

Etude XPS des absorbeurs Cu(In,Ga)Se₂ après ingénierie chimique : Comprendre la réactivité de surface pour pouvoir contrôler la chimie de surface

Solène Béchu^{1,2}, Anaïs Loubat², Jackie Vigneron², Daniel Lincot³, Jean-François Guillemoles³, Muriel Bouttemy², Arnaud Etcheberry²

¹ IPVF, Institut Photovoltaïque d'Île-de-France, 30 RD 128, 91120 Palaiseau, France,

² ILV, Université de Versailles Saint-Quentin en Yvelines, Université Paris-Saclay, 78035 Versailles, France,

³ CNRS, Institut Photovoltaïque d'Île-de-France, 30 RD 128, 91120 Palaiseau, France

Contact : solene.bechu@ipvf.fr & arnaud.etcheberry@uvsq.fr

Un des points clés dans l'optimisation des cellules solaires à base de Cu(In,Ga)Se₂ (CIGS) est l'ingénierie en face avant et en face arrière de l'absorbeur qui conditionne le succès des étapes suivantes de fabrication. Tout particulièrement, la chimie de surface de CIGS impacte fortement la qualité de l'interface absorbeur/couche tampon, et ce dès les premiers stades du dépôt, qu'il procède par voie physique (ALD, PECVD) ou chimique (CBD). Pour obtenir un contrôle parfait de cette interface, une connaissance précise de la chimie de surface de l'absorbeur CIGS est donc primordiale, qui est accessible via un outil majeur, la spectroscopie des photoélectrons. Dans l'optique d'approfondir les connaissances actuelles de cette chimie de surface du CIGS, une étude comparative des états de surface de CIGS après désoxydation (surface de référence) en solutions acides et basiques et leurs évolutions sous différentes conditions de stockage et de vieillissement a été réalisée pour appréhender sa réactivité.

Nos précédents travaux [1] ont montré qu'une ré-oxydation de la surface était visible après 4 jours de stockage à l'air avec une réémergence du sodium. En effet, partant de surfaces de références exemptes d'oxydes, il est intéressant de savoir pendant combien de temps il est possible de les conserver, sans précaution particulière, avant d'observer des modifications notables de composition. Ce délai est un point important pour le procédé d'élaboration des cellules.

Cette évolution, assez lente à l'échelle de la fabrication des cellules a néanmoins soulevé des questions fondamentales en termes de réactivité par rapport à l'environnement de vieillissement, notamment en termes d'hygrométrie. Une nouvelle étude de vieillissement a donc été réalisée en ultra-vide (hygrométrie minimale). Aucun changement notable n'a été observé après 4 mois de vieillissement, aussi bien en termes de ré-oxydation de la surface qu'en termes de migration d'alcalins. Cette étude nous servira donc par la suite de point ultime de comparaison. Une autre série de vieillissement a cette fois été réalisée dans un milieu aqueux (hygrométrie maximale). Des échantillons ayant subi un traitement préalable en milieu HCl ou HBr:Br₂ ont été immergés dans de l'eau ultra-pure, soit conservée stagnante soit renouvelée tous les 2 jours. Les résultats concernant les évolutions des surfaces dans ces milieux et des différents ratios représentatifs de la composition de l'absorbeur (CGI, GGI et $2*VI/(I+3*III)$, $([Ga]/([Ga]+[In]))$ et $[Cu]/([Ga]+[In])$ $2*[Se]/([Cu]+3*([Ga]+[In]))$, respectivement), ainsi que la migration des alcalins au cours des différents vieillissements seront présentés et discutés en comparatif des résultats obtenus à l'air et en UHV.

Remerciements : Ce travail a été financé par le programme I de l'IPVF soutenu par le programme d'investissement d'avenir ANR IEED 002 01.

Références :

[1]. A. Loubat et al., "Chemical engineering of Cu(In,Ga)Se₂ surfaces: An absolute deoxidation studied by X-ray photoelectron spectroscopy and Auger electron spectroscopy signatures", *Thin Solid Films*, 633, pp 87-91, 2017.