

Modélisation quantique du transport électronique dans une cellule à porteurs chauds

Nicolas Cavassilas, Fabienne Michelini, Marc Bescond

Aix Marseille Université, CNRS, Université de Toulon, IM2NP UMR 7334, 13397, Marseille, France

Les cellules solaires classiques à bande interdite unique sont soumises à la fameuse limite de Shockley-Queisser. La perte qu'implique la thermalisation des porteurs chauds est un des aspects de cette limite. Cette perte est d'autant plus importante que la bande interdite du semi-conducteur est faible. Néanmoins, un semi-conducteur de bande interdite plus élevée absorbe moins de photons et génère donc moins de porteurs. Afin d'utiliser efficacement un absorbeur à faible bande interdite, les cellules solaires à porteurs chauds ont été proposées [1]. Dans ce concept, l'utilisation de contacts sélectifs est suggéré afin de collecter les porteurs sur une gamme restreinte d'énergie, comme le réalise une double barrière tunnel [2]. Le but est que les porteurs soient extraits sans thermalisation.

Dans ce travail, nous modélisons une cellule photovoltaïque de type porteurs chauds contactée par des hétérostructures de sélectivité différente en suivant une approche numérique du transport électronique quantique qui inclut les interactions électron-phonon et électron-photon [3]. Dans le modèle proposé, l'absorbeur est un puits large d'InAs (30nm) et nous ne considérons le contact sélectif que pour l'extraction des électrons (et non des trous).

Dans un premier temps, nous illustrerons le fait que la structure en double barrière doit être adaptée à l'absorbeur. En effet, tout comme dans le contact, les électrons sont confinés dans l'absorbeur. Cela implique un couplage fort des états quantiques de ces deux systèmes qui en réalité n'en forment plus qu'un. Par ailleurs, nous comparons trois contacts A, B et C offrant une sélectivité décroissante (Fig. 1). Nos résultats montrent clairement que la sélectivité (pour une énergie cinétique à 0,2eV) permet d'augmenter la tension de circuit ouvert ($\Delta V_{oc}=+0.17V$). En revanche elle peut réduire le courant de court circuit (I_{sc}). Cela est d'autant plus vrai que la cellule est de taille réduite (quelques dizaines de nm) et constitué d'un matériau (InAs) de libre parcours moyen important : il est plus facile de collecter les électrons chauds avant qu'ils n'aient le temps de thermaliser [4]. Nous discuterons ainsi l'intérêt du contact sélectif qui peut s'avérer limité et finalement moins performant qu'un contact classique (la puissance de C est supérieure à celles de A et B).

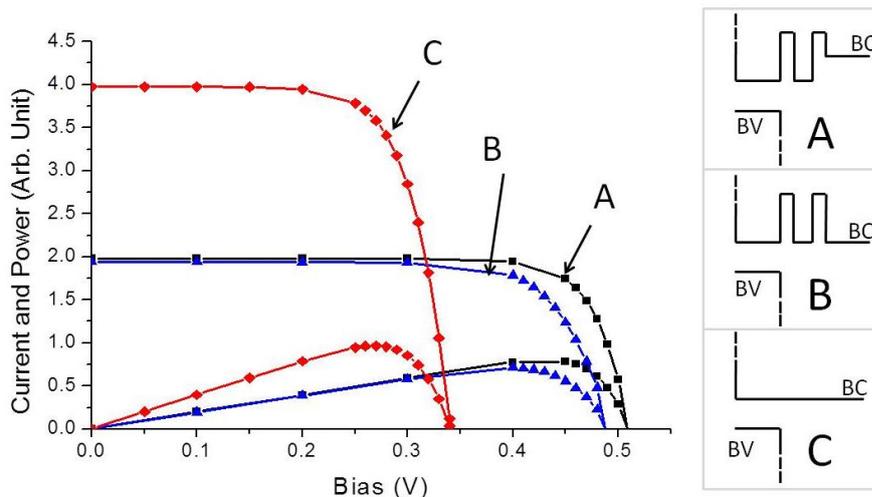


Figure 1 : Représentation schématique des trois composants modélisés A, B et C. Courbes I-V et P-V obtenues pour ces trois composants. Le courant est généré par des photons de 0,7eV pour une bande interdite de 0,35eV et un état résonnant dans la double barrière situé à 0,2eV au-dessus de la BC de l'absorbeur.

[1] R.T. Ross and A.J. Nozik, *J. Appl. Phys.*, vol. 53, p. 3813, 1982.

[2] G.J. Conibeer, C.-W. Jiang, D. König, S. Shrestha, T. Walsh, M.A. Green, *Thin Solid Films* vol. 516, p. 6968, 2008.

[3] N. Cavassilas, F. Michelini and M. Bescond, *J. Renew. Sustain. Energy*, vol.6, p. 011203, 2014

[4] A. Le Bris, J. Rodiere, C. Colin, S. Collin, J.L. Pelouard, R. Esteban, M.Laroche, J.J. Greffet, and J.F. Guillemoles, *Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), 2011 37th IEEE*