

Co-évaporation rapide d'absorbeur de CuGaSe_2 assistée par AgBr pour la réalisation de cellule photovoltaïque à haut rendement

T. Lepetit, E. Palmiotti, P. Tsoulka, A. Rivalland, S. Harel, L. Arzel, A. Rockett, N. Barreau

Le composé CuGaSe_2 , de par son coefficient d'absorption élevé et son gap direct de 1,7eV, est un candidat sérieux pour constituer l'absorbeur de la cellule supérieure au sein de cellules tandem, avec une cellule inférieure en silicium notamment. Cependant, la cinétique de croissance de ce composé est très lente. De même, l'obtention de larges grains est difficile, alors qu'il a été montré que l'activité électronique des joints de grains au sein des absorbeurs de Cu(In,Ga)Se_2 présentant un taux de Gallium élevé était préjudiciable pour les performances électriques [1]. Ainsi, de longues étapes de relaxation (à 550°C) ou des dépôts à plus haute température (650°C) sont nécessaires pendant la co-évaporation de ses constituants pour permettre la formation d'une phase homogène de CuGaSe_2 , sans présence de la phase CuGa_3Se_5 , avec une morphologie correcte [2]. Ces contraintes lors de la croissance sont un frein à la production industrielle de ce composé. Dans le domaine du photovoltaïque en couches minces inorganiques, seuls les dispositifs basés sur un absorbeur de CdTe restent viables économiquement car leur procédé de fabrication est rapide et fiable. Les absorbeurs de CdTe sont déposés rapidement à basse température puis soumis à un recuit en présence de CdCl_2 , un halogénure permettant d'améliorer la morphologie et les propriétés opto-électroniques des absorbeurs. Récemment, il a été démontré que l'utilisation de traitements similaires, basés sur l'évaporation d'halogénures de métaux (InCl_3 , CuCl_2 , AgBr), permettait la recristallisation de couches de Cu(In,Ga)Se_2 déposées à basse température [3-5]. Dans cette étude, nous démontrerons que l'évaporation de 40mg d' AgBr pendant la co-évaporation du CuGaSe_2 permet de diviser le temps de dépôt d'un facteur deux par rapport à notre procédé de dépôt standard (CuPRO modifié), tout en améliorant la qualité cristalline des couches déposées. Nous présenterons un modèle de croissance permettant de comprendre comment les halogénures de métaux et en particulier le bromure d'argent, permettent d'augmenter significativement la taille des grains. Enfin, nous présenterons les caractéristiques électriques remarquables des dispositifs associés, avec notamment des efficacités supérieures à 8 % et un gain en tension de circuit ouvert supérieure de 90mV par rapport à la référence.

[1] Cojocaru-Mirédin, O., Raghuvanshi, M., Wuerz, R., & Sadewasser, S. (2021). Grain Boundaries in Cu(In,Ga)Se_2 : A Review On Composition-Electronic Property Relationships by Atom Probe Tomography and Correlative Microscopy. *Advanced Functional Materials*, 2103119.

[2] Tsoulka, P., Rivalland, A., Arzel, L., & Barreau, N. (2020). Improved CuGaSe_2 absorber properties through a modified co-evaporation process. *Thin Solid Films*, 709, 138224.

[3] Belfore, B., Poudel, D., Karki, S., Soltanmohammad, S., Palmiotti, E., Lepetit, T., ... & Marsillac, S. (2021). Recrystallization of Cu(In,Ga)Se_2 Semiconductor Thin Films via InCl_3 Treatment. *Thin Solid Films*, 138897.

[4] Poudel, D., Belfore, B., Ashrafee, T., Palmiotti, E., Karki, S., Rajan, G., Lepetit, T., Rockett, A., & Marsillac, S. (2021). In Situ Recrystallization of Co-Evaporated Cu(In,Ga)Se_2 Thin Films by Copper Chloride Vapor Treatment towards Solar Cell Applications. *Energies*, 14(13), 3938.

[5] Poudel, D., Lepetit, T., Belfore, B., Palmiotti, E., Ashrafee, T., Karki, S., ... & Marsillac, S. (2021, June). Studying the Recrystallization of Cu(In,Ga)Se_2 Semiconductor Thin Films by Silver Bromide In-situ Treatment. In *2021 IEEE 48th Photovoltaic Specialists Conference (PVSC)* (pp. 2307-2311). IEEE.

