

# Tampon graduel et jonction tunnel de type II relaxés sur GaAs pour sous-cellules solaires métamorphiques à 1 eV

**Auteurs:** K. Louarn<sup>1,2</sup>, C. Fontaine<sup>1</sup>, A. Arnoult<sup>1</sup>, Y. Claveau<sup>3</sup>, L. Marigo-Lombart<sup>1</sup>, I. Massiot<sup>1</sup>, J. Colin<sup>1</sup>, C. Cornille<sup>1</sup>, E. Leite<sup>4</sup>, L. Lombez<sup>4</sup>, N. Cavassilas<sup>3</sup>, F. Piquemal<sup>2</sup>, A. Bounouh<sup>5</sup> et G. Almuneau<sup>1</sup>

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

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

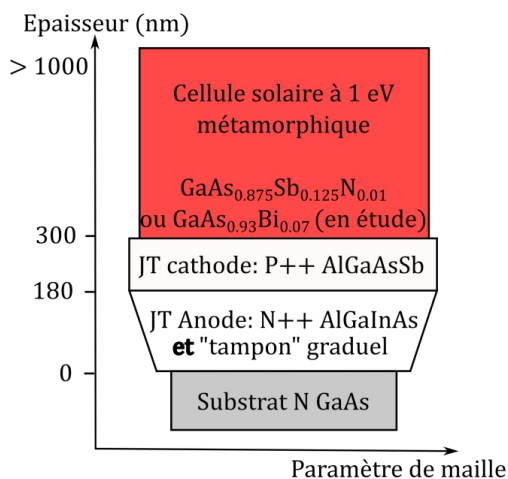
<sup>3</sup> Aix Marseille Université, CNRS, Université de Toulon, IM2NP UMR 7334, 13397, Marseille, France

<sup>4</sup> IRDEP, UMR 7174-CNRS-EDF-ENSCP, EDF R&D, Chatou, France

<sup>5</sup> CEA LIST, Centre d'études, F-91400, Gif-sur-Yvette, France

La technologie des cellules solaires tandem (MJSCs) GaAs (1.42 eV)/GaInP (1.87 eV) sur substrat GaAs est très mature, et l'ajout de sous-cellules solaires de plus petit gap à cette structure bien maîtrisée a permis d'obtenir de très hauts rendements au-delà de 40 %. Les alliages GaInAsN accordés sur GaAs (rendement de 43.5% [1]), GaInAs métamorphique (rendement de 44.4 % [2]) ainsi que le collage par "wafer-bonding" de sous-cellules fabriquées sur InP (rendement de 46% [2]) ont jusqu'ici été exploités. Dans l'optique de dépasser cette valeur record dans des cellules solaires métamorphiques, la maîtrise d'un matériau à 1 eV ayant de bonnes propriétés structurales et optoélectroniques est indispensable, et constitue un défi majeur pour la filière des MJSCs sur substrat GaAs. Nous visons à exploiter un alliage GaAsBi, avec une concentration de bismuth de 7%. En effet, cet alliage présente un désaccord de maille avec le GaAs plus faible (0.6%) que l'alliage  $\text{Ga}_{0.69}\text{In}_{0.31}\text{As}$  (2.2%) pour atteindre 1eV. De ce fait, la couche graduelle métamorphique AlGaInAs élaborée avant l'absorbeur 1eV qui ne contiendra que 15% d'indium au lieu de 35%, pourra être plus fine et sera de meilleure qualité structurale. Pour encore améliorer les performances de ces sous-cellules, il est aussi nécessaire de disposer de jonctions tunnel (JT) de hautes performances permettant la connexion électrique entre les sous-cellules [3]. Nous proposons ici une géométrie originale de JT et présentons les résultats obtenus.

Nous démontrons la fabrication par Epitaxie par Jets Moléculaires (EJM) d'une JT AlGaInAs/AlGaAsSb hautes performances intégrée au tampon graduel relaxé réalisant l'accord de maille du GaAsBi ( $x_{\text{Bi}}=7\%$ ), comme présenté sur la Figure 1. Cette solution a été développée à partir d'un travail expérimental et théorique autour des hétérojonctions tunnel de type II GaAsSb/GaInAs, qui sera donc aussi détaillé. Comme preuves de concept, la croissance de cellules solaires métamorphiques GaInAs ( $x_{\text{In}}=11\%$ ) (1.25 eV) et GaAsSbN (1 eV) a été réalisée et les composants sont en cours de fabrication. Les premiers résultats obtenus sur ces composants seront discutés.



**Fig. 1:** Représentation schématique épaisseur/ paramètre de maille de la structure de JT de type II / tampon graduel relaxé proposée. Le désaccord de maille visé par rapport au GaAs est de 0.6%, ce qui permet l'intégration d'une cellule solaire GaAsBi à 1eV ou d'une cellule solaire GaAsSb $_{0.125}$ N $_{0.01}$  à 1eV à faible teneur en N.

## Références:

- [1] Sabnis, V., Yuen, H., Wiemer, M. (2012). High-efficiency multijunction solar cells employing dilute nitrides. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1477, No. 1, pp. 14-19).
- [2] Green MA, Hishikawa Y, Warta W, et al. (2017) Solar cell efficiency tables (version 50). *Prog. Photovol. Res. Appl.* 2017;25:668–676.
- [3] Walker, A. et al. (2013). Tunnel-junction-limited multijunction solar cell performance over concentration. *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, 19(5), 1-8.4

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 du support technique de la centrale de technologie du LAAS-CNRS du réseau RENATECH.