

Developpement de contacts avant sans cadmium pour les cellules solaire CIGS

Jackson Lontchi^a, Alexandre Crossay^b, Amelle Rebai^b, Laetitia Ngambi^{a,b}, Damien Coutencier^b, Nathanaelle Schneider^b, Nicolas Barreau^c, Daniel Lincot^{a,b}.

(a) Institut Photovoltaïque d'Ile-de-France (IPVF), 91120 Palaiseau, France.

(b) CNRS UMR 9006 IPVF, 91120 Palaiseau, France.

(c) Université de Nantes, CNRS, Institut des Matériaux Jean Rouxel, IMN, F-44000 Nantes, France.

Résumé :

Les cellules solaires couches minces de type CIGS s'imposent peu à peu sur le marché du photovoltaïque du fait de ses nombreuses applications possibles tels que le PV outdoor¹, indoor² et ses solutions flexibles³. Il devient donc crucial de développer de tels dispositifs qui soient à la fois ultra performants et respectueux de l'environnement. Parmi les optimisations en cours on retrouve le développement des couches tampons alternatives au cadmium qui est un élément toxique tant pour les humains que pour l'environnement⁴. C'est ainsi qu'au sein du projet ACT (Alternative Chalcogenide Tandems) du programme VI de l'IPVF, nous avons travaillé sur l'élaboration de cellules solaires CIGS avec différentes couches tampon alternatives au CdS. Trois couches tampons ont été étudiées à l'IPVF à cet effet par deux principales voies de synthèse : ZnSnO déposé par ALD (atomic layer deposition), Zn(O,S) et In₂S₃ déposés par CBD (chemical bath deposition). La couche tampon de référence CdS a été déposée par CBD à l'Institut des Matériaux Jean Rouxel (IMN) à Nantes. Ces différentes couches tampons ont été déposées sur du CIGS déposé à l'IPVF par co-évaporation 3-étapes à 550°C sur des substrats de verre/Molybdène. Aucun traitement alcalin (NaF, KF, RbF, CsF...) n'a été effectué sur les couches de CIGS ni avant, ni après dépôt. L'épaisseur de la couche de CIGS est d'environ 2 µm tandis que les épaisseurs des couches tampons alternatives déposées sont très fines (~12 nm pour le ZnSnO, ~25 nm pour le Zn(O,S) et ~13 nm pour l'In₂S₃) comparés à l'épaisseur de la couche de CdS (~50 nm) ce qui représente un gain significatif de matière. Les jonctions ainsi formées ont été complétées en cellules à l'aide de différentes couches fenêtres à base d'oxyde de zinc. Les performances des cellules ont été mesurées à l'aide d'un simulateur solaire sous illumination AM1.5G en 4 électrodes. La cellule de référence ayant pour structure Mo/CIGS/CdS/ZnO/ZnO:Al a donné les meilleures performances : une densité de courant (Jsc) de 32.25 mA/cm², une tension en circuit ouvert (Voc) de 646.6 mV, un facteur de forme (FF) de 73.76 % pour une efficacité de conversion de 14.72 %. Cette performance est suivie de près par la cellule avec ZnSnO de structure Mo/CIGS/ZnSnO/ZnO:Al qui démontre un Jsc important de 33.45 mA/cm² (+ 1 mA/cm² par rapport au CdS), un Voc de 595.5 mV (-50 mV par rapport au CdS), un FF de 71.61 % pour une efficacité de 14.07 %. Performance qui se rapproche de celle de la cellule avec CdS avec une structure sans la couche intermédiaire de ZnO. La cellule avec Zn(O,S) de structure Mo/CIGS/Zn(O,S)/ZnMgO/ZnO:Al a révélé des performances proches des deux précédentes à savoir un Jsc de 32.32 mA/cm², un Voc de 617 mV (- 30 mV par rapport au CdS), un FF de 70.42 % pour une efficacité de 13.27 %. Enfin, la cellule à base d'In₂S₃ de structure Mo/CIGS/In₂S₃/ZnO:Al a donné les moins bonnes performances bien qu'encourageantes : un Jsc de 28.50 mA/cm², un Voc de 587.9 mV, un FF de seulement 64.11 % le tout pour une efficacité de 10.52 %. La figure 1 présente les performances photovoltaïques des cellules CIGS étudiées avec les différentes couches tampons. Nous reportons donc dans ce travail la possibilité de fabriquer des cellules solaires CIGS sans Cadmium ayant des performances similaires ou proches via des procédés faibles coûts pouvant être développés sur de larges surfaces et à l'échelle industrielle.

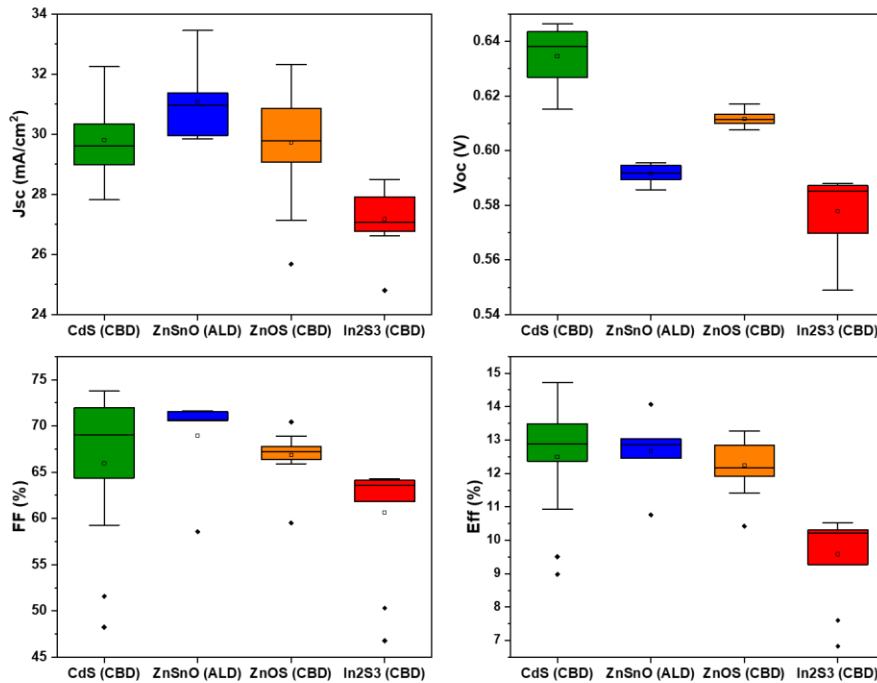


Figure de mérites des performances des cellules solaire CIGS avec différentes couches tampons

Reference :

- [1] C. Radue, E. E. van Dyk, E. Q. Macabebe, Thin Solid Films, 517(7), (2009) 2383-2385.
- [2] Li Zhu, Jiqiang Zhang, Di Wang, Ruohong Wang, Yong Sun, Cuigu Wu, Renewable Energy, 177, (2021) 1356-1371.
- [3] Yi-Chung Wang, Tsung-Ta Wu, Yu-Lun Chueh, Materials Chemistry and Physics, 234, (201) 329-344.
- [4] W. Witte, S. Spiering, D. Hariskos, W. Witte, S. Spiering, D. Hariskos, Vakuuum in Forschung und Praxis, vol.26(1), (2014) 23-7.