



DEPARTEMENT PHYSIQUE INSTRUMENTATION ENVIRONNEMENT ESPACE (DPHY)

Development of InGaAsN solar cells and characterization of their degradation in space radiative environment

Soutenance de thèse de Maxime LEVILLAYER

26 novembre 2021 – 14:00

Salle de conférences du LAAS

7 avenue du Colonel Roche - 31400 Toulouse

Devant le jury :

- ✚ Karine Coulié (Aix Marseille Université) : Rapporteur
- ✚ Mircea Guina (Tampere University): Rapporteur
- ✚ Romain Cariou (CEA-Liten): Examineur
- ✚ Stéphane Collin (C2N-CNRS): Examineur
- ✚ Guilhem Almuneau (LAAS-CNRS): Directeur de thèse
- ✚ Laurent Artola (ONERA): Co-Directeur de thèse
- ✚ Inès Massiot (LAAS-CNRS): Invitée
- ✚ Corinne Aicardi (CNES): Invitée

RESUME

L'essor des satellites artificiels couvrant des applications de télécommunication et d'observation scientifique, ainsi que des besoins militaires, requiert le développement de puissants systèmes d'alimentation électrique en milieu spatial. Ces systèmes reposent très majoritairement sur la conversion photovoltaïque et la technologie des cellules solaires à multi-jonction (MJSC).

La structure standard de MJSC utilisée pour les applications spatiales est la tri-jonction GaInP/(In)GaAs/Ge. Afin d'augmenter le rendement de cette MJSC, il est nécessaire de mieux exploiter le proche infrarouge en remplaçant la sous-cellule de germanium ou en introduisant une 4ème sous-cellule dont l'énergie de bande interdite est égale à 1 eV. Cette cellule doit avoir le même paramètre de maille que Ge ou GaAs et doit être capable de générer environ 15 mA/cm² en condition d'intégration. De plus, il est indispensable que cette cellule soit résistante aux radiations spatiales afin de garantir une longue durée de vie de la structure MJSC.

Dans le cadre de cette thèse, nous avons étudié le quaternaire InGaAsN pour répondre à ces exigences d'intégration MJSC et de tenue en milieu spatial. Nous avons commencé par faire croître des couches cellules solaires et des couches bulk d'InGaAsN par épitaxie par jets moléculaires (EJM). De nombreuses caractérisations matériaux nous ont permis de comprendre l'impact des conditions de croissance épitaxiale sur les propriétés opto-électroniques de l'InGaAsN et ainsi d'optimiser notre procédé de fabrication.

Des cellules solaires ont par ailleurs été fabriquées en salle blanche (lithographie, métallisation, gravure) avant d'être caractérisées par mesure courant-tension et réponse spectrale. En conditions d'intégration MJSC, nos cellules pourraient

générer des densités de courant environ égales à 8 mA/cm^2 . L'intégration de ces cellules au sein d'une structure tandem GaAs/InGaAsN a par ailleurs été démontrée.

Des cellules solaires InGaAsN ainsi que des échantillons pour la photoluminescence (PL) et la spectroscopie de défauts profonds (DLTS) ont par la suite été irradiés sous électrons et protons 1 MeV. La comparaison des caractéristiques matériaux et cellules avant et après irradiation nous a permis d'analyser les mécanismes de dégradation ayant lieu dans l'InGaAsN. Globalement, les cellules solaires d'InGaAsN apparaissent plus résistantes aux irradiations électroniques et protoniques que les cellules de GaAs.