

Cellule à porteurs chauds basée sur un absorbeur ultra fin

Nicolas Cavassilas, Anne-Marie Daré, Marc Bescond and Fabienne Michelini
Aix Marseille Université, CNRS, Université de Toulon, IM2NP UMR 7334, 13397, Marseille, France

Ce travail théorique [1] montre qu'une cellule solaire ultra-mince, en l'occurrence constituée d'un absorbeur en InGaAs de 12nm, peut avoir le fonctionnement d'une cellule à porteurs chauds. Pour cela nous avons considéré un modèle de transport électronique quantique, basé sur les fonctions de Green hors équilibre, dans lequel sont considérés l'effet tunnel, le confinement quantique, les interactions des électrons avec les photons et les phonons. Ce modèle montre que le V_{oc} de la cellule varie avec le type de contact considéré (Fig. 1). On note en particulier une augmentation de la tension lorsque le contact, constitué de deux barrière tunnel, est sélectif en énergie. Nous observons une corrélation entre cette augmentation et celle de la température des porteurs dans l'absorbeur. La variation de la tension est donc attribuée à un effet « porteurs chauds » ($\Delta V_{oc}=41\text{mV}$ pour $\Delta T=131\text{K}$). Par ailleurs, alors que l'utilisation d'un contact sélectif en énergie a généralement comme conséquence une forte réduction du courant, cette dégradation n'est pas observée dans notre cas. Une étude détaillée nous permet de mettre en évidence ici un effet d'hybridation des états de l'absorbeur, avec celui du contact sélectif (Fig. 2). Cette hybridation, qui est possible parce que l'absorbeur est un puits quantique, permet une extraction très efficace des électrons photo-générés vers le contact.

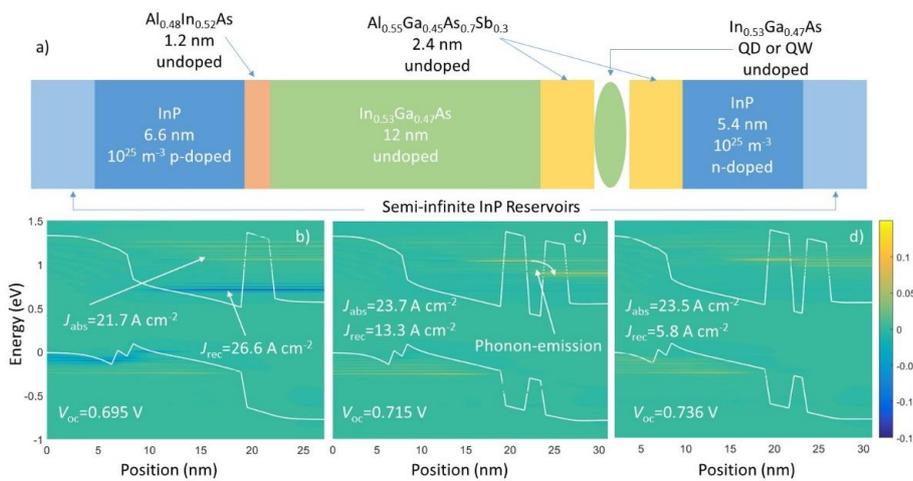


Figure 1. a) Représentation schématique des cellules considérées et les spectres de courant et diagrammes de bandes des cellules b) sans contact sélectif et avec un contact sélectif constitué d'une boîte quantique de c) 1,5 nm et d) 1,2 nm comprise entre deux barrières d'AlGaAsSb. Notre modèle permet de calculer les courants de génération J_{abs} et de recombinaison J_{rec} . Comme suggéré par les flèches sur la figure b), J_{abs} correspond à la composante positive du courant (bleu) alors que J_{rec} correspond à la négative (jaune). On calcule également V_{oc} qui est estimé par l'interpolation donnant $J_{abs}=J_{rec}$.

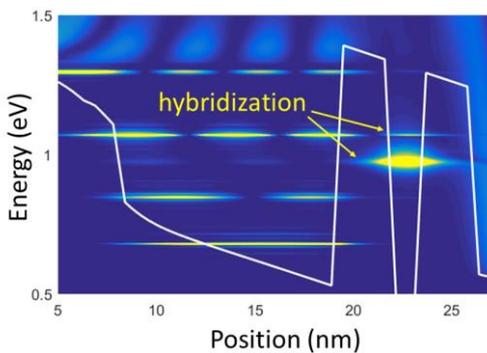


Figure 2. Diagramme des bandes et densité locale d'état zoomée sur la bande de conduction de l'absorbeur et du contact sélectif de la cellule présentée en Fig. 2c. Dans la boîte quantique, entre les deux barrières, on observe deux états. La présence du plus haut, qui est le moins intense, est due l'hybridation du troisième état de de l'absorbeur. En conséquence, les électrons situés sur ce troisième état se délocalisent très facilement dans le contact.

[1] Nicolas Cavassilas, Imam Makhfudz, Anne-Marie Daré, Michel Lannoo, Guillaume Dangoisse, Marc Bescond, Fabienne Michelini, "Theoretical Demonstration of Hot-Carrier Operation in an Ultrathin Solar Cell," Physical Review Applied 17 (6), 064001 (2022).