

Application de la spectroscopie d'admittance aux cellules multi-jonctions.

Cyril Leon¹, Sylvain Le Gall¹, Marie-Estelle Gueunier-Farret¹, Aurore Brézard-Oudot¹, Alexandre Jaffré¹, Karim Medjoubi², Romain Cariou², Jean-Paul Kleider¹.

¹Group of electrical engineering - Paris (GeePs), CNRS, CentraleSupélec, Univ. Paris-Sud, Univ. Paris-Saclay, Sorbonne Univ., 11 rue Joliot-Curie, 91192 Gif-sur-Yvette, France.

²Univ. Grenoble Alpes, CEA, LITEN, INES, Grenoble 38000, France.

Les cellules solaires à multi-jonctions offrent la possibilité de dépasser les rendements théoriques maximum des cellules solaires constituées d'une simple jonction. Les rendements records pour les technologies couplant des matériaux III-V et silicium sont de 32.8 % et 35.9 % pour des cellules constituées respectivement, de deux jonctions (GaAs/Si – 4 terminaux) et de trois jonctions (GaInP/GaAs/Si – 4 terminaux).^[1] Parmi toutes les configurations possibles, l'association monolithique, ou 2 terminaux (2T), est la plus développée au niveau industriel. Les efficacités record pour cette association atteignent 24.3 % lorsque les matériaux III-V (GaInP/GaAs) croissent directement sur le Si et 34.1 % lorsque les matériaux III-V (GaInP/AlGaAs) sont collé sur le Si.^[2] Toutefois la caractérisation des multi-jonctions monolithiques présente un enjeu certain du fait du couplage électrique et optique entre les jonctions qui constituent la structure.

Dans des travaux récents, nous avons détaillé une méthode non-destructive permettant de séparer les capacités de chacune des sous-cellules dans une cellule tandem 2T.^[3] Il a été montré que sous une illumination spécifique où une seule des sous-cellules absorbe entièrement la lumière comme représenté sur la Figure 1, la capacité de la cellule absorbante est entièrement court-circuitée dès lors que la fréquence du signal de mesure AC est suffisamment faible. La Figure 2 montre les résultats de simulation avec Silvaco Atlas des courbes capacité-fréquence à température ambiante d'une structure tandem AlGaAs/Si^[4] où la sous-cellule du haut (Top) est la cellule absorbante sous illumination (TSC_{λ1}). La Figure 2 montre que pour des fréquences inférieures à 1 kHz la capacité de la TSC_{λ1} est égale à la capacité de la cellule du bas (Bottom). Des mesures capacité-tension à des fréquences inférieures à 1 kHz permettent alors de remonter aux propriétés de la cellule Bottom (Densité de dopage dans la base et potentiel de diffusion).

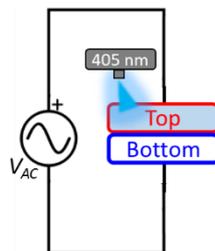


Figure 1 : Schéma de la cellule tandem éclairée de sorte que seule la Top absorbe la lumière.

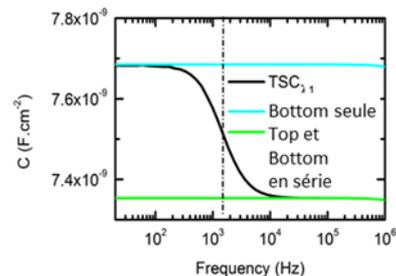


Figure 2 : Simulations des courbes C - f de la structure TSC_{λ1}, de la Bottom et des simulations de la Top et de la Bottom simulées indépendamment et mises en série.

Ce principe est appliqué pour la caractérisation par spectroscopie d'admittance^[5] sur des multi-jonctions (AlGaAs/Si et GaInP/GaAs/Si) préalablement irradiées aux électrons.^[4,6] Les résultats expérimentaux seront complétés par une étude de modélisation afin d'extraire des informations sur les défauts électriquement actifs des sous-cellules.

- [1] Green, MA, Dunlop, ED, Levi, DH, Hohl- Ebinger, J, Yoshita, M, Ho- Baillie, AWY. Solar cell efficiency tables (version 54). *Prog Photovolt Res Appl.* 2019; 27: 565– 575.
- [2] R. Cariou, J. Benick, F. Feldmann, O. Höhn, H. Hauser, P. Beutel, N. Razek, M. Wimplinger, B. Bläsi, D. Lackner, M. Hermle, G. Siefert, S.W. Glunz, A.W. Bett, and F. Dimroth, *Nat. Energy* 3, 326 (2018).
- [3] C. Léon *et al.*, »Capacitance-voltage characterization technique adapted to tandem solar cell », EU PVSEC 2019, 9 – 13 septembre 2019, Marseille and submitted to *Prog. In Photovol. : Res. &Appl.* (2019)
- [4] Vauche L, Veinberg Vidal E, Jany C, Morales C, Decobert J, Dupre C, Mur P. 33rd Eur. Photovolt. Sol. Energy Conf. Exhib. 2017. 1228-1231.

- [5] Losee DL. Admittance spectroscopy of impurity levels in Schottky barriers. *J. Appl. Phys.* 1975. 46(5): 2204-2214.
- [6] Cariou R, Medjoubi K, Vauche L, Veinberg Vidal E, Park S, Lefèvre J, Baudrit M, Voarino P, Mur P, Boizot B. IEEE 7th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion. 2018. 3335-33.