



Soutenance de thèse

Vendredi 26 mai 2023

14h, Amphithéâtre C2N

Avancées sur les cellules solaires ultrafines en GaAs et en CdTe

Bérengère FROUIN

Travaux de thèse dirigés par Stéphane COLLIN et encadrés par Andrea CATTONI

Jury members :

Gwénoél JACOPIN, chargé de Recherche, Institut Néel-CNRS, France Rapporteur & Examinateur

Régis ANDRÉ, Directeur de Recherche, Institut Néel-CNRS, France, Rapporteur & Examinateur

Inès MASSIOT, Chargée de Recherche, LAAS-CNRS, Examinatrice

Negar NAGHAVI, Directrice de Recherche, IPVF UMR 9006-CNRS, France, Examinatrice

Jean-Paul KLEIDER, Directeur de Recherche, GeePs-CNRS, France, Examinateur

Abstract

Les cellules solaires en couche mince, constituées de semiconducteurs à bande interdite directe d'une épaisseur de 2 à 4 μm , constituent une alternative attractive aux cellules conventionnelles formées de 150 μm de silicium. Elles permettent une faible consommation de matériaux et une empreinte carbone réduite. Avec une réduction supplémentaire de l'épaisseur d'un facteur 10, les cellules solaires ultrafines offrent de nouvelles possibilités pour économiser des matériaux rares, réduire le temps et le coût de fabrication, faciliter la collecte des porteurs de charge dans les absorbeurs, et étendre le champ des applications du photovoltaïque à des dispositifs flexibles ou tolérants aux rayonnements. Cependant, des stratégies de piégeage optique sont nécessaires pour compenser la faible absorption des films ultrafins, et elles doivent respecter des contraintes de conception et de fabrication exigeantes.

Cette thèse se concentre sur le développement de cellules solaires ultrafines en GaAs, un semiconducteur monocristallin de haute qualité qui a permis le record d'efficacité des cellules solaires à simple jonction, et en CdTe, un matériau polycristallin peu coûteux et adapté à la fabrication industrielle à grande échelle.

Dans une première partie, les pertes des cellules solaires précédentes en GaAs de 200 nm d'épaisseur sont analysées, et un nouveau design de piégeage optique est proposé. Il est constitué d'une couche nanostructurée à fort indice, qui est encapsulée dans un matériau mésoporeux à faible indice, avec un miroir plan en argent en face arrière.

Cette structure permet d'obtenir un courant de court-circuit théorique de 28,2 mA/cm^2 . Une preuve de concept de cette cellule solaire ultrafine est démontrée, avec une réponse optique multi-résonante en accord avec les simulations numériques.

Afin d'améliorer encore l'efficacité globale des cellules solaires ultrafines, un nouvel empilement de couches basé sur une hétérostructure n-GaAs/p-AlGaAs de 250 nm d'épaisseur est introduit, le courant de court-circuit théorique atteint 28,9 mA/cm^2 .

Une seconde partie est consacrée aux différents facteurs entravant le développement de cellules solaires CdSeTe/CdTe polycristallines ultrafines.

La passivation des défauts par l'incorporation de sélénium est étudiée par cartographie de cathodoluminescence à haute résolution. La diffusion des atomes de sélénium et leur impact sur l'efficacité radiative des alliages CdSeTe sont analysés quantitativement. Ensuite, plusieurs solutions pour un contact arrière ohmique, passivant et réfléchissant sur le CdTe sont explorées. Enfin, la stratégie de piégeage optique multi-résonante développée pour le GaAs ultrafin est adaptée aux contraintes technologiques des dispositifs en CdTe. Par simulation optique, une efficacité de conversion allant jusqu'à 19,5% est prédite dans une cellule solaire en CdSeTe de 200 nm d'épaisseur avec un contact arrière nanostructuré.

