

Matériaux pérovskites et élaboration de cellules hybrides Pb/Sn pour des applications de cellules tandem toutes pérovskites

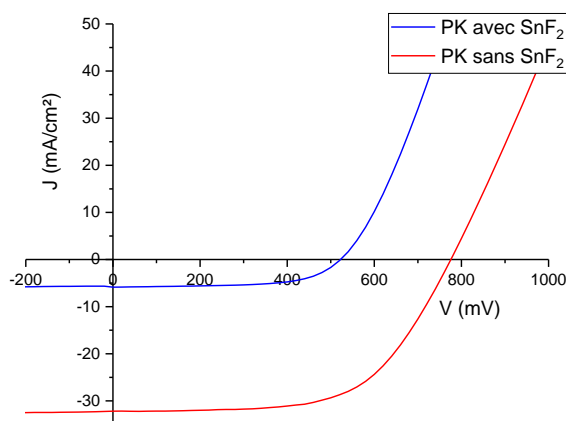
Auteurs : Jules Allegre (jules.allegre@cea.fr), Séverine Bailly, Polyxeni Tsoulka, Lisa Champault, Matthieu Manceau, Noëlla Lemaitre, Solenn Berson.

Affiliation : Université Grenoble Alpes, CEA, LITEN, INES, F-38000, France

Résumé :

Dans le contexte climatique actuel, le mix énergétique a besoin d'évoluer vers des technologies décarbonnées performantes, peu chères et avec un faible impact environnemental¹. Le matériau semi-conducteur pérovskite (PK) semble être un très bon candidat car il offre la possibilité d'être produit à faible température pour réduire l'impact économique et environnemental et d'être réalisée sur substrat flexible pour diversifier les applications de la technologie photovoltaïque à l'intégration bâtiment, l'automobile ou autres. Néanmoins, pour rendre ce matériau compétitif il est nécessaire d'atteindre des cellules solaires avec des rendements supérieurs à 30%. Pour cela, la technologie tandem toutes pérovskites semble être la meilleure option². Elle a l'avantage de coupler deux sous-cellules d'énergie de bande interdite (gap) différente, une cellule grand gap pour absorber les photons de hautes énergies et filtrer les faibles énergies qui seront absorbés par la deuxième cellule faible gap. Pour obtenir ces cellules pérovskites petits gaps (~1.25eV) il est nécessaire de mixer de l'étain (Sn) aux habituelles cellules à base de plomb (Pb).

Les cellules solaires hybrides Pb-Sn sont l'un des points clés de la technologie tandem toutes pérovskites. Néanmoins, les faibles stabilités du matériau pérovskite couplées à l'oxydation facile de l'étain impactent grandement les performances de ces cellules³. Pour limiter cette oxydation parasite plusieurs stratégies sont envisagées, la nôtre consiste à ajouter le bien connu additif SnF₂ couplé avec de l'étain métallique (Sn⁰). Les performances obtenues sur la pérovskite FA_xCs_{1-x}Pb_ySn_{1-y}I₃ (où FA est du formamidinium, CH₂(NH₂)₂) se retrouvent ainsi grandement améliorées par une augmentation du V_{oc} et J_{sc}. L'ensemble des optimisations ont permis d'atteindre 15% de rendement PV sur 0.33 cm² de surface active.



Les analyses morphologiques au microscope électronique à balayage (MEB) nous ont permis de confirmer la structure colonnaire des grains, bénéfique aux transports des charges. Les mesures par diffraction des rayons X ont confirmé la phase cristalline orthorombique semi-conductrice souhaitée. L'analyse chimique par spectroscopie des rayons X et la spectroscopie par photoémission d'ultraviolet permettront de montrer les états oxydés de l'étain ainsi que les états énergétiques de la pérovskite en fonction des additifs utilisés (en cours de réalisation).

Le travail présenté consiste donc à comprendre les mécanismes d'amélioration des cellules solaires Pb/Sn suite à l'incorporation des additifs SnF₂ et Sn⁰ grâce à des caractérisations avancées complémentaires.

¹ Priyadarshi R. Shukla et al., GIEC (Cambridge: IPCC, 2022), <https://doi.org/10.1017/9781009157926.001>.

² Zongqi Li et al. *Joule* 2, n° 8 (15 août 2018): 1559- 72, <https://doi.org/10.1016/j.joule.2018.05.001>.

³ Hugh Lu Zhu et Wallace C. H. Choy, *Solar RRL* 2, n° 10 (octobre 2018): 1800146, <https://doi.org/10.1002/solr.201800146>.