

Contrôle du dopage de μ -cristaux de GaAs épitaxié sur silicium pour la réalisation de cellule tandem GaAs/Si

G. Chau^{1,2}, A. Jaffré², G. Hallais¹, D. Mencaraglia², C. Renard¹

¹ C2N, UMR 9001, CNRS, Université Paris-Saclay, 10 Bd Thomas Gobert, Palaiseau, France

² GeePs - Génie Electrique et Electronique de Paris - CNRS, CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, Sorbonne Université – 11 rue Joliot Curie, Plateau de Moulon, 91192 Gif-sur-Yvette CEDEX, France

Les cellules multijonctions III-V/Ge représentent la solution la plus efficace pour obtenir les plus hauts rendements de conversion photovoltaïque (PV) [1], et sont à l'heure actuelle bien commercialisées. Cependant, ces structures sont restreintes à des applications bien particulières telles que le spatial et les systèmes à concentration solaire CPV, du fait des coûts très élevés des matériaux utilisés et du substrat Ge. Grâce aux savoir-faire développés au C2N dans l'hétéro-épitaxie latérale de GaAs sur silice nanostructurée, et au GeePs dans les caractérisations électriques et le design des structures, nous proposons de réaliser un démonstrateur de cellule PV tandem GaAs/Si. Ce design doit selon un modèle réaliste permettre d'atteindre un rendement de 29,2% [2], tout en permettant de réaliser cette structure sur un substrat Si peu coûteux (Fig 1). Le défi principal réside cependant dans la croissance des matériaux désaccordées (~4%) sans génération de dislocations et sans formation de domaines d'antiphases. Par la méthode d'intégration ELTON (Epitaxial Lateral overgrowth on Tunnel Oxide from nano-seed), nous avons obtenu des μ -cristaux de GaAs sur silicium (Fig 2) sans défaut cristallin ni contrainte, et permettant un passage important du courant à l'interface GaAs/Si par effet tunnel [3].

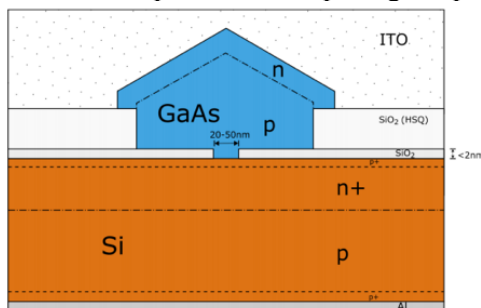


Fig. 1 : Design de la cellule solaire tandem GaAs/Si

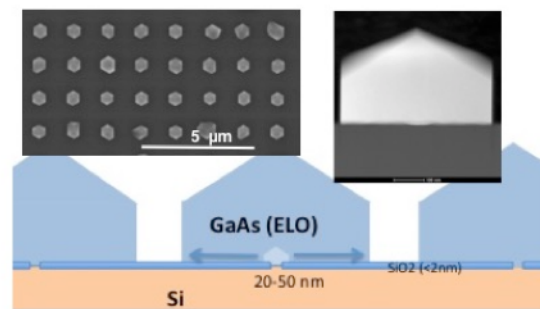


Fig. 2 : Epitaxies localisées de μ -cristaux de GaAs/Si

Cependant, afin de proposer un démonstrateur de cellule tandem GaAs/Si, il nous faut être capable de contrôler de manière précise le dopage de ces μ -cristaux de GaAs. Mais du fait de la forme et de la taille micrométrique de ces structures, les méthodes classiques de caractérisation des propriétés électroniques ne peuvent pas être utilisées. Aussi pour l'étude du dopage de ces objets nous avons développé une technique d'analyse indirecte par micro-photoluminescence en température [4]. Avec cette dernière nous verrons que nous pouvons alors remonter au type et à la concentration du dopage obtenu durant la croissance de ces μ -cristaux. Nous montrerons que l'utilisation conjointe de Trimethyl-Gallium (TMGa) et de Tertiarybutyl-Arsine (TBAs) peut donner lieu à une incorporation importante de carbone (C) dans les μ -cristaux (jusqu'à 10^{19} cm^{-3}) [4], mais aussi diminuer cette incorporation de C en jouant sur le rapport V/III pendant la croissance, et d'obtenir des dopages proches de l'intrinsèque [5]. Ce contrôle du dopage est particulièrement intéressant du fait que le carbone est un élément très apprécié pour le dopage p du GaAs grâce à sa limite de solubilité élevée et son faible coefficient de diffusion ; le rendant idéal pour les jonctions abruptes. Pour le dopage de type n du GaAs, nous détaillerons les résultats obtenus avec l'utilisation du SiH_4 comme gaz précurseur du Si.

[1] NREL Efficiency Chart, *Best research-cell efficiencies 2020*.

[2] J. P. Connolly et al, *Progress in Photovoltaics*, **2014**, 22, 810.

[3] C. Renard et al, *Sci. Rep.*, **2016**, 6, 25328. doi:10.1038/srep25328.

[4] T. Molière et al, *Journal of applied physics*, **2017**, 121(3):035704

[5] M. Longo et al, *Journal of Crystal Growth*, **2003**, 248, 119