

# Développement de TCO sans Indium pour les cellules solaires silicium à contacts passivés

Elise Bruhat<sup>1</sup>, Thibaut Desrues<sup>1</sup>, Bernadette Grange<sup>1</sup>, Danièle Blanc-Pélissier<sup>2</sup> et Sébastien Dubois<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Université de Lyon, Institut des Nanotechnologies de Lyon INL - UMR5270, CNRS, Ecole Centrale de Lyon, INSA Lyon, Villeurbanne, France

L'amélioration des performances des cellules photovoltaïques en silicium cristallin (c-Si) passe par la réduction des recombinaisons surfaciques et donc l'obtention de hautes valeurs de Tensions de Circuit Ouvert ( $V_{OC}$ ). Pour cela il est nécessaire d'utiliser des technologies à contacts passivés comme les structures à hétérojonction de silicium<sup>1</sup>, « sans dopants »<sup>2</sup>, « poly-Si/SiOx »<sup>3,4</sup> ou encore « à homojonctions faiblement dopées »<sup>5</sup>. Ces technologies impliquent de fortes résistances carrées ( $R_{Sheet}$ ) des zones surdopées. Le dépôt d'oxydes transparents conducteurs (OTC) sur ces jonctions permet d'en augmenter les propriétés électriques (résistivité latérale et de contact) et optiques (réflectivité). Ainsi l'utilisation d'OTC devient indispensable à la fabrication des structures de cellules silicium bifaciales à haut rendement.

L'oxyde d'indium dopé à l'étain (ITO) obtenu par pulvérisation cathodique (PC) est le standard actuel pour le dépôt de tels matériaux. Néanmoins l'Indium est une ressource chère, ainsi le développement d'OTC sans Indium comme l'oxyde de zinc dopé à l'aluminium par PC<sup>6</sup> ou par Atomic Layer Deposition (ALD)<sup>7</sup> présente un intérêt industriel. Ainsi l'objectif de cette étude a été de développer des couches AZO (ALD) et AZO (PC) optimisées.

Si les propriétés optiques et électriques de l'AZO (PC) sont améliorées par rapport à l'ITO standard, ce n'est pas le cas de l'AZO (ALD) (Figure 1a). Les propriétés électriques d'une telle couche ne suffisent pas à assurer un bon contact électrique avec la métallisation :  $\rho_{contact}(AZO(ALD)-Ag) = 4.10^{-1} \Omega.cm^2$ . La PC permet, quant à elle, une résistivité de contact inférieure à  $1.10^{-3} \Omega.cm^2$ , permettant ainsi une bonne collecte des charges. Cependant, cette dernière génère de fortes dégradations de la passivation de surface, l'AZO (ALD) semble alors nécessaire en tant que couche protectrice. En effet, comme le montre la Figure 1b, une épaisseur de 30nm d'AZO(ALD) est nécessaire afin de ne pas dégrader la passivation de surface. Ainsi, des empilements ITO(PC)/AZO(ALD) et AZO(PC)/AZO(ALD) ont été étudiés sur des structures de cellules à contacts passivés. Des alternatives bas/sans indium industrialisables et préservant les  $V_{OC}$  élevés ont donc été trouvées.

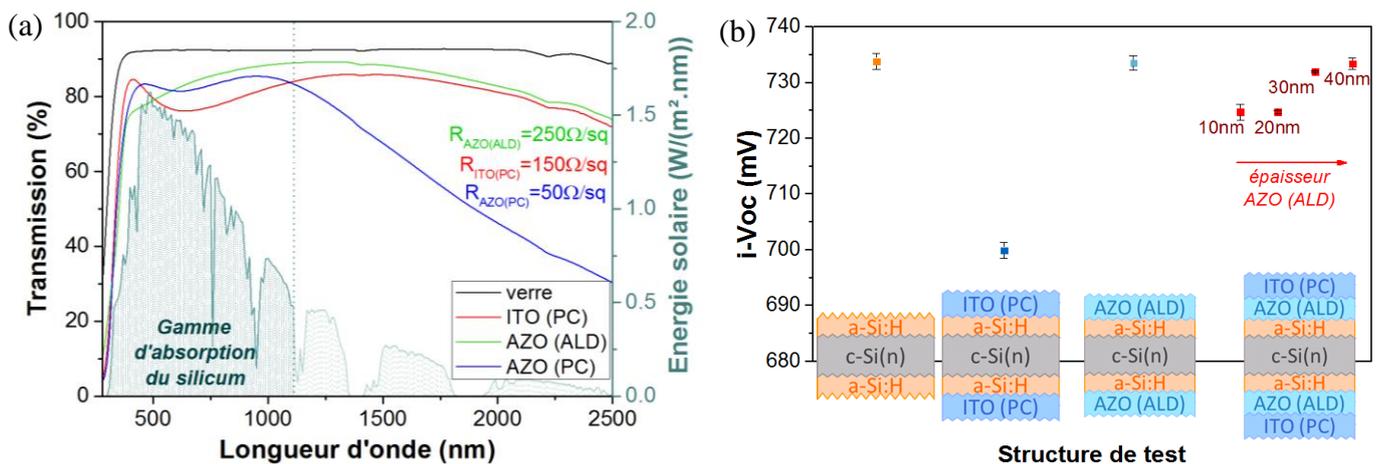


Figure 1: Spectres en transmission et résistance des différentes couches OTC/verre développées (a) et évolution de la passivation en fonction de l'épaisseur de couche d'AZO (ALD) protectrice (b).

## Bibliographie

<sup>1</sup> D. Adachi *et al.*, Appl. Phys. Lett. **107**, 233506 (2015).

<sup>2</sup> J. Bullock *et al.*, in *Photovolt. Spec. Conf. PVSC 2016 IEEE 43rd* (IEEE, 2016), pp. 210–214.

<sup>3</sup> F. Feldmann *et al.*, Sol. Energy Mater. Sol. Cells **159**, 265 (2017).

<sup>4</sup> R. Peibst *et al.*, IEEE J. Photovolt. **1** (2018).

<sup>5</sup> R. Müller *et al.*, Sol. Energy Mater. Sol. Cells **120, Part A**, 431 (2014).

<sup>6</sup> A.B. Morales-Vilches *et al.*, in (Lausanne, Switzerland, 2018), p. 40016.

<sup>7</sup> B. Demareux *et al.*, IEEE J. Photovolt. **4**, 1387 (2014).