

# Jonctions tunnel à très hautes performances à base d'hétérostructures de type II sur GaAs pour les cellules solaires multijonction

**Auteurs:** K. Louarn<sup>1,2</sup>, Y. Claveau, C. Fontaine<sup>1</sup>, A. Arnoult<sup>1</sup>, L. Marigo-Lombart<sup>1</sup>, I. Massiot<sup>1</sup>, F. Piquemal<sup>2</sup>, N. Cavassilas<sup>3</sup>, A. Bounouh<sup>4</sup> and G. Almuneau<sup>1</sup>

<sup>1</sup> LAAS-CNRS, Université de Toulouse, CNRS, 7 avenue du Colonel Roche, 31400 Toulouse, France

<sup>2</sup> LNE, Laboratoire National de métrologie et d'Essais, Paris, France

<sup>3</sup> Aix Marseille Université, CNRS, Université de Toulon, IM2NP UMR 7334, 13397, Marseille, France

<sup>4</sup> CEA LIST, Centre d'études, F-91400, Gif-sur-Yvette, France

Les jonctions tunnel (JT) constituent des éléments essentiels dans la conception de cellules solaires à multijonction, puisqu'elles assurent les interconnexions permettant de mettre en série les cellules élémentaires et ce, sans perte de performances. Les cellules élémentaires absorbant différentes gammes du spectre solaire peuvent être empilées de façon monolithique par épitaxie sur un substrat. Les cellules multijonction couvrent ainsi plus efficacement le spectre solaire et peuvent atteindre, grâce à la réduction des pertes par thermalisation, des rendements élevés, le record étant actuellement de 46% [1]. Les JT assurent donc les interconnexions électriques et doivent satisfaire plusieurs critères pour minimiser les pertes dans la multijonction : une capacité de conduction (évaluée par le courant tunnel pic) bien supérieure au courant photogénéré par la cellule multijonction ; une très faible résistance ; une absorption optique minimale pour assurer la transmission sans perte dans la bande spectrale de la (ou des) cellule(s) sous-jacente(s) ; ces JT doivent enfin présenter d'excellentes qualités structurales et ne pas contenir de dislocations dans le composant qui seraient générées par la relaxation des contraintes paramétriques.

Classiquement, les JTs épitaxiées sur GaAs les plus performantes, constituées d'hétérostructures AlGaAs :C/GaAs :Te ou AlGaAs :C/GaInP :Te sont obtenues grâce à l'utilisation de dopages très importants, avec des courants pic excédant 10 kA/cm<sup>2</sup> [2,3].

Cependant, il est possible d'atteindre de tels courants tunnel avec des dopages moins élevés en utilisant des hétérostructures à bandes décalées (Type II) qui facilitent l'effet tunnel grâce à l'alignement en énergie des états dans la bande de conduction de l'anode et la bande de valence de la cathode. Le système InGaAs(N)/GaAsSb(P) permet d'obtenir un décalage de bande suffisant sur GaAs pour tirer un parti efficace de ce mécanisme [4].

Nous avons mené une étude expérimentale et théorique de l'effet tunnel sur ce système InGaAs :Si/GaAsSb :C, en faisant varier les paramètres physiques tels que la composition et les épaisseurs des différentes couches. Ces structures ont été fabriquées par épitaxie par jets moléculaires (EJM), avec un suivi in-situ de leur qualité structurale. Nous avons mis en évidence l'importance de ces paramètres pour exploiter au mieux le confinement dans ces structures quantiques et son incidence sur le courant tunnel, en nous appuyant sur des simulations de transport quantique basées sur le formalisme des fonctions de Green hors-équilibre (NEGF) [5].

Ces analyses nous ont permis de proposer un nouveau design de jonction tunnel à base d'hétérostructures permettant d'atteindre des courants tunnel de 1200 A/cm<sup>2</sup>, ce qui constitue un résultat à l'état de l'art pour ces structures quasi-accordées sur substrat GaAs.

Ce travail a bénéficié du support financier du projet EMRP-EURAMET SolCell et de l'ANRT-CIFRE, et du projet ANR-14-CE26-0020-01 "Platofil"; et a bénéficié du support technique de la centrale de technologie du LAAS-CNRS du réseau RENATECH.

## Références

- [1] F. Dimroth et al., *IEEE J. Photovolt.*, 6 (1) 343–349 (2016).
- [2] I. García, I. Rey-Stolle, and C. Algora, *J. Phys. Appl. Phys.*, 45 (4) 045101 (2012).
- [3] S. Ahmed, et al., *Appl. Phys. Lett.*, 71 (25) 3667–3669 (1997)
- [4] N. Suzuki, T. Anan, H. Hatakeyama, and M. Tsuji, *Appl. Phys. Lett.*, 88 (23) 231103 (2006).
- [5] N. Cavassilas, F. Michelini, and M. Bescond, *J. Renew. Sustain. Energy*, 6 (1) 011203 (2014).