

Service des études doctorales
Bâtiment Pluriel – 701 rue de la Piscine
BP 31 – FR – 38402 SAINT MARTIN D'HERES
Tél. 04 76 82 40 24 – Fax 04 76 82 40 40

UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES

THES_FOR_04

AVIS DE SOUTENANCE DE THESE

*Pour confirmation des horaires et lieu de soutenance de la thèse par le doctorant et diffusion
via Internet par le service des études doctorales à une liste préétablie de destinataires*

DATE ET HEURE de la soutenance de la thèse : lundi 26 janvier 2015 à 13h30

Soutenance de **Jérôme MICHALLON** pour une thèse de DOCTORAT de l'Université de Grenoble,
spécialité : NANO ELECTRONIQUE ET NANO TECHNOLOGIES

Intitulé de la thèse : « Étude et optimisation de l'absorption optique et du transport électronique dans les cellules photovoltaïques à base de nanofils »

Lieu de soutenance de la Thèse : Phelma Minatec - 3 Parvis Louis Néel - 38000 Grenoble - salle M253

Thèse préparée dans le **laboratoire** : UMR 5130 - IMEP-LAHC : Institut de Microélectronique, Electromagnétisme, Photonique – Laboratoire hyperfréquences et caractérisation ,

sous la direction de Anne KAMINSKI-CACHOPO, directeur de thèse et Vincent CONSONNI Co-Encadrant.

Membres du jury :

- Anne KAMINSKI-CACHOPO - Directeur de thèse
- Abdelilah SLAOUI - Examinateur
- Christian SEASSAL - Rapporteur
- Denis MENCARAGLIA - Rapporteur
- Vincent CONSONNI - Co-encadrant de thèse
- Yves JOURLIN - Examinateur

Résumé de thèse :

La conversion photovoltaïque est un procédé très attractif pour la fourniture d'énergies propres et renouvelables. Dans ce domaine, de nombreux travaux de recherche concernent les cellules photovoltaïques de seconde génération qui visent à réduire les coûts de fabrication en utilisant des couches minces. Afin d'absorber efficacement la lumière dans ces couches minces, des semi-conducteurs à bande d'énergie interdite directe comme le CIGS, CdTe ou l'a-Si sont souvent utilisés. La faible épaisseur de ces cellules solaires permet par exemple la réalisation de cellules flexibles qui ouvrent de nouveaux champs d'utilisation pour des applications nomades (camping-car, tentes, sacs à dos,...). Cependant, l'un des inconvénients de ces cellules est l'utilisation de matériaux peu abondants à la surface de la planète comme l'indium et le tellurium. Il serait donc intéressant de réduire davantage la quantité de matière utilisée en gardant une bonne absorption et une collecte efficace des porteurs de charges photogénérés. Dans ce cadre, les cellules solaires à absorbeur extrêmement fin (ETA solar cells, en anglais) intégrant des nanofils de ZnO recouverts de CdTe apparaissent comme une solution prometteuse. En effet, les cellules solaires planaires de type ZnO/CdTe ont récemment montré des rendements de 12,3 % alors que les réseaux de nanofils de ZnO recouverts de CdSe ou CdS ont atteint des rendements 4,7 et 3,5 %, respectivement. Toutefois, en dépit de la combinaison de matériaux adaptés au photovoltaïque et d'une géométrie prometteuse, les rendements rapportés pour les cellules solaires à base de nanofils de ZnO/CdTe restent faibles. Ainsi, dans le but d'améliorer les performances photovoltaïques de ce type d'hétérostructures, l'absorption de la lumière et le transport électronique ont été étudiés précisément dans cette thèse. Nous avons, dans un premier temps, optimisé l'absorption de la lumière d'un réseau de nanofils de ZnO/CdTe en termes de dimensions géométriques à l'aide d'un logiciel de RCWA développé au laboratoire IMEP-LAHC. Il ressort de cette optimisation optique que le réseau de nanofils doit être élaboré préférentiellement sur substrat réfléchissant, arrangé en réseau carré de période d'environ 400 nm avec un diamètre et une hauteur de nanofils de l'ordre de 200 nm, et 1 à 3 µm respectivement, ainsi qu'une épaisseur de CdTe de 40 à 60 nm. L'arrangement de nanofils en réseau carré est optimum puisqu'il permet d'absorber efficacement la lumière en utilisant le minimum de matière. L'utilisation du substrat réfléchissant permet d'amplifier les résonances Fabry-Pérot (aller-retour de la lumière) dans les nanofils et ainsi l'absorption de la lumière. La période optimale de 400 nm permet d'obtenir de bonnes propriétés de diffraction pour les courtes longueurs d'ondes alors que, pour un diamètre de 200 nm, la lumière est efficacement confinée et guidée dans les nanofils pour de grandes longueurs d'ondes. Dans un second temps, des cellules solaires ETA à base de nanofils de ZnO recouverts de CdTe ont été fabriquées à l'aide de techniques de dépôts peu coûteuses. Elles ont montré une bonne absorption de la lumière mais des rendements de conversion très faibles. Pour analyser les causes de ces faibles rendements, les mécanismes de transports de charges dans les nanofils ont été étudiés grâce à des caractérisations électriques sous obscurité associées à des modélisations numériques et analytiques. Nous avons ainsi montré que le transport des porteurs de charge est effectué par effet tunnel assisté par des pièges situés dans la bande interdite à des énergies par rapport à la bande de valence d'environ 0,4 eV. De plus, des forts facteurs d'idéalité ont été mesurés proviennent très probablement de la double hétérojonction ZnO/CdTe/CuSCN. Finalement, des modélisations optoélectroniques ont montré que les cellules solaires ETA à base de nanofils de ZnO recouverts de CdTe pouvaient atteindre des rendements théoriques de l'ordre de 20 %.

Fait à Grenoble, le *

Le doctorant Jérôme MICHALLON