

Hydrogénation des oxydes transparents conducteurs pour les cellules à contacts passivés poly-silicium sur oxyde

Charles SERON^{a,b}, Thibaut DESRUES^a, Quentin RAFHAY^b, Anne KAMINSKI^b
et Sébastien DUBOIS^a

^aUniv. Grenoble Alpes, CEA, LITEN, DTS, LHMJ, INES, F-38000 Grenoble, France

^bUniv. Grenoble Alpes, Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS, Grenoble INP, IMEP-LAHC, 38000 Grenoble, France

Les cellules photovoltaïques industrielles à base de silicium cristallin ne sont toujours pas parvenues à s'affranchir des interfaces directes entre le métal et le silicium. Ces zones de contacts entraînent des recombinaisons de charges qui affectent les tensions de circuit ouvert (V_{OC}) des cellules qui n'excèdent pas 675 mV. Afin de rehausser les performances de ces dispositifs, l'intégration de contacts passivés est une voie particulièrement prometteuse. En pratique, on peut citer les cellules à hétérojonction de silicium ou encore les empilements de poly-silicium dopé sur oxyde tunnel (Poly-Si/SiO_x), qui atteignent des V_{OC} supérieures à 700 mV [1]. Ces performances peuvent en outre être améliorées par des traitements d'hydrogénation [2].

Une architecture de cellule avec des contacts passivés Poly-Si/SiO_x intégrés sur les faces avant et arrière de la cellule est en développement au CEA-INES (figure 1a). Afin de réduire les coûts de production des cellules à haute performance, cette structure est composée d'un nombre limité d'étapes de fabrication. En effet, le dépôt de couches de poly-Si intrinsèques se fait en double face par LPCVD (« Low Pressure Chemical Vapor Deposition ») avant le dopage des couches par Implantation Ionique par Immersion Plasma (PIII). Après un recuit de cristallisation et d'activation des dopants, des couches d'oxydes transparents conducteurs (OTC) sont déposées par pulvérisation cathodique (PC). Ces couches OTC permettent d'assurer une bonne prise de contact sur les couches de poly-Si minces (≤ 20 nm) et très résistives. L'oxyde d'indium dopé à l'étain (ITO) est l'OTC majoritairement utilisé aujourd'hui dans les structures à contacts passivés. Cependant les contraintes liées aux ressources disponibles en Indium ainsi qu'à son coût incitent à rechercher des alternatives de manière pressante.

Dans cette étude, l'impact de différentes techniques d'hydrogénation des couches OTC a été investigué. D'une part, l'implantation de dihydrogène H₂ par PIII a permis d'améliorer la conductivité des couches OTC. En effet, une comparaison entre l'ITO et l'oxyde de zinc dopé à l'aluminium (AZO), candidat pour le remplacement de l'ITO, a été menée. Des résistances de couches divisées par deux ont pu être mesurées pour les deux matériaux après un traitement PIII-H₂ suivi d'un recuit entre 200 et 350°C sous diazote N₂. Cet effet est notamment dû à une hausse de la concentration et de la mobilité des porteurs de charges.

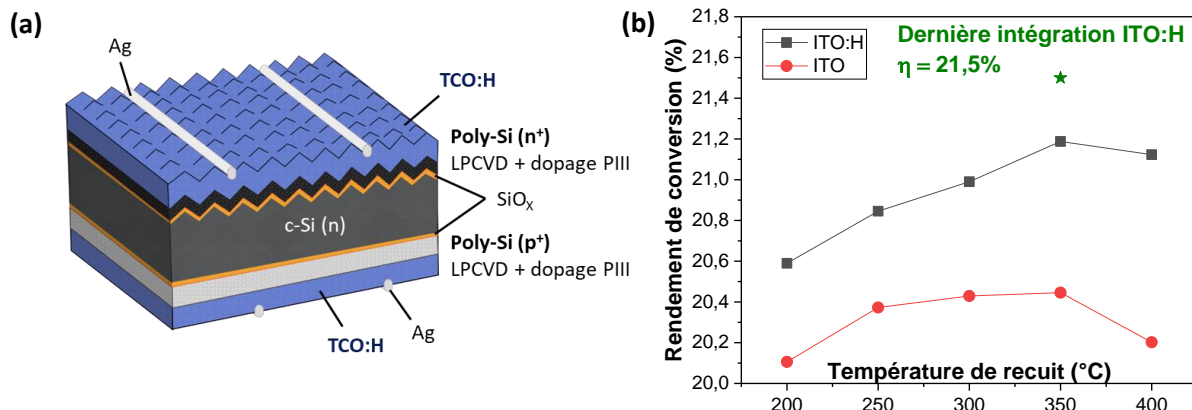


Figure 1 a) Structure d'étude à contacts passivés double face -b) Variation du rendement avec la température de recuit pour des couches OTC standard et hydrogénées.

Par ailleurs, l'hydrogénation durant le dépôt des couches d'ITO a permis de montrer l'importance de l'hydrogène sur un dispositif complet à contacts poly-Si/SiO_x intégrés en double face. En raison d'une bonne passivation des défauts et des interfaces conjuguée à l'amélioration de la conductivité de l'OTC, des gains en V_{OC} ainsi qu'une amélioration de plus de 2% du facteur de forme (FF) ont été constatés avec l'utilisation de l'ITO:H. L'effet sur le rendement de conversion est significatif puisqu'une augmentation de 0,8% abs. a été observée par rapport à l'ITO standard (figure 1b). Les optimisations les plus récentes, comprenant notamment l'amincissement de la couche de poly-Si, ont permis d'atteindre un rendement de 21,5%.

- [1] R. Peibst *et al.*, « Building Blocks for Industrial, Screen-Printed Double-Side Contacted POLO Cells With Highly Transparent ZnO:Al Layers », *IEEE J. Photovolt.*, p. 1-7, 2018, doi: 10.1109/JPHOTOV.2018.2813427.
- [2] B. Hallam *et al.*, « The role of hydrogenation and gettering in enhancing the efficiency of next-generation Si solar cells: An industrial perspective », *Phys. Status Solidi A*, juin 2017, doi: 10.1002/pssa.201700305.