

# Caractérisation du potentiel de circuit-ouvert d'une cellule solaire Si à jonction radiale PIN en couche mince par la technique de Kelvin Probe Force Microscopy

Clément Marchat<sup>1,2</sup>, Letian Dai<sup>2,3</sup>, Soumyadeep Misra<sup>3</sup>, Alexandre Jaffré<sup>2</sup>, José Alvarez<sup>2</sup>, Alexandra Levtschenko<sup>2</sup>, Sylvain Le Gall<sup>2</sup>, James Connolly<sup>1,2</sup>, Martin Foldyna<sup>3</sup>, Jean-Paul Kleider<sup>2</sup>, Pere Roca i Cabarrocas<sup>3</sup>

<sup>1</sup> IPVF, Institut Photovoltaïque d'Île-de-France, 91120 Palaiseau, France

<sup>2</sup> GeePs, CNRS, CentraleSupélec, Univ Paris-Sud, Sorbonne Universités-UPMC Univ Paris 06, Université Paris Saclay, 91192 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>3</sup> LPICM, CNRS, Ecole Polytechnique, Université Paris Saclay, 91128, Palaiseau, France

Les réseaux de nanofils en Si avec une architecture à jonction radiale (JR) en couche mince sont des nanostructures prometteuses pour le photovoltaïque (PV) en raison de leurs propriétés de piégeage optique et de collecte des porteurs. Ces cellules à nanofils réduisent notamment la quantité de matière par rapport à une structure planaire tout en offrant des rendements de conversion équivalents ou supérieurs [1].

L'optimisation de ces cellules à nanofils requiert de multiples caractérisations, qui de façon optimale nécessitent d'être réalisées à l'échelle individuelle d'un nanofil. Dans cette étude nous sommes intéressés à la technique de sonde de Kelvin sous éclairage dite « photovoltage de surface » dans le but d'évaluer la possibilité de mesurer le potentiel de circuit ouvert de nanofils à JR de façon individuelle.

Ces mesures ont été réalisées à partir d'une plateforme AFM (TRIOS) qui permet d'éclairer l'échantillon au cours de la mesure électrique. En outre, nous avons installé dans l'espace de mesure de l'AFM, un micro positionneur à pointe offrant la possibilité d'effectuer, dans les mêmes conditions que les mesures par AFM, la mesure des propriétés macroscopiques courant-tension (I-V) des cellules (à l'obscurité ou éclairage).

Les dispositifs analysés dans cette étude sont des cellules à JR composées de nanofils fortement dopés en Si recouverts par des couches minces de silicium amorphe hydrogéné (a-Si:H) [2]. Les mesures de KPFM à l'obscurité et sous éclairage ont d'abord été réalisées sur des cellules à nanofils finalisées avec un contact avant en ITO. Le photovoltage de surface a montré des valeurs surpassant les 650 mV et présente pour les différentes puissances d'illumination utilisées une bonne correspondance avec les valeurs de la tension de circuit ouvert ( $V_{OC}$ ) macroscopique, l'écart restant en dessous des 5%. Les mesures KPFM suivantes, faites sur les nanofils individuels (sur des précurseurs de cellule, sans contact avant) ont révélé un important effet d'ombrage venant de la pointe AFM dans le cas d'une illumination par le dessus. Une illumination de biais limite fortement cet effet et permet de retrouver la variation logarithmique du photovoltage avec la puissance incidente, cependant les valeurs obtenues restent inférieures de 25% à celles de  $V_{OC}$  macroscopique. Plusieurs raisons peuvent expliquer cette différence, notamment un reste d'ombrage de la pointe AFM, mais aussi un changement de la courbure de bande surfacique du fait que les précurseurs de cellules pour la mesure de nanofils individuels ne sont pas recouverts avec de l'ITO.... Malgré ces problèmes, nous montrons la capacité de la technique KPFM pour imager la tension de circuit ouvert à l'échelle locale sur les dispositifs finalisés avec une bonne perspective d'en faire autant sur les nanofils individuels.

[1] S. Misra, L. Yu, W. Chen, M. Foldyna and P. Roca i Cabarrocas, J. Phys. D: Appl. Phys. 47 (2014) 393001

[2] S. Misra, L. Yu, M. Foldyna, P. Roca i Cabarrocas, IEEE vol.5 p.40-45 (2014) 14820286