

Jonctions tunnels à très hautes performances à base d'hétérostructures de type II sur GaAs pour les cellules solaires multijonctions

Auteurs: K. Louarn^{1,2}, Y. Claveau³, C. Fontaine¹, A. Arnoult¹, L. Marigo-Lombart¹, I. Massiot¹, J. Colin¹, F. Piquemal², N. Cavassilas³, A. Bounouh⁴ and G. Almuneau¹

¹ LAAS-CNRS, Université de Toulouse, CNRS, 7 avenue du Colonel Roche, 31400 Toulouse, France

² LNE, Laboratoire National de métrologie et d'Essais, Paris, France

³ Aix Marseille Université, CNRS, Université de Toulon, IM2NP UMR 7334, 13397, Marseille, France

⁴ 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 multijonctions, puisqu'elles assurent les interconnexions permettant de mettre en série les cellules élémentaires, et ce sans perte de performances. Les cellules élémentaires absorbant dans différentes gammes du spectre solaire peuvent être superposées de façon monolithique par épitaxie sur un substrat. Les cellules multijonctions couvrent ainsi plus efficacement le spectre solaire et peuvent atteindre, grâce à la réduction des pertes par thermalisation, des rendements record jusqu'à 46% aujourd'hui [1]. Les JT assurent donc des interconnexions électriques qui 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 opacité optique minimale pour assurer la transmission sans perte dans la bande spectrale de la (ou des) cellule(s) sous-jacente(s) ; et enfin cette JT doit présenter d'excellentes qualités structurales et ne pas induire des dislocations dans le composant.

Classiquement, les JTs épitaxiées sur GaAs les plus performantes sont obtenues grâce à des dopages très importants d'hétérostructures AlGaAs :C/GaAs :Te ou AlGaAs :C/GaInP :Te avec des courants pic excédant 10 kA/cm² [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 permettent un effet tunnel facilité par la correspondance 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 bénéficier de cette amélioration de la transition par effet tunnel [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 donc 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'hétérostructure permettant d'atteindre des courants tunnel de 1200 A/cm², 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).