

Vendredi 25 avril
14h00

Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies
10 boulevard Thomas Gobert
91120 Palaiseau
Amphithéâtre

Phuong-linh NGUYEN

“Collage III-V//Si par couches transparentes conductrices pour cellules solaires tandem”

Lien visio : <https://us02web.zoom.us/j/89732786691?pwd=MGNUbkNCS05vRUNhZEx2Z2dITDJPOT09>

Jury members :

M. Stéphane COLLIN	Université Paris-Saclay GS Sciences de l'ingénierie et des systèmes	Directeur de thèse
Mme Anne KAMINSKI-CACHOPO	Grenoble INP-Phelma	Rapporteuse
M. Yvan CUMINAL	Université de Montpellier	Rapporteur
Mme Anne TALNEAU	Université Paris-Saclay - C2N - CNRS	Examinatrice
M. Romain CARIOU	CEA Liten	Examineur
M. Andrea CATTONI	Université Paris-Saclay - C2N - CNRS	Co-encadrant de thèse
M. Philippe BARANEK	EDF R&D – Département SYSTEME	Invité
M. Oliver HÖHN	Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE	Invité

Abstract :

95% de la production photovoltaïque totale en 2020 est réalisée à partir de silicium. À l'échelle du laboratoire, le rendement record des cellules solaires silicium simple-jonction a atteint 27.6%, proche du rendement limite théorique de 29.4%. Une alternative pour mieux exploiter le spectre solaire consiste à combiner plusieurs semi-conducteurs dans des cellules solaires tandem, avec un rendement théorique de près de 45% pour une cellule solaire tandem optimale à double-jonction à base de Si. Les meilleures performances ont été obtenues par collage direct de III-V sur Si, mais la mise à l'échelle de cette technologie est difficile.

Dans cette thèse, nous avons conçu et développé une nouvelle méthode de collage, potentiellement peu coûteuse, pour les cellules solaires tandem III-V sur silicium à deux terminaux, basée sur des couches transparentes conductrices (TCL). Cet empilement de TCL est composé

de deux revêtements antireflets (ARCs) dérivés de sol-gels et d'une couche à faible indice de réfraction. Les ARCs assurent des contacts ohmiques avec les sous-cellules et la transmission des photons de faible énergie à la cellule de silicium. La couche à faible indice de réfraction assure à la fois l'interconnexion électrique entre les sous-cellules et un meilleur recyclage des photons dans la cellule supérieure (gain d'efficacité pouvant atteindre 0.9% en valeur absolue). L'empilement TCL a été optimisé à l'aide d'outils de simulation optique afin d'obtenir une concordance de courant avec une perte de courant minimale, similaire au cas de l'architecture à collage direct. Le processus de laminage est réalisé dans l'air, à basse température de polymérisation (120°C) à l'aide d'une simple presse hydraulique. Un processus de photolithographie reproductible et robuste à une basse température de 80°C a également été optimisé avec succès. Nous avons fabriqué une première génération de cellule tandem AlGaAs/TCLs/Si ayant une surface de 1 cm², avec une cellule Si de type TOPCon et une colle à base de PEDOT:PSS, qui montre des résultats prometteurs. Une stratégie de piégeage de la lumière utilisant une couche nanostructurée insérée à l'arrière de la cellule supérieure a également été explorée par des simulations électromagnétiques, en tenant compte des contraintes pratiques. Cette stratégie permet de minimiser l'utilisation de matériaux III-V par un facteur de 2.6.

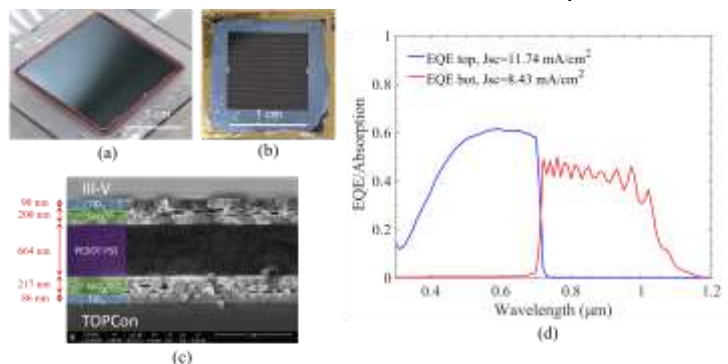


Fig. (a) Un échantillon composé de 3 μm III-V collé sur 250 μm Si, (b) Cellule tandem III-V sur Si de 1x1 cm², (c) Image en coupe MEB d'un échantillon III-V collé sur Si avec un empilement des couches transparentes conductrices, (d) Efficacité quantique externe mesurée de la cellule tandem 1x1 cm²

de deux revêtements antireflets (ARCs) dérivés de sol-gels et d'une couche à faible indice de réfraction. Les ARCs assurent des contacts ohmiques avec les sous-cellules et la transmission des photons de faible énergie à la cellule de silicium. La couche à faible indice de réfraction assure à la fois l'interconnexion électrique entre les sous-cellules et un meilleur recyclage des photons dans la cellule supérieure (gain d'efficacité pouvant atteindre 0.9% en valeur absolue). L'empilement TCL a été optimisé à l'aide d'outils de simulation optique afin d'obtenir une concordance de courant avec une perte de courant minimale, similaire au cas de l'architecture à collage direct. Le processus de laminage est réalisé dans l'air, à basse température de polymérisation (120°C) à l'aide d'une simple presse hydraulique. Un processus de photolithographie reproductible et robuste à une basse température de 80°C a également été optimisé avec succès. Nous avons fabriqué une première génération de cellule tandem AlGaAs/TCLs/Si ayant une surface de 1 cm², avec une cellule Si de type TOPCon et une colle à base de PEDOT:PSS, qui montre des résultats prometteurs. Une stratégie de piégeage de la lumière utilisant une couche nanostructurée insérée à l'arrière de la cellule supérieure a également été explorée par des simulations électromagnétiques, en tenant compte des contraintes pratiques. Cette stratégie permet de minimiser l'utilisation de matériaux III-V par un facteur de 2.6.