

ANALYSE PAR PHOTOLUMINESCENCE DU DOPAGE RÉSIDUEL DANS UN CRISTAL UNIQUE DE GaAs DE TAILLE MICROMÉTRIQUE ÉPITAXIÉ SUR SILICIUM POUR LA RÉALISATION DE MULTIJONCTIONS

Alexandre Jaffré¹, Jose Alvarez¹, Hung-Ling Chen², Hajer Makhloufi², Charles Renard²,
Florent Loëte¹, Stéphane Collin², James Patrick Connolly¹, Jean-Paul Kleider¹, Denis Mencaraglia¹
¹GeePs, Group of Electrical Engineering Paris, CNRS, CentraleSupélec, Univ. Paris-Sud, Université Paris-Saclay, Sorbonne
Université, 3&11 rue Joliot-Curie, Plateau de Moulon, 91192 Gif-sur-Yvette CEDEX, France
²C2N, Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies, CNRS, Univ. Paris-Sud, Université Paris-Saclay,
Avenue de la Vauve, 91120 Palaiseau, France

L'intégration monolithique de GaAs sur Si, sans défauts majeurs préjudiciables aux performances d'un dispositif électronique, est un graal poursuivi depuis de nombreuses années par les chercheurs, en particulier pour l'opto-électronique et, dans le domaine PV, pour la réalisation de cellules à multijonctions. Cependant, le désaccord de maille important entre ces deux matériaux, leur nature polaire ou non polaire, ainsi que la différence de coefficient de dilatation thermique, font que jusqu'à présent, l'intégration d'une couche 2D continue de GaAs sans défauts majeurs n'a jamais pu être réalisée. En revanche, dans le cadre d'un précédent projet ANR (MULTISOLSI, MULTIspectral SOLar cells based on Silicon), nous avons démontré qu'il était possible d'intégrer sur Si des cristaux GaAs de taille micrométrique complètement relaxés, d'excellente qualité structurale et sans défauts électroniques majeurs permettant déjà de réaliser des hétérojonctions GaAs/Si de très bonne qualité [1]. La méthode de croissance utilisée (ELO CBE, Epitaxial Lateral Overgrowth Chemical Beam Epitaxy) est une hétéroépitaxie sélective au travers de nanotrous percés dans une couche très fine de silice (2 nm) recouvrant le substrat de silicium. La réalisation d'un réseau de tels cristaux de GaAs, non coalescés mais assurant une couverture quasi complète du silicium, permet ainsi de proposer une architecture de cellules tandem GaAs/Si pouvant atteindre un rendement de conversion réaliste de 29,2% sous AM1.5 G, cette stratégie pouvant ensuite être étendue à des cellules triple jonctions. Un préalable est cependant la maîtrise du dopage des cristaux de GaAs, et en premier lieu donc la mesure quantitative du taux de dopage dans un cristal unique de taille micrométrique. Pour cela, nous avons développé une méthode de caractérisation locale sans contact basée sur l'analyse de l'évolution de la photoluminescence en fonction de la température qui fait l'objet de cette communication. La précision de la détermination du gap E_g à partir du pic du spectre de photoluminescence est tout d'abord attestée en la comparant aux résultats de nano-cathodoluminescence, à la fois sur un substrat GaAs de référence et sur les cristaux de taille micrométrique. La mesure est ensuite effectuée dans une gamme de températures de 100 K à 500 K. La variation $E_g(T)$ est comparée à un modèle paramétrique de la littérature (modèle de Pässler) établi avec une grande précision pour du GaAs non dopé [2]. Nous montrons que notre substrat GaAs de référence suit parfaitement ce modèle sans aucun ajustement de paramètre lorsque la température du réseau est affinée à partir du Stokes shift des pics Raman. Cette procédure, ainsi validée sur un substrat GaAs de référence non dopé, est ensuite appliquée à un cristal GaAs de taille micrométrique en prenant en compte le Band Gap Narrowing observé sur ces cristaux dans lesquels nous avons déjà montré auparavant qu'il existait un dopage résiduel de type P. Nous montrons alors que l'ajustement avec une seule variable, des résultats expérimentaux $E_g(T)$ au modèle de Pässler corrigé du Band Gap Narrowing, nous permet de déterminer quantitativement la concentration du dopage résiduel dans un cristal unique de taille micrométrique. Finalement, nous discuterons la nature de ce dopage résiduel lors de la croissance ELO CBE ainsi que les solutions possibles pour son contrôle en vue de la réalisation d'une cellule tandem GaAs/Si.

[1] C. Renard, T. Molière, N. Cherkashin, J. Alvarez, L. Vincent, A. Jaffré, G. Hallais, J.P. Connolly, D. Mencaraglia, and D. Bouchier, *Sci. Rep.* 6, 25328 (2016)

[2] R. Pässler, *Phys. Stat. Sol. (b)* 216, 975 (1999)