Hétérostructures GaAs/Ge intégrées sur Si : vers des cellules tandems à haut rendement

Marie COSTE[1], Timothée MOLIERE[1], Géraldine HALLAIS[1], Laetitia VINCENT[1], Nikolay CHERKASHIN[2], Daniel BOUCHIER[1], Charles RENARD[1]

[1]C2N, CNRS, Univ. Paris-Sud, Université Paris Saclay, Orsay F-91405, France
[2]CEMES, UPR CNRS 8011, 29 rue Jeanne Marvig, 31055 Toulouse, France
Auteur contact : *marie.coste@u-psud.fr*

Les plus hautes performances photovoltaïques sont obtenues à l'aide de cellules à multi-jonctions [1]. Celles-ci sont composées de matériaux avec des gaps complémentaires permettant de maximiser la quantité de photons récoltés dans une large gamme d'énergie, mais aussi de minimiser les pertes thermiques. L'inconvénient de ces cellules reste toutefois leur coût très élevé : lié à l'utilisation de substrats couteux comme le Ge et de matériaux de très haute qualité, épitaxiés en accord de maille. Afin de réduire ce coût, nous proposons un concept innovant permettant l'hétéroépitaxie de matériaux désaccordés en maille sur substrat Si sans génération de contrainte mécanique ou de défauts. L'objectif est alors de développer un démonstrateur de cellule photovoltaïque tandem GaAs/Ge intégré sur Si (Figure 1) permettant d'atteindre un rendement théorique très élevé (près de 43%) (Figure 2). Ce type de structure est réalisable grâce au savoir-faire acquis par le C2N dans l'hétéroépitaxie latérale par CBE (Chemical Beam Epitaxy). Cette technique nous permet d'obtenir par intégration hétérogène des microcristaux de GaAs/Ge parfaitement intégrés et électriquement connectés au substrat [2]. Une telle hétérostructure est avantageuse du fait que ces matériaux sont quasiment accordés en maille. Précédemment, nous avions montré [2] que la croissance directe de microcristaux de GaAs sur Si(100) à travers des ouvertures nanométriques conduisait à la formation systématique de macle. Dans le cas d'une hétérostructure GaAs/Ge, ce type de défaut peut être évité car l'épitaxie latérale démarre avec du Ge. Des microcristaux de GaAs/Ge sans dislocations ni macles ont effectivement été obtenus. Cependant, la formation de domaines d'anti-phase provenant de l'interface entre le Ge et le GaAs a été observée. Des changements de conditions de croissance et plus particulièrement de morphologie des nanocristaux de Ge utilisés sont envisagés afin d'éviter leur formation. Des observations en microscopie électronique à balayage et à transmission ainsi que des analyses dispersives en énergie seront réalisées.

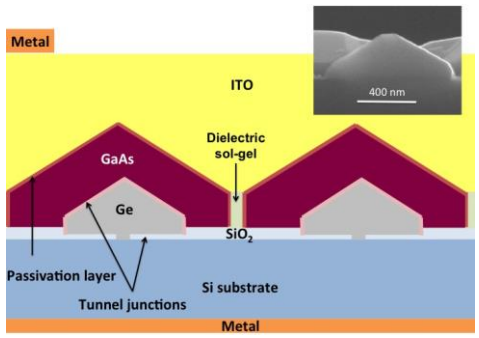

Figure 1 – Représentation schématique des hétérostructures GaAs/Ge pour la réalisation d'un démonstrateur photovoltaïque.

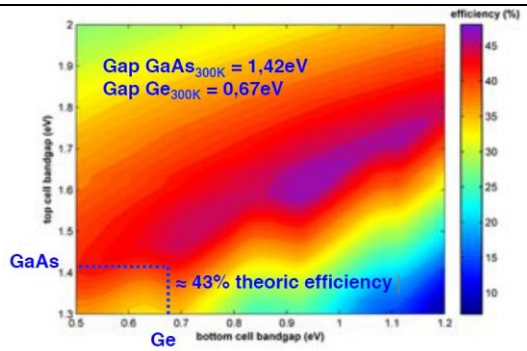

Figure 2 – Efficacité théorique d'une cellule tandem composée de Ge et GaAs (source PVeducation.com).

[1] NREL : best research cell efficiency 2016
[2] C. Renard et al., High current density GaAs/Si rectifying heterojunction by defect free Epitaxial Lateral overgrowth on Tunnel Oxide from nano-seed, Sci. Rep. 6 (2016) 25328. doi:10.1038/srep25328.