ABSORBEURS MULTI-RESONANTS ULTRAMINCES POUR LES CELLULES SOLAIRES A PORTEURS CHAUDS

Nicolas VANDAMME[1], Stéphane COLLIN[2], Jean-François GUILLEMOLES[3,4]

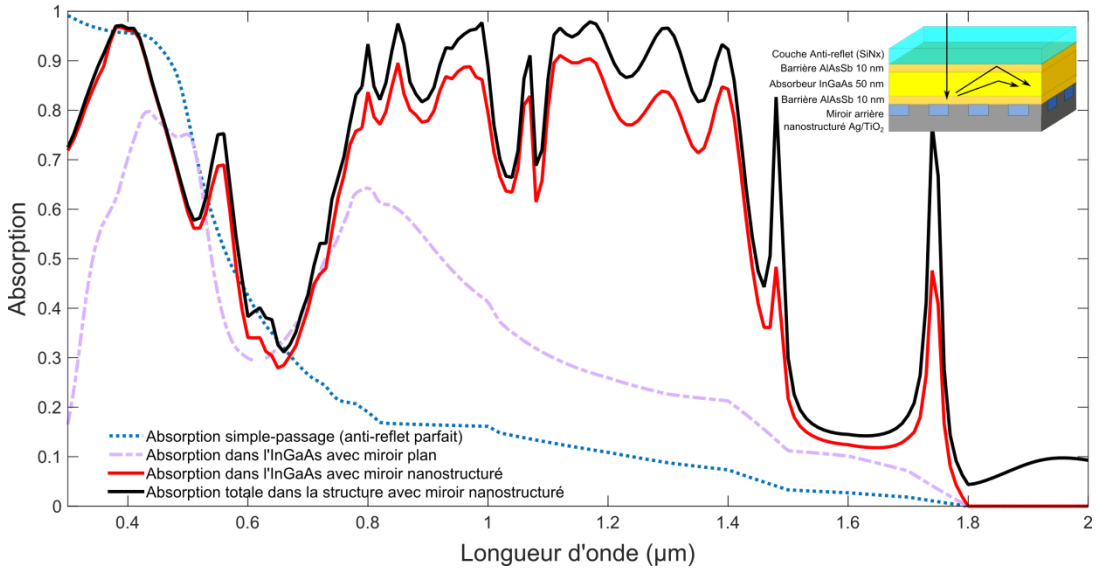
1. Institut Photovoltaïque d'Ile-de-France (IPVF) – 8, rue de la Renaissance, 92160 ANTONY
2. Laboratoire de Photonique et de Nanostructures (LPN-CNRS) – Route de Nozay, 91460 MARCOUSSIS
3. Institut de Recherche et Développement sur l'Energie Photovoltaïque (IRDEP-EDF/CNRS/Chimie ParisTech) – 6, quai Watier, 78400 CHATOU
4. LIA NextPV (CNRS-RCAST University of Tokyo) – 4-6-1 Komaba, Meguro-ku, Tokyo 153-8904, Japan

Mots-clefs: Nanophotonique, porteurs-chauds, cellules ultrafines, piégeage optique, absorption multi-résonante

Le rendement de conversion des cellules à simple-jonction est limité à 32% (limite de Shockley-Queisser), en grande majorité à cause des pertes spectrales dues à l'inadéquation entre l'énergie des photons incidents et celle du gap semiconducteur. En particulier, les électrons photo-excités par des photons très énergétiques se thermalisent en quelques picosecondes avec le réseau cristallin pour retomber dans l'état d'énergie de la bande de conduction. En récupérant les porteurs avant leur thermalisation, le rendement théorique maximal des cellules à porteurs chauds atteint 86%.

La faible épaisseur des absorbeurs ultraminces (<100 nm) constitue un avantage majeur pour collecter les porteurs chauds puisqu'ils ne doivent alors parcourir que quelques dizaines de nanomètres dans leur état excité jusqu'aux contacts [1]. Néanmoins, ces épaisseurs de semiconducteur n'absorbent naturellement qu'une très faible partie de la lumière incidente. Il faut donc mettre en place des stratégies de piégeage optique et confiner la lumière dans des volumes nanométriques pour pouvoir utiliser ces couches efficacement.

Inspirés par nos précédents travaux sur les cellules ultrafines en GaAs [2-3], nous proposons l'utilisation d'un miroir métallique nanostructuré en face arrière d'un absorbeur en InGaAs de 50 nm. Le réseau permet de profiter de multiples mécanismes de résonance qui aboutissent à la formation d'un spectre multi-résonant large bande (cf. spectres ci-dessous). En particulier, le couplage par diffraction entre la lumière incidente et les modes guidés de la couche semiconductrice est mis en évidence. Nos calculs montrent que 60% de la puissance incidente du spectre solaire est absorbée dans la cellule nanostructurée, ce qui représente des augmentations respectives de 60% et 35% de la puissance totale absorbée par comparaison avec l'absorption simple passage ou l'utilisation d'un miroir plan. L'optimisation de la structure ainsi que les premières pistes pour la fabrication de ces cellules ultrafines à porteurs chauds seront présentées.



[1] Hot Carrier SC: Controlling Thermalization in Ultrathin Devices, A. Le Bris et al. IEEE JPV, 2 (4) 506-511, 2012
[2] Ultrathin GaAs Solar Cells With a Silver Back Mirror, N. Vandamme et al. IEEE JPV, 5 (2) 565-570, 2015
[3] Metal Nanogrids for Broadband Absorption in Ultrathin GaAs Solar Cells, EUPVSEC Proceedings, 1CO.10.1, 2014