

Application de la technique de DLTS aux cellules multijonctions.

Cyril Leon¹, Sylvain Le Gall¹, Marie-Estelle Gueunier-Farret¹, Aurore Brézard-Oudot¹, Alexandre Jaffré¹, 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.

Les cellules solaires à multijonctions offrent la possibilité de dépasser les rendements théoriques maximum des cellules solaires constituées d'une simple jonction. Parmi toutes les configurations possibles, l'association monolithique, ou 2 terminaux (2T), est la plus développée au niveau industriel. Les efficacités record atteignent 20.1 % pour une cellule tandem monolithique (GaAsP/Si) et 34.1 % pour une cellule triple monolithique.^[1,2] Cependant, la caractérisation des multijonctions monolithiques présente un enjeu certain du fait du couplage électrique et optique entre les jonctions qui constituent la structure. On cherche dans cette étude à appliquer la technique de caractérisation appelée DLTS, pour "Deep-Level Transient Spectroscopy" sur les multijonctions monolithiques. Cette technique a été introduite par D.V. Lang en 1974 et permet d'obtenir des informations sur les défauts présents dans le gap du semiconducteur.^[3] Elle est basée sur la mesure de l'évolution de la capacité en fonction du temps après l'application d'un créneau de tension. Toutefois, si un créneau de tension est appliqué sur une cellule multijonctions à l'obscurité, celui-ci sera réparti entre les différentes sous-cellules de la structure. Par conséquent, les réponses capacitives des défauts de chaque sous-cellule seront mélangées et dépendantes de la manière dont se répartit le créneau de tension entre les sous-cellules. Une étude précédente avait montré comment séparer les capacités de chaque sous-cellule en utilisant des lumières de longueur d'onde choisie de sorte que la sous-cellule que l'on souhaite sonder soit en conditions d'obscurité.^[4] A partir de développements théoriques et numériques (modélisations avec Silvaco Atlas) et en prenant l'exemple d'une cellule tandem III-V/Si, on montre comment cette méthode peut se combiner à la technique de DLTS afin de séparer les réponses capacitives des défauts présents dans chaque sous-cellule. La **figure 1** illustre la manière dont se répartit la tension appliquée sur la cellule tandem modélisée (noté V_{2T} et représentée en noire) lorsque la sous-cellule Top est éclairée (sa tension est notée V_1 et est représentée en orange) et que la sous-cellule Bottom est en condition d'obscurité (sa tension est notée V_2 et représentée en cyan). On peut observer que la totalité du créneau de tension s'applique uniquement sur la sous-cellule Bottom. On montre alors, que dans ces conditions, le spectre de DLTS de la cellule tandem modélisée est équivalent au spectre de DLTS de la cellule Bottom modélisée seule (**figure 2**). Par conséquent, on peut extraire les informations sur les défauts présents dans la sous-cellule Bottom.

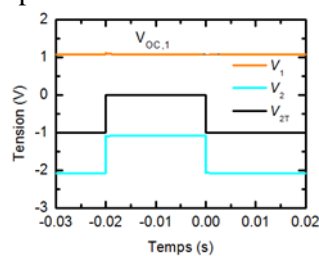


Figure 1 : Répartition du créneau de tension appliqué sur une cellule tandem modélisée (noté V_{2T} et représentée en noire) dont la sous-cellule Top est éclairée (sa tension est notée V_1 et est représentée en orange) et dont la sous-cellule Bottom est en condition d'obscurité (sa tension est notée V_2 et représentée en cyan).

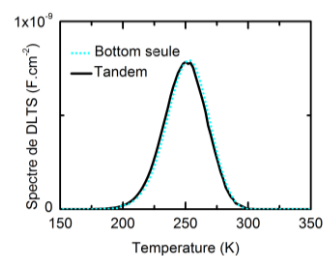


Figure 2 : Comparaison entre le spectre de DLTS de la cellule tandem modélisée (courbe noire) lorsque la sous-cellule Top est éclairée et que la sous-cellule Bottom est en condition d'obscurité avec le spectre de DLTS de la cellule Bottom modélisée seule (pointillés cyans).

- [1] T. J. Grassman *et al.* *IEEE Journal of Photovoltaics*, 6(1): 326–331, **2016**.
- [2] R. Cariou *et al.* III-V-on-Silicon Solar Cells Reaching 33% Photoconversion Efficiency in Two-Terminal Configuration. *Nature Energy*, 3(4): 326–333, **2018**.
- [3] D. V. Lang. Deep-level Transient Spectroscopy: A New Method to Characterize Traps in Semiconductors. *Journal of Applied Physics*, 45(7): 3023–3032, **1974**.
- [4] C. Leon *et al.* Understanding and monitoring the capacitance-voltage technique for the characterization of tandem solar cells. *Progress in Photovoltaics*, 2019:1–8, **2019**.