

Corrélation entre paramètres de dépôt et composition de couches minces co-évaporées à base de CIGS

A. Thomere^{1,2,3}, C. Guillot-Deudon¹, N. Barreau¹, R. Bodeux^{2,3}, M. T. Caldes¹, A. Lafond¹
¹ Institut des Matériaux Jean Rouxel (IMN), Université de Nantes, CNRS. 2 rue de la Houssinière, BP 32229, 44322 Nantes Cedex 3, France ; ² EDF R&D, 30 Route Départementale 128, 91120, Palaiseau, France; ³ Institut Photovoltaïque d'Ile-de-France (IPVF), 30, Route départementale 128, 91120 Palaiseau, France
* e-mail: angelica.thomere@cnrs-imn.fr

Mots clé : couches minces, CIGS, chalcopyrite, co-évaporation, tandem

Dans le but de dépasser la limite théorique de 30% des cellules solaires à simple jonction, les cellules solaires tandem ont été proposées. Lorsque la cellule du bas est une cellule à base de silicium, il a été calculé que l'énergie de bande interdite idéale du matériau de la cellule du dessus devait être de 1,7 eV. Les chalcogénures tels que CIGS (Cu(In,Ga)S₂ ou Se₂) sont de bons candidats pour cette application du fait que l'on peut directement ajuster la valeur du gap en fonction de leur composition chimique. Les séléniures CIGSe ont été plus étudiés et présentent des performances plus élevées [1] que les sulfures CIGS [2], mais le gap maximum de ces composés reste faible pour l'application aux cellules tandem. Il est donc nécessaire d'améliorer les connaissances sur les composés à base de soufre.

Nous avons montré par une étude cristallographique [3] que le comportement des sulfures face aux changements de composition est très différent de celui des séléniures. En effet, lorsqu'on introduit des déficits en cuivre dans la composition visée, les séléniures gardent une structure tétragonale dans un grand domaine de composition contrairement aux sulfures pour lesquels un équilibre se crée entre deux phases, l'une proche de la stœchiométrie et l'autre pauvre en cuivre. La structure de la phase pauvre en cuivre est tétragonale pour les composés pur gallium, trigonale pour les composés mixtes et cubique pour les purs indium. Cela pourrait expliquer en partie les différences constatées entre les cellules solaires à base de sélénium et celles à base de soufre.

L'enjeu de notre étude sur les couches minces à base de CIGS est d'avoir un contrôle de la composition afin de faire un lien entre composition, structure et propriétés optoélectroniques. La technique de co-évaporation en une seule étape a été choisie car elle permet d'évaporer la quantité de matière choisie. Plusieurs couches minces ont été réalisées en gardant tous les paramètres constants et en ne faisant varier que le flux de cuivre afin d'introduire des déficits en cuivre croissants. Les résultats des analyses de la composition ont montré que le rapport atomique In/Ga ne reste pas constant dans ces conditions, et que lorsque le déficit en cuivre était trop important la teneur en indium dans la couche était quasiment nulle. Cela peut être dû à la faible pression de vapeur de InS par rapport à In₂S₃ qui se ré-évapore au contact du substrat trop chaud. Nous explorons donc ici d'une part l'effet de la température du substrat sur le dépôt et également celui de la pression en soufre dans le bâti.

Des premiers essais de cellules solaires prometteurs ont également été réalisés en parallèle avec un rendement $\eta=6.0\%$.

Références

- [1] P. Jackson, R. Wuerz, D. Hariskos, E. Lotter, W. Witte, M. Powalla, Effects of heavy alkali elements in Cu(In,Ga)Se₂ solar cells with efficiencies up to 22.6%, Phys. Status Solidi RRL – Rapid Res. Lett. 10 (2016) 583–586
- [2] H. Hiroi, Y. Iwata, S. Adachi, H. Sugimoto, A. Yamada, New World-Record Efficiency for Pure-Sulfide Cu(In,Ga)S₂ Thin-Film Solar Cell With Cd-Free Buffer Layer via KCN-Free Process, IEEE J. Photovolt. 6 (2016) 760–763.
- [3] A. Thomere, C. Guillot-Deudon, M. T. Caldes, R. Bodeux, N. Barreau, S. Jobic, A. Lafond, Chemical crystallographic investigation on Cu₂S-In₂S₃-Ga₂S₃ ternary system, Thin Solid Films 665 (2018) 46-50

Remerciements : Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet C de l'IPVF (Institut Photovoltaïque d'Ile de France). Il a été supporté par le gouvernement français dans le cadre du Programme d'Investissement d'Avenir (ANR-IEED-002-01).