

Couche sélective d'électrons en SnO₂ dans les cellules NIP à base de pérovskite : analyse des limitations aux interfaces

Félix Gayot¹, Elise Bruhat¹, Matthieu Manceau¹, Eric De Vito², Stéphane Cros¹

¹Univ. Grenoble Alpes, INES, F-73375 Le Bourget du Lac, France CEA, LITEN, Département des Technologies Solaires, F-73375 Le Bourget du Lac

²Univ. Grenoble Alpes, CEA, LITEN, Département des Technologies des Nanomatériaux, 38054 Grenoble Cedex, France felix.gayot@cea.fr

Les cellules photovoltaïques à base de pérovskite (PK) simple-jonction et tandem PK/Si nécessitent des couches sélectives de charges de haute qualité contactant le film photoabsorbeur de PK afin de promouvoir une extraction sans perte des charges photogénérées. L'oxyde d'étain IV (SnO₂) est aujourd'hui l'un des matériaux couramment utilisés pour la réalisation de couches sélectives d'électron (ESL) hautement performantes pour ce type de cellules (1). Bien que les ESL en SnO₂ soient principalement déposées par voie liquide, plusieurs groupes se tournent vers des dépôts sous vide, et notamment le dépôt par couche atomique (ALD), comme des techniques plus à même de répondre aux critères de l'industrialisation des cellules à base de PK (2). Plusieurs travaux présentent déjà la fabrication d'ESL fonctionnelles en SnO₂ déposé par ALD (SnO₂^{ALD}) pour les cellules PK et cellules tandem PK/Si (3, 4). Toutefois, leurs performances sont limitées par une interface défective avec la PK. L'ajout d'une autre couche mince au-dessus du SnO₂^{ALD} et ainsi former des ESL bi-couches a pu montrer une certaine passivation de ces défauts (5, 6). Néanmoins, leurs performances restent inférieures à celles des cellules employant des ESL en SnO₂ déposé par voie liquide (7, 8).

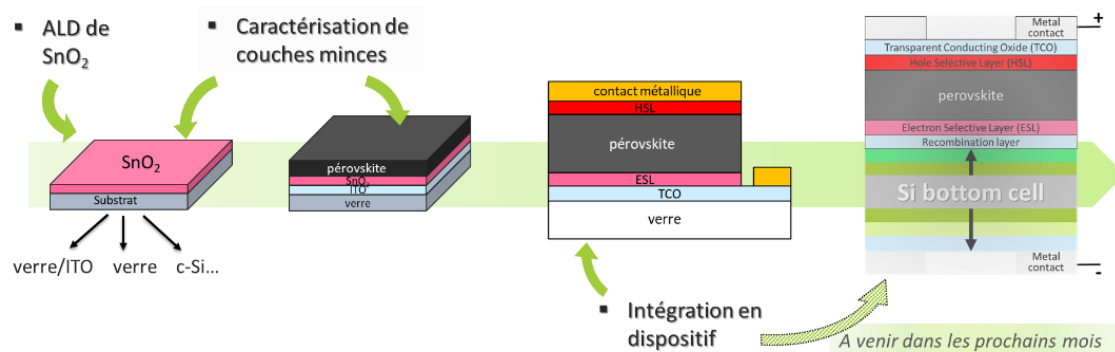


Figure 1 - Schéma représentatif de notre stratégie d'étude comparative, de la caractérisation de couches minces à l'intégration en dispositif photovoltaïque.

Visant une meilleure compréhension des limitations induites par le SnO₂^{ALD} lorsqu'employé comme ESL mono-couche, ces travaux présentent une étude comparative systématique entre un SnO₂ de référence déposé par voie liquide et le SnO₂^{ALD}. Les propriétés chimiques, électriques, optiques et topographiques de chaque type de film ont été analysés, de même que leur intégration en cellule PK simple-jonction. L'impact de divers recuits sur les propriétés des couches minces et sur les performances des dispositifs a également été étudié. Les résultats montrent des différences significatives entre les deux types de couches de SnO₂. Notamment, les films de SnO₂^{ALD} sont largement plus conducteurs et ne présentent pas le même état de surface que les films de SnO₂ déposés par voie liquide. Par conséquent, les cellules solaires fabriquées employant une ESL en SnO₂^{ALD} montrent de fortes limitations de performance malgré des propriétés optiques et électriques de haute qualité de ce matériau. En revanche, l'étude des propriétés des films de PK formés sur chaque type de SnO₂ n'a pas soulevé de différence significative. Cela nous permet de supposer l'existence de facteurs limitants à l'interface SnO₂^{ALD}/PK, en accord avec d'autres travaux (6, 9). Les caractérisations en cours de l'alignement des niveaux d'énergie et de l'environnement chimique à l'interface SnO₂/PK par spectroscopie photo-électronique (XPS, HAXPES, UPS) ainsi que l'examen poussé de l'état de surface du SnO₂^{ALD} par microscopie en champ proche (AFM, KPFM) pourront certainement accroître notre compréhension des mécanismes régissant l'extraction des électrons à l'interface ESL/PK.

1. C. Altinkaya *et al.*, *Advanced Materials*. **33**, 2005504 (2021).
2. V. Zardetto *et al.*, *Sustainable Energy Fuels*. **1**, 30–55 (2017).
3. J. P. Correa Baena *et al.*, *Energy Environ. Sci.* **8**, 2928–2934 (2015).
4. S. Albrecht *et al.*, *Energy Environ. Sci.* **9**, 81–88 (2016).
5. C. Wang *et al.*, *J. Mater. Chem. A*. **4**, 12080–12087 (2016).
6. A. F. Palmstrom *et al.*, *Advanced Energy Materials*. **8**, 1800591 (2018).
7. Q. Jiang *et al.*, *Nature Photonics*. **13**, 460–466 (2019).
8. J. J. Yoo *et al.*, *Nature*. **590**, 587–593 (2021).
9. Y. Lee *et al.*, *Adv. Sci.* **5**, 1800130 (2018).