

Elargissement de la densité d'états électronique: facteur de dégradation du V_{oc}

B. Galvani^{a)}, D. Duchet^{b,d)}, A. Delamare^{b,d)}, F. Michelini^{a)}, M. Sugiyama^{b)}, J.G. Guillemole^{c,d)}, N. Cavassilas^{a,d)}

^{a)}IM2NP, UMR CNRS 7334, Université de Marseille ^{b)}RCAST, Tokyo University ^{c)}IRDEP UMR CNRS 7174, EDF, ENSCP, Chatou ^{d)}NextPV LIA France-Japon.

La tension de circuit ouvert V_{oc} d'une cellule est en partie déterminée par l'énergie de bande interdite du matériau dont est constitué la cellule. Plus précisément V_{oc} est au mieux égale à cette énergie moins les deux facteurs intrinsèques que sont celui de Carnot et celui de Boltzmann. Ces deux facteurs reposent sur le fait que la cellule absorbe un corps noir à 6000K venant d'une direction privilégiée alors qu'elle réémet dans toutes les directions un corps noir à 300K [1].

Dans ce travail nous mettons en lumière une autre source intrinsèque de dégradation du V_{oc} . Comme le montre la Fig. 1, dans un système ouvert et actif comme l'est une cellule solaire, la bande interdite d'un matériau semi-conducteur n'est pas parfaitement définie. En effet la densité d'états électronique ne chute pas brutalement à zéro une fois dans la bande interdite. Il existe un phénomène d'élargissement qui a plusieurs sources comme l'effet tunnel, le couplage avec des contacts et toutes les interactions. Si cet élargissement n'a guère d'impact sur l'absorption du corps noir à 6000K, il peut largement augmenter l'émission à 300K et donc réduire le V_{oc} .

En nous basant sur un modèle de transport électronique quantique de type NEGF [2] et sur un modèle de type Shockley-Queisser, nous étudierons cet élargissement en fonction du système (bulk, nano-structures, nano-structures couplées) et des interactions. Surtout nous étudierons et expliquerons son impact sur la recombinaison radiative et donc sur le V_{oc} . Nous verrons finalement que les nano-structures, en offrant des états moins élargis, sont de bonnes candidates pour éviter ce phénomène et son impact négatif sur le V_{oc} .

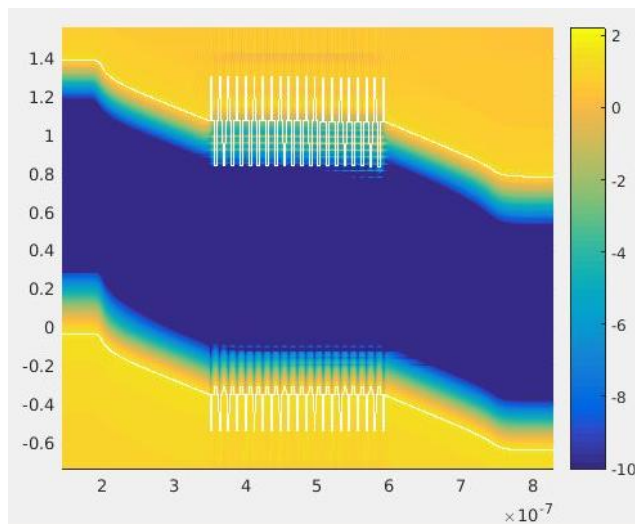


Fig. 1. Diagramme de bande (lignes blanches) et densité d'états (DOS) en échelle log calculés en NEGF pour une cellule GaAs avec des multi-puits GaAsP-InGaAs [3]. Dans cette cellule le dopage a été modifié afin d'annuler le champ dans les multi-puits pour faire apparaître des minibandes [4]. L'échelle log pour la DOS met en évidence l'élargissement c'est à dire le fait que la DOS ne s'annule pas brutalement une fois dans la bande interdite. Notez que pour ce calcul les interactions électron-phonon sont considérées.

[1] T. Markvart, *Physica Status Solidi (a)* 205, 2752 (2008).

[2] N. Cavassilas, F. Michelini, and M. Bescond, *Journal of Computational Electronics* 15, 1233 (2016).

[3] H. Fujii, K. Toprasertpong, Y. Wang, K. Watanabe, M. Sugiyama, Y. Nakano, *Prog. Photovolt: Res. Appl.*, 22(7), 784-795 (2014).

[4] B. Galvani, F. Michelini, M. Bescond, M. Sugiyama, J.F. Guillemoles, N. Cavassilas, *SPIE OPTO*, 100990X-100990X-9 (2017).