

# Nano-pyramides d'InGaN pour les cellules solaires

Walid El-Huni\*<sup>1</sup>, Paul L. Voss<sup>1,3</sup>, Jean-Paul Salvestrini<sup>1,3</sup>, Zakaria Djebbour<sup>2,4</sup>, Anne Migan<sup>2</sup> et Abdallah Ougazzaden<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> CNRS UMI 2958 Georgia Tech-CNRS, 57070 Metz, France

<sup>2</sup> GeePs ; CNRS UMR 8507 ; CentraleSupélec ; Univ Paris-Sud ; Sorbonne Universités-UPMC Univ Paris 06 ; 11 rue Joliot-Curie, Plateau de Moulon, F-91192 Gif-sur-Yvette Cedex, FRANCE

<sup>3</sup> School of Electrical and Computer Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta, USA

<sup>4</sup> Département des Sciences Physiques, UVSQ, 45 avenue des Etats-Unis, 78035 Versailles, France

Email : walid.elhuni@gmail.com

Les matériaux à base de nitrure ont été étudiés intensivement ces dernières années pour leur application dans le domaine du photovoltaïque (PV) [1]. Ces alliages ont une bande interdite directe et modifiable sur une large gamme de longueurs d'onde couvrant la majorité du spectre solaire [2], ce qui rend possible la fabrication d'une cellule solaire à multijonction à base du même matériau. Il existe cependant certains défis qui limitent les performances de ces matériaux, comme, par exemple, l'effet de polarisation et la croissance d'une couche relativement épaisse et de bonne qualité (limitée par le désaccord de maille conduisant à la relaxation de la couche active). La croissance d'une couche d'InGaN avec une épaisseur supérieure à quelques dizaines de nanomètres est ainsi problématique [3].

La croissance sélective à l'échelle nanométrique par MOVPE permet de s'affranchir de ces problèmes [4]. La figure 1 montre une image MEB (Microscopie électronique à balayage) ainsi qu'une image MET (Microscopie électronique à transmission) d'un réseau de nano-pyramides d'InGaN obtenues sur un substrat de GaN. Cette technique permet d'obtenir des nanostructures d'InGaN ayant une forme pyramidale homogène, d'une centaine de nanomètres de hauteur, exemptes de défauts intrinsèques et présentant six facettes semi-polaires lisses. Cette technique permet également une forte incorporation d'indium dans l'alliage, sans perte de qualité cristalline et une croissance sur des substrats fortement désaccordés en paramètres de maille.

Nous avons mené une étude de simulation pour des cellules solaires à base de nano-pyramides d'InGaN avec le logiciel TCAD Atlas de SILVACO. Nous avons utilisé la méthode FDTD pour la propagation du champ optique et le calcul du taux de photogénération (figure 2). De telles nano-structures ne présentent pas de charges de polarisation aux facettes m-plane. Nous avons calculé par simulation, le rendement de conversion de puissance pour différentes compositions d'indium et pour différents taux de dopage de la couche i-GaN. Des rendements de près de 8% pour 30% d'indium dans l'alliage (figure 3) sont possibles. S'il était faisable d'assurer une croissance de qualité, pour une cellule PV basée sur une couche planaire d'InGaN de 200 nm d'épaisseur, les rendements obtenus seraient du même ordre de grandeur. De telles nanostructures sont donc très attractives pour la réalisation de cellules solaires à grand gap.

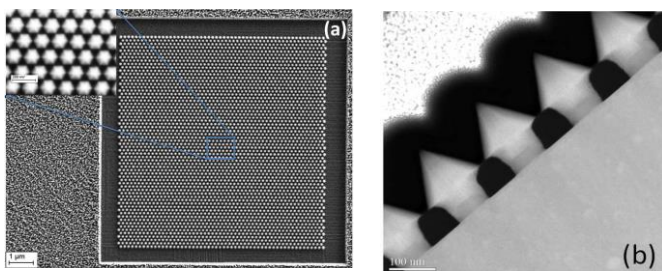


Figure 1: Image MEB (a) et MET (b) d'une structure nano-pyramides d'InGaN développée sur un substrat de GaN [4]

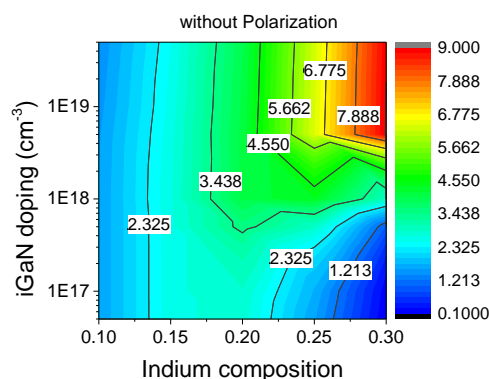


Figure 3: Rendement de conversion pour différentes compositions d'indium et différents taux de dopage de la couche i-GaN

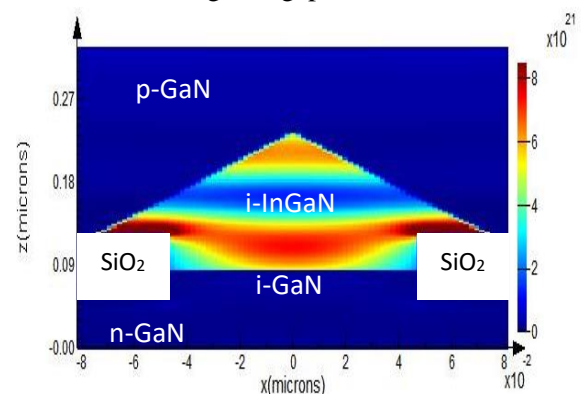


Figure 2: Taux de photogénération estimé pour une cellule PV à base de nano-structures d'InGaN contenant 30% d'indium.

- [1] W. El-Huni et al., *Prog. Photovoltaics Res. Appl.*, 24, 11(2016), 1436–1447.
- [2] J. Wu et al., *J. Appl. Phys.*, vol. 94, no. 10, pp. 6477–6482, 2003.
- [3] K. Pantzas et al., *J. Cryst. Growth*, vol. 370, pp. 57–62, may 2013.
- [4] S. Sundaram et al., *J. Appl. Phys.*, vol. 116, no. 16, p. 163105, 2014