

Modules photovoltaïques semi-transparents par électrodépôt de CIGS

Damien Coutancier¹, Tarik Sidali², Adrien Bou², Stéphanie Leyder², Elisabeth Chassaing¹, Bertrand Theys¹, Richard Garuz³, Damien Barakel³, Pierre-Yves Thoulon², Daniel Lincot¹

1. CNRS, IPVF (Institut Photovoltaïque d'Île de France), 30 route départementale 128 – 91120 Palaiseau

2. Crosslux, 1200 Avenue Olivier Perroy 13790 Rousset

3. IM2NP, Université Aix Marseille, Avenue Escadrille Normandie Niemen, 13397 Marseille Cedex 20

Objectifs

Ce travail se concentre sur le développement d'un vitrage photovoltaïque semi-transparent pour des installations photovoltaïques intégrées au bâti (BIPV). Ces dispositifs, basés sur la technologie couche mince CIGS, sont généralement obtenus par ablation sélective à partir de dépôts continus. Cette structuration a posteriori présente néanmoins plusieurs désavantages : pertes d'indium et de gallium, difficultés d'obtenir des motifs fins sans dégradation des propriétés photovoltaïques.

L'électrodépôt représente une solution viable à ces différents obstacles. En effet, cette technique permet un dépôt localisé de l'indium et du gallium sur une bicouche Mo/Cu structurée préalablement. Cette méthode présente l'avantage d'être une méthode industrielle déjà utilisée avec succès par NEXCIS. Celle-ci a en effet produit des cellules à haut rendement (17,3%) ainsi que des modules performants (jusqu'à 14%) [1].

Après avoir démontré la viabilité des vitrages photovoltaïques en utilisant l'électrodépôt de CIGS par voie oxyde développée au laboratoire [2,3], l'objectif de ce travail est d'étudier la méthode d'électrodépôt d'empilement métalliques.

Méthode

Les substrats Mo/Cu sont structurés (motif submillimétrique) grâce à un laser pour obtenir le taux de transparence désiré (50%) : un motif composé de trous de 700 μm de diamètre, espacés de 200 μm est ainsi réalisé. Afin d'assurer l'interconnexion des cellules selon le principe P1/P2/P3 [4] dans le module final, la gravure des P1 est réalisée simultanément. L'électrodépôt successif d'In et de Ga permet l'obtention de l'empilement métallique Cu/In/Ga nécessaire à la formation du CIGS par recuit sous atmosphère de sélénium. Les dispositifs sont finalisés par les dépôts de CdS (par CBD), de i-ZnO et de ZnO:Al (par pulvérisation cathodique) et la gravure mécanique des P2 et des P3.

Résultats

Plusieurs modules fonctionnels ont été produits, en faisant varier la surface (10x10 cm^2 et 15x15 cm^2) et la transparence (0% et 50%) des dispositifs. Un module non transparent de 100 cm^2 a été obtenu avec un V_{OC} de 7,6 V, un I_{SC} de 100 mA (correspondant à 32 $\text{mA}\cdot\text{cm}^{-2}$ pour la surface active) et un facteur de forme de 44,5% (Figure 1a). Le module semi-transparent équivalent présente des performances très similaires (V_{OC} 7,5 V, FF 41 %), avec un I_{SC} de 50 mA, soit 32 $\text{mA}\cdot\text{cm}^{-2}$. Ces résultats démontrent une excellente proportionnalité des performances entre les différents designs. Néanmoins, une forte résistance série due au ZnO:Al impacte grandement les performances des modules. Afin d'étudier cet effet, des cellules individuelles ($\sim 0.1 \text{ cm}^2$) ont été isolées dans le module semi-transparent. Nous avons ainsi obtenu un V_{OC} de 365 mV, un J_{SC} de 36 $\text{mA}\cdot\text{cm}^{-2}$ et un FF de 54,5%, ce qui correspond à un rendement de 7,2% (Figure 1b).

Par ailleurs, les dépôts sur les modules de 15x15 cm^2 semi-transparents ont conduit à des résultats équivalents, avec un V_{OC} de 8,8 V, un I_{SC} de 61 mA (soit 31 $\text{mA}\cdot\text{cm}^{-2}$) et un FF de 42% (Figure 2). La suite de ce travail consistera à réduire l'impact du ZnO:Al sur les performances par l'optimisation de la gravure des P2 et P3, mais également à améliorer l'étape de formation du CIGS par l'amélioration des conditions de recuit. Enfin, le remplacement de la couche tampon de CdS par Zn(O,S) sera étudié dans l'optique de produire des modules sans cadmium tout en améliorant l'esthétique visuelle des dispositifs.

Références:

[1] C. Broussillou et al., IEEE Conference Publications DOI: 10.1109/PVSC.2015.7356224.

- [2] A. Duchatelet, G. Savidand, N. Loones, E. Chassaing and D. Lincot, J. Electrochem. Soc., vol. 161, no 7, p. D3120-D3129, Jan. 2014.
- [3] T. Sidali, A. Bou, D. Coutancier, E. Chassaing, B. Theys, D. Barakel, R. Garuz and D. Lincot, Semitransparent photovoltaic glazing based on electrodeposited CIGS solar cells on patterned molybdenum/glass substrates, EPJ PV in press.
- [4] S. Nishiwaki, A. Burn, S. Buecheler, M. Murr, S. Pilz, V. Romano, R. Witte, L. Krainer, G. J. Spühler and A. N. Tiwari, Prog. Photovoltaics Res. Appl., 2015, 23, 1908–1915.

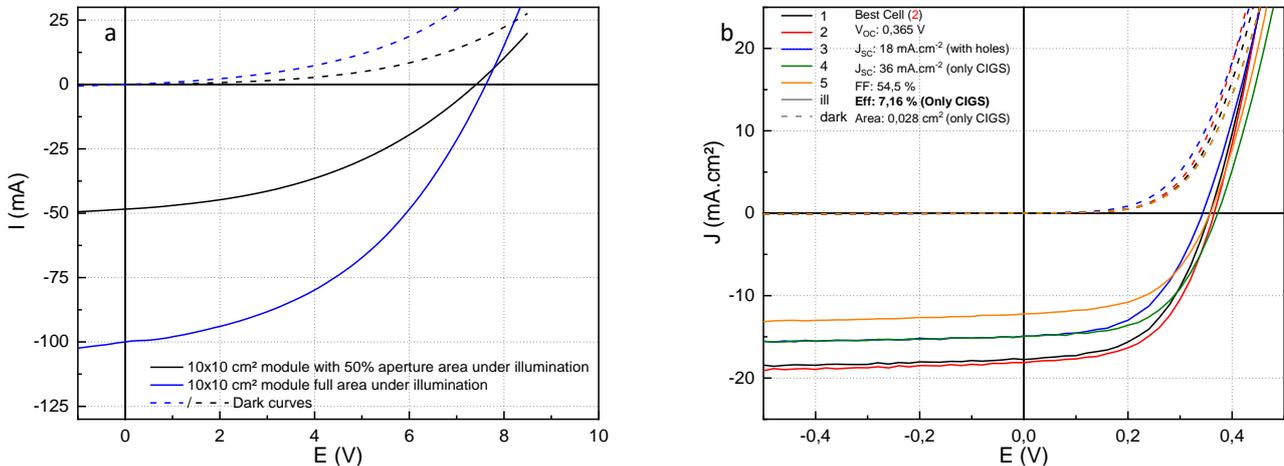


Figure 1 : a) Comparaison des caractéristiques IV d'un module semi-transparent (noir) et non transparent (bleu) ; b) Caractéristiques IV de cellules individuelles isolées dans un module semi-transparent.

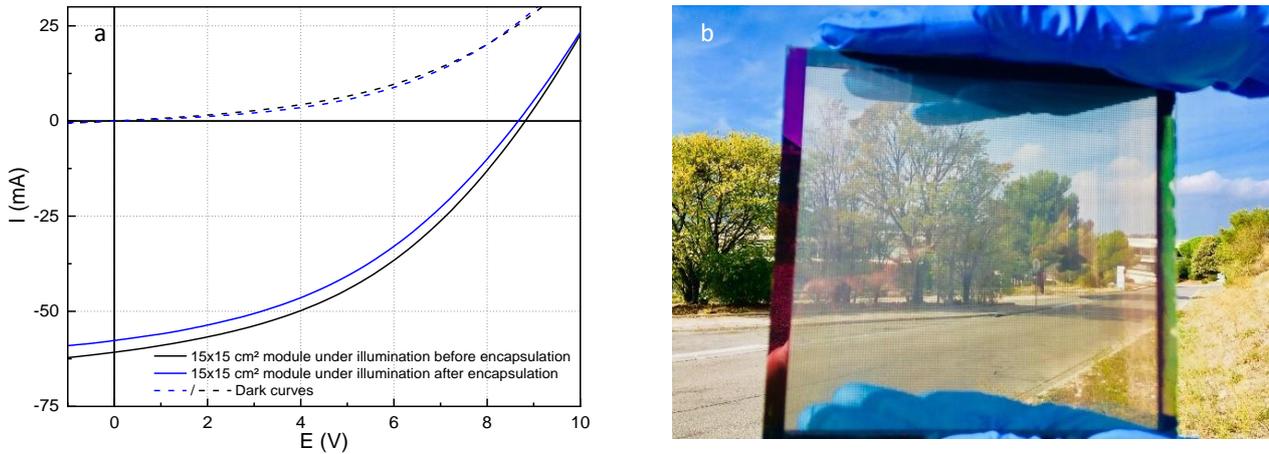


Figure 2 : a) Comparaison des caractéristiques IV d'un module semi-transparent $15 \times 15 \text{ cm}^2$ avant (noir) et après (bleu) encapsulation ; b) Module semi-transparent $15 \times 15 \text{ cm}^2$