

Influence et localisation du Na dans les cellules Cu(In,Ga)S_2

Contexte du sujet : Depuis quelques années, le développement de l'énergie photovoltaïque (PV) semble essentiel afin de minimiser les émissions de carbone dans l'atmosphère et ainsi atteindre les objectifs de neutralité carbone fixés à 2050. Cependant, les rendements associés aux technologies PV utilisées actuellement tendent à atteindre leur limite physique ($\approx 30\%$) et ainsi restreindre leur développement. L'étude proposée s'inscrit dans le cadre du projet ANR WATTELCE.

Ce projet a pour objectifs de développer des stratégies d'imagerie corrélative multi-échelle pour explorer les propriétés physiques des matériaux PV afin d'en comprendre les barrières technologiques. Pour cela, le projet s'appuie sur des composés à structure chalcopyrite du type Cu(In,Ga)S_2 à large bande interdite. Ces matériaux trouvent leur intérêt principal dans la mise en place de cellules solaires à deux jonctions, dites tandem, parmi lesquelles nous retrouvons le couplage (Cu(In,Ga)S_2 / Si) qui se place comme l'une des technologies les plus prometteuses pour la future génération de cellules solaires et dont les rendements pourraient dépasser les 45%. Cependant, les rendements actuels obtenus dans les Cu(In,Ga)S_2 restent très limités (15,5% contre 29 % accessible théoriquement). L'identification de l'origine de leurs faibles performances est donc nécessaire avant leur introduction au sein d'une structure tandem.

Pour pallier à cela, le projet WATTELCE s'axe autour d'une combinaison unique de méthodes d'analyses (sonde atomique, microscopie électronique, cathodoluminescence, EBIC) afin de corréler les propriétés structurales et chimiques aux propriétés opto-électrique locales de ces matériaux.

Objectifs et déroulement du stage : Les rendements des cellules Cu(In,Ga)S_2 peuvent être largement améliorés par l'introduction de sodium (Na) à l'intérieur du matériau lors de son élaboration. Cependant, l'origine de cette amélioration reste encore inconnue et pourrait être liée directement à la ségrégation des atomes de Na à l'intérieur de la couche Cu(In,Ga)S_2 . Celle-ci peut prendre plusieurs formes, à savoir : (i) une accumulation de Na aux joints de grains ou aux interfaces, (ii) la formation d'agrégats riches en Na (10-25% de Na). Cette diffusion du Na dans la couche est étroitement liée aux paramètres d'élaboration. L'objectif sera donc, pour un paramètre donné (température de croissance, épaisseur ...), d'étudier les propriétés optiques et électriques locales en spectroscopie de cathodoluminescence et/ou en EBIC, afin de les corréler aux propriétés structurales et chimiques obtenues en sonde atomique.

Dans un premier temps, il sera nécessaire de réaliser un état de l'art autour de la cellule Cu(In,Ga)S_2 ainsi que des méthodes expérimentales utilisées au cours du stage. Dans un second temps, le stagiaire sera amené à participer à l'ensemble des étapes expérimentales de caractérisations des couches Cu(In,Ga)S_2 et réalisera les traitements de données adéquats.

Environnement de travail : Le stage sera effectué au Groupe de Physique des Matériaux (GPM) à Saint-Etienne du Rouvray. Le GPM est une Unité Mixte de Recherche (UMR 6634) entre l'Université de Rouen Normandie, l'INSA de Rouen Normandie et le CNRS. Le GPM

bénéficie d'une plateforme de micro-caractérisation quasi unique en France. Le·a candidat·e évoluera dans un environnement international et sera intégré·e dans le département MFN « Matériaux Fonctionnels et Nanostructures » au sein de l'équipe thématique « Nanomatériaux pour l'optique ». Les principales activités de recherche menées par le département MFN portent sur de l'étude de matériaux à l'échelle ultime pour en comprendre leurs propriétés physiques (électrique, optique ...). Les matériaux sont élaborés à l'institut des Matériaux Jean Rouxel de Nantes (IMN). Un déplacement ou des réunions distancielles avec ce partenaire seront effectuées durant le stage.

Encadrement : Le stage sera encadré par Rémi DEMOULIN, enseignant-chercheur, et Richel DONGMO, doctorant, dans le département MFN.

Profil recherché : Ce stage d'une durée de 6 mois s'adresse à des étudiant·e·s en deuxième année de master en science des matériaux, en physique ou autre domaine équivalent et ayant un fort intérêt pour le travail expérimental. Des connaissances dans le domaine des semi-conducteurs et du photovoltaïque seront appréciées.

Perspectives du stage : L'étudiant·e aura l'occasion d'évoluer dans un laboratoire de renommée mondiale possédant des équipements d'analyse de pointe. Le projet WATTELCE dispose d'un financement pour une thèse de doctorat de 3 ans. L'étudiant pourra donc postuler à cette thèse durant le stage.

Contact : CV et lettre de motivation à envoyer à : remi.demoulin1@univ-rouen.fr