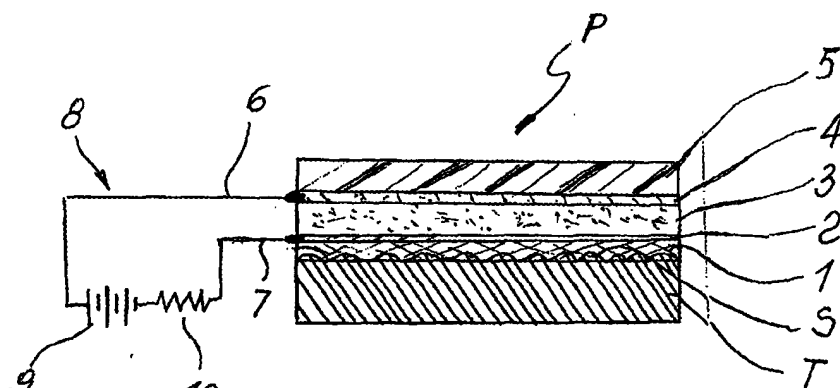


FIG. 1

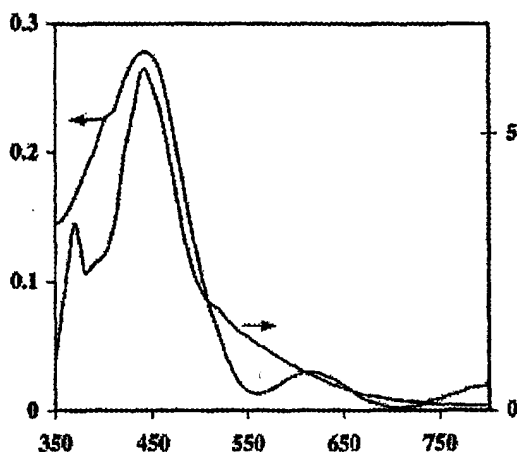


FIG. 2

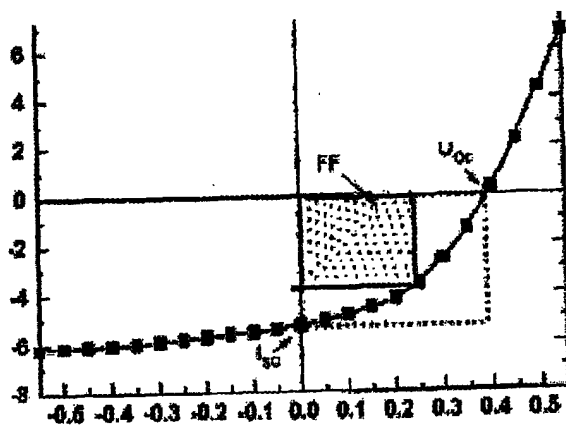


FIG. 3

SM