

Vers les cellules solaires à base de composés III-V sur substrat de silicium

M. Da Silva¹, S. Boyer-Richard¹, C. Cornet¹, A. Létoublon¹, C. Levallois¹, A. Rolland¹, J. Even¹, L. Pédesseau¹, A. Le Corre¹, S. Loualiche¹, L. Lombez², J.-F. Guillemoles², F. Mandorlo³, M. Lemiti³, and O. Durand¹

¹ UMR FOTON, CNRS, INSA de Rennes, F-35708 Rennes, France

² Institut de Recherche et Développement sur l'Energie Photovoltaïque (IRDEP), UMR 7174 - CNRS-EDF-ENSCP, EDF R&D, 6 quai Watier, 78401 Chatou Cedex, France

³ University of Lyon, Lyon Institute of Nanotechnology (INL) UMR CNRS 5270, INSA de Lyon, Villeurbanne

soline.richard@insa-rennes.fr

A ce jour, les meilleurs rendements de conversion photovoltaïque ont été obtenus avec des cellules solaires multi-jonctions à base de matériaux semi-conducteurs III-V monocristallins sous éclairage solaire concentré. Cependant, le recours aux substrats III-V dans la fabrication de cellules solaires à haut rendement pose le problème des coûts conséquents de ces matériaux. Afin de relever le défi stratégique d'un coût de 0.25-0.5 Euro/Wp, nous avons opté pour l'utilisation du substrat silicium, qui est très abondant sur Terre et donc bon marché. L'intégration monolithique d'hétérostructures III-V sur silicium permettrait de concilier à la fois hauts rendements et bas coûts, tout en capitalisant sur une filière industrielle éprouvée. Nous explorons deux approches de cellules III-V sur Silicium : les cellules tandem et les hétérojonctions.

Une cellule solaire tandem, constituée d'une cellule III-V à 1.7 eV sur une cellule c-Si à 1.1 eV, permettrait théoriquement d'atteindre 37% de rendement sous le spectre AM 1.5G. Les cellules top envisagées sont constituées d'un absorbeur en GaAs_{0,1}P_{0,88}N_{0,02} qui présente un gap pseudo direct de 1.7 eV et un parfait accord de maille avec le substrat silicium, entouré de couches dopées GaP [1]. Après avoir optimisé l'absorbeur [2], nous présentons une étude de l'extraction des porteurs en fonction du dopage n de la couche inférieure de GaP ainsi qu'une optimisation du contact p supérieur. La hausse du dopage n de $2 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ à $8 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ est bénéfique pour le rendement car elle diminue l'énergie de seuil d'absorption et permet d'améliorer le courant J_{SC} sans modifier les autres paramètres de la cellule. Une difficulté de ces cellules est aussi d'obtenir des contacts ohmiques sur GaP. L'ajout d'une fine couche de GaAsP p++ de 15 nm en surface de l'échantillon nous a permis de réaliser des contacts ohmiques à l'aide d'alliages habituels sur GaAs tel Ti/Pt/Au au lieu de métaux spécifiques pour le GaP tels Pd/Zn/Pd.

Nous explorons aussi les propriétés photovoltaïques des hétérojonctions GaP (n) sur Si (p) qui permettraient d'éviter l'absorption de la couche Si(n) usuelle. Les premières mesures d'EQE (fig.1) montrent une amélioration de l'absorption à haute énergie mais les cellules solaires réalisées présentent des résistances série trop importantes pour être exploitables.

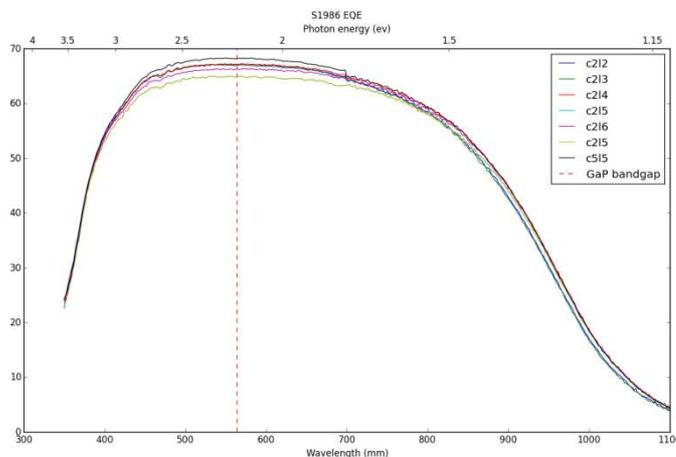


Fig. 1. Rendement quantique externe d'une hétérojonction GaP/Si

[1] Almosni, S., et al., Solar Energy Materials and Solar Cells 147 (2016): 53-60.

[2] Da Silva M. et al., Int. Conf. on Molecular-Beam Epitaxy (IC-MBE 2016), 2016, Montpellier, France