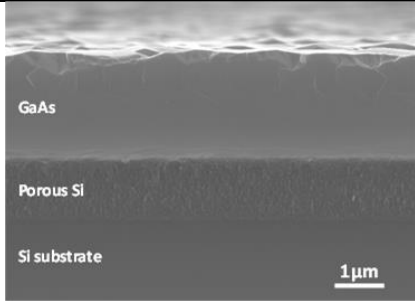


Synthèse et caractérisation de semiconducteurs mésoporeux pour le photovoltaïque

Mots-clefs : Hétéroépitaxie, GaAs, Si nanoporeux, Réduction de dislocation, Cellules multijonctions.



vue MEB en coupe de GaAs sur Si poreux.

Porteurs du projet : Richard Arès (LN2), Vincent Aimez (LN2), Simon Fafard (LN2), Abdelatif Jaouad (LN2).

Étudiants impliqués : Youcef Bioud, PhD, Abderraouf Boucherif, professionnel de recherche

Partenaire industriel : Karin Hinzer (Université d'Ottawa)

Période du projet : 11/2010 – en cours



Description du projet et contexte: Ce projet vise le développement de substrat alternatif à base de Si nanoporeux pour l'intégration monolithique de cellules solaires multijonctions à haut rendement sur substrat de Si. Ce projet vise d'une part l'augmentation des performances des cellules solaires par la création de mailles virtuelles permettant la croissance de la combinaison d'alliage idéale et d'autre part à réduire le coût en utilisant le Si comme substrat. Le projet s'appuie sur l'expertise de croissance épitaxiale et de micro-fabrication du LN2 et sur l'expertise de l'université d'Ottawa en simulation et caractérisation des cellules solaires.

La réussite de la croissance en désaccord de maille représente la clef pour augmenter les performances et réduire le coût de production des cellules PV multijonctions (GaInP/GaAs/Ge). La croissance directe de matériaux III-V sur Si (eg. GaAs/Si) produit des couches de GaAs avec une forte densité de dislocations, autour de 10^9 - 10^{10} cm⁻² en raison du grand désaccord de maille existant entre ces deux matériaux (~4%). Ceci réduit considérablement le temps de vie des porteurs de charges minoritaires, raison principale du faible rendement de ces cellules. L'approche la plus aboutie technologiquement consiste en la croissance d'une couche tampon à gradient de composition en SiGe. Cependant, bien que cette approche permette l'obtention de couche de GaAs avec de faibles densités de dislocations ($\sim 10^6$ /cm²) l'épaisseur des couches tampons représente un obstacle de taille à la commercialisation.

Dans le cadre de ce projet, on explore le potentiel de l'utilisation de substrats nanostructurés telle que le Si nanoporeux comme substrat universel pour la croissance de matériaux III-V de haute qualité cristalline. Nous avons pu démontrer que la croissance de GaAs monocristallin est possible, et même que la qualité de GaAs est meilleure que celle obtenue sur substrat classique de Si faite dans les mêmes conditions (voir figure 1).

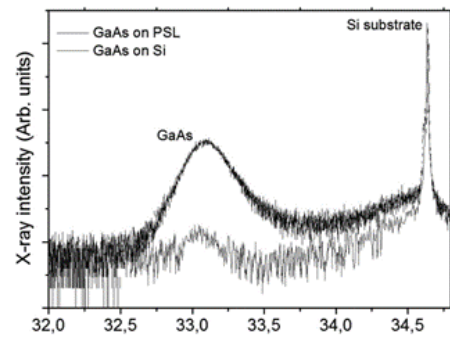


FIG 1 – Patron de diffraction de GaAs crues

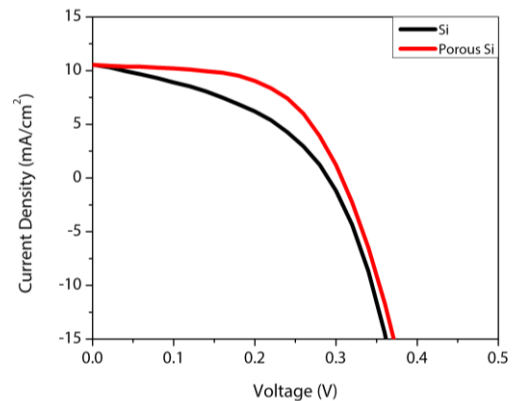


FIG 2 – Caractéristique courant – tension de cellule solaire de GaAs épitaxiée sur Si et sur Si poreux.

Résultats remarquables et publications associées:

Des cellules solaires simple jonction en GaAs ont été conçues au SUNLAB (U. Ottawa) et épitaxiées puis fabriquées au LN2. La figure 2 montre la caractéristique en courant – tension de ces cellules, cela montre non seulement que le dispositif est fonctionnel mais aussi que les performances sont meilleures dans la cellule épitaxiée sur Si nanoporeux que celle épitaxiée sur Si en raison de la réduction de la densité de défauts. Une seconde génération de substrats virtuels à base de matériaux nanoporeux est en développement, celle-ci permettra d’obtenir un substrat virtuel avec une maille ne pouvant être obtenues par épitaxie classique pour atteindre la combinaison d’alliage optimale.

- F. Blaffard, A. Boucherif, V. Aimez, and R. Arès, *Control of mesoporous silicon initiation by cathodic passivation*, (2013), *Electrochemical communications*, vol. 36 p. 84 (2013).

Ce travail présente une méthode pour contrôler la morphologie en surface de Si nanoporeux.

- M. Wilkins, A. Boucherif, R. Beal, J. E. Haysom, J. F. Wheeldon, V. Aimez, R. Arès, T. J. Hall, K. Hinzer, *Multijunction Solar Cells using Silicon Bottom Subcell and Porous Silicon Compliant Membrane*, *IEEE Photovoltaics*, vol. 3, p. 1125, (2013).

Ce travail présente la conception d’une cellule multijonction sur substrat de Si nanoporeux et les premiers résultats de croissance.

- Boucherif, G. Beaudin, V. Aimez, and R. Arès, *Mesoporous germanium morphology transformation for lift-off process and substrate re-use*, *Appl. Phys. Lett.*, vol. 102, p. 011915 (2013).

Ce travail présente une approche alternative pour la réduction des coûts de fabrication des cellules multijonctions par croissance de GaAs sur substrat de Ge mésoporeux suivie de détachement et report de la structure.

Financement :

- Subvention CRSNG-SPG (Canada), *Engineered substrate*, 2015-2018.
- Subvention APECS (Canada), *Advancing Photovoltaics for Economical Concentrator Systems*, 2010-2015.