

Nouveau concept de cellules solaires tandem à 3 terminaux sur base de cellule solaire à contacts interdigités en face arrière

Zakaria Djebbour^{*1,2}, Walid Elhuni¹, Anne Migan¹ et Jean-Paul Kleider¹

¹ GeePs ; CNRS UMR 8507 ; CentraleSupélec ; Univ Paris-Sud ; Sorbonne Universités-UPMC Univ Paris 06 ; 11 rue Joliot-Curie, Plateau de Moulon, F-91192 Gif-sur-Yvette Cedex, FRANCE

² Département des Sciences Physiques, UVSQ, 45 avenue des Etats-Unis, 78035 Versailles, France

* Email : zakaria.djebbour@geeps.centralesupelec.fr

Aujourd'hui, 94% du marché photovoltaïque (PV) est basé sur le silicium (Si). Les cellules solaires de Si de laboratoire ont atteint un rendement de conversion de photovoltaïque maximal (RCPV) supérieur à 26% [1], ce qui est proche de la limite théorique. Ainsi, une percée significative dans le RCPV n'est possible qu'avec l'addition d'autres ingrédients et concepts tels que les multi-jonctions.

Nous avons choisi les JNPV pour présenter pour la première fois la conception d'une nouvelle architecture de cellules solaires photovoltaïques en tandem, dont la publication internationale du brevet vient juste de paraître [2]. Alors que les recherches au niveau international sont focalisées sur des architectures à 2 terminaux ou à 4 terminaux, nous proposons ici une architecture originale à 3 terminaux. Elle repose sur l'association d'une cellule en silicium à contacts interdigités en face arrière (cellule "bottom") avec un autre matériau absorbeur empilé sur le silicium, qui forme une hétérojonction avec le silicium (cellule "top"), et qui est muni d'électrodes en face avant. L'hétérojonction doit être sélective pour permettre le passage d'un type de porteurs et bloquer l'autre type. Ceci est possible par le choix adapté du semiconducteur "top", ou par l'insertion d'une couche tampon à l'hétérointerface. Ce nouveau concept s'affranchit en particulier des jonctions tunnel et de l'ajustement des courants entre les deux cellules, indispensables en structure monolithique à 2 terminaux. En outre, il pourrait être réalisé avec moins d'étapes technologiques et à moindre coût par rapport aux procédés tandem conventionnels.

Nous illustrons le concept de cette architecture par un exemple où la cellule bottom est en silicium de type n et le matériau top est un semiconducteur III-V de type GaInP (Fig 1a). Nous montrons également sur cet exemple comment l'insertion d'une couche sélective de GaN (Fig 1b) permet de mieux séparer le fonctionnement des deux cellules et d'augmenter le RCPV. Nous expliquons le principe de fonctionnement dont le schéma équivalent est constitué d'une cellule horizontale (bottom) et d'une cellule verticale (hétérojonction top), les deux cellules possédant la même électrode de type n (Fig 2). Sur cet exemple, un calcul par simulation 2D intégrant des paramètres réalistes pour les matériaux, montre que le RCPV peut atteindre 35%, soit une amélioration de 9% en absolu par rapport à la cellule silicium seule. La figure 3 montre un exemple des caractéristiques I-V de chacune des sous-cellules en fonctionnement réel sous AM1.5. Le concept présenté peut être étendu à d'autres combinaisons d'empilement de matériaux pour les deux sous-cellules, la combinaison silicium/pérovskite semblant être particulièrement prometteuse.

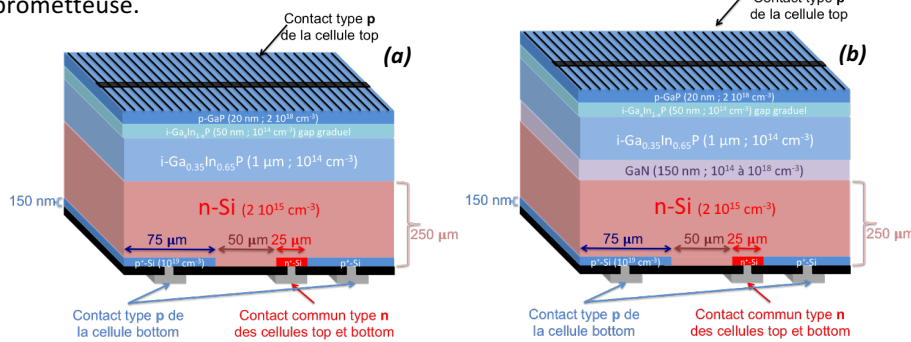


Figure 1 : Exemple de cellule tandem p-III-V/n-Si à 3 terminaux simulée, utilisant une cellule à base de substrat silicium de type n à contacts interdigités en face arrière, sans (a) et avec (b) l'insertion d'une couche sélective de GaN.

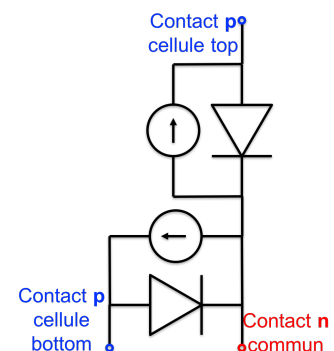


Figure 2 : Schéma électrique équivalent de la cellule tandem à 3 terminaux.

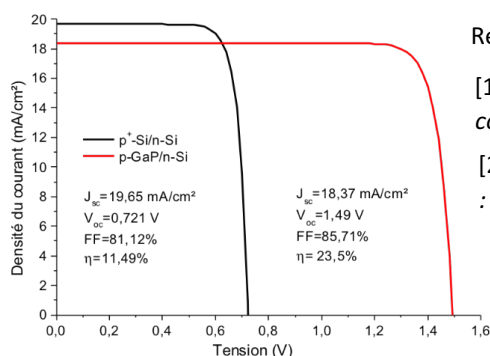


Figure 3 : I-V sous éclairage AM1.5 des sous-cellules, avec un RCPV global voisin des 35 %.

Références :

- [1] K. Yoshikawa, et al., "Silicon heterojunction solar cell with interdigitated back contacts for a photoconversion efficiency over 26%", *Nature Energy* 2, 17032 (2017)
- [2] Z. Djebbour, et al. "Photovoltaic Cell", Patent of International publication number : WO 2017/093695 A1, Date of international publication : 08.06.2017