Avancées sur les cellules solaires à porteurs chauds : des preuves de concept vers la réalisation de dispositifs

François Gibelli[1], Laurent Lombez[1], Jean Rodière[1], A. Julian[3], Z. Jehl Li Kao[3], Christophe Goupil[2], Jean-François Guillemoles[1,3]

[1]Institute of Research and Development on Photovoltaic Energy (IRDEP), UMR 7174 CNRS-EDF- Chimie ParisTech, EDF R&D, Chatou, France
[2]Laboratoire Interdisciplinaire des Energies de Demain (LIED), Université Paris Diderot, Paris, France
[3]NextPV, CNRS-RCAST joint lab, Tokyo University, Tokyo, Meguro-ku 153-8904, Japan

Notre travail a porté sur la caractérisation et la modélisation des différentes parties que comportent les cellules solaires à porteurs chauds afin de valider le phénomène physique attendu et de proposer un design de cellule complète.

En premier lieu, des mesures optoelectroniques ont été réalisées pour vérifier l'effet attendu. Non seulement, les quantités thermodynamiques (potentiel électrochimique et température) ont été évalués, mais de surcroit une forte réduction de la thermalisation a été observée dans des multi-puits quantiques InGaAsP/InP. La thermalisation de l'absorbeur n'est plus à ce stade le paramètre limitant dans la mise en place d'une cellule solaire à porteurs chauds : une tension de sortie supérieure à l'énergie du seuil d'absorption a été mesurée. Ceci est unique dans le domaine, elle confirme la possibilité de dépasser la limite de rendement, dite de Shockley-Queisser, d'une simple jonction.

En second lieu, nous avons travaillé sur l'extraction électrique de porteurs chauds par des contacts sélectifs en énergie, qui constitue le second verrou de cette approche. Un travail théorique a été mené afin de pouvoir évaluer le phénomène de thermalisation des électrons et des trous de manières séparés. Ce travail fondamental couplé au travail expérimental précèdent permet de proposer un design de dispositifs de manière fine pour tout type d'absorbeurs. En parallèle, un modèle théorique de contacts sélectifs a été utilisé afin de mettre en évidence les propriétés de transport qui régissent ce genre de dispositifs. Ce modèle est basé sur des matrices de transfert de diodes tunnels résonantes et de fonction de Green hors équilibre.

Ces modèles seront comparés aux premiers résultats issus de la réalisation de contacts sélectifs..

Refs :

F. Gibelli et al. Optical imaging of light-induced thermopower in semiconductors, submitted
J. Rodière at al. Experimental evidence of hot carriers solar cell operation in multi-quantum wells heterostructures, Appl. Phys. Lett. 106, 183901 (2015)
A. Julian et al, "Self-consistent modeling of double resonant tunneling barriers selective contacts for hot carrier solar cells", EUPVSEC 2015, Hambourg