

Etude des propriétés de photoconductivité de couches minces de ZnSnN₂ par implantation de dopants et selon différentes conditions de croissance

S. Le Gall¹, B. Ayachi², N. Beddelem³, T. Bui², C. Longeaud¹, A. Goldani¹, J. Alvarez¹, A. Jaffres¹, J-P. Kleider¹, J-P, Vilcot², P. Miska³

¹Laboratoire de Génie Electrique et Electronique de Paris, UMR-CNRS 8507, CentraleSupélec, Université Paris-Sud, Sorbonne Université

²Institut d'Electronique de Microélectronique et de Nanotechnologies, UMR 8520, Université Lille

³Institut Jean Lamour, UMR-CNRS 7198, Université de Lorraine

Les cellules solaires multi-jonctions sont aujourd'hui les cellules qui possèdent les rendements de conversion photovoltaïque les plus élevés du marché. Plusieurs structures sont très prometteuses, notamment les structures multi-jonctions à base de matériaux III-V, ou encore d'autres combinaisons de matériaux sur jonction Silicium (III-V/Si, pérovskite/Si, chalcogénure/Si, etc). Cependant, des éléments comme l'indium, le gallium ou le tellure subissent des variations de prix importantes depuis quelques années, ce qui a conduit à une inquiétude concernant la production de ces multi-jonctions à bas coût pour un marché photovoltaïque à grande échelle.

Pour répondre à toutes ces problématiques, il est important d'étudier et de développer des dispositifs intégrant de nouveaux matériaux optimisés (éléments abondants, peu coûteux, non toxiques et recyclables) élaborés à l'aide de techniques simples adaptées à l'industrialisation. Le projet ANR OPERA [1], vise à développer, par pulvérisation cathodique, un nouveau type d'absorbeur nitrure, comportant toutes ces qualités. Dans cette optique, la famille des alliages Zn-IV-N₂ (IV= Si, Ge, Sn) est prometteuse car elle permettrait, par ses caractéristiques physiques, de couvrir une partie importante du spectre solaire, et ainsi de remplacer les alliages InGaN dans les panneaux de technologie multi-jonctions. Dans ce projet, nous avons choisi d'étudier spécifiquement l'alliage ZnSnN₂ dont les données restent rares car son intérêt pour le photovoltaïque ne s'est accru que depuis 4 ans seulement.

Dans une étude précédente [2], nous avons montré par des mesures d'absorption/transmission, que le gap du ZnSnN₂ peut être ajusté de 1,39 à 1,71 eV en changeant la stoechiométrie entre Zn et Sn. De plus, des mesures XPS/UPS, ont montré que ce matériau est favorable à l'alignement de bandes électroniques avec celles du Silicium. Toutefois, les propriétés de photoconductivité ne sont pas très élevées, ce qui est sûrement lié à la présence d'une forte quantité de défauts au sein du matériau.

Dans cette étude, nous focalisons nos efforts sur l'amélioration des propriétés de photoconductivité de ZnSnN₂. Une première voie consiste essayer de passiver les défauts en faisant varier la pression de N₂ lors du dépôt. L'autre voie consiste à implanter des éléments dopant (As, B, C, F, P, Si) sous différentes conditions de dépôt. Des mesures de caractérisation photoélectrique ont été effectuées sur ces 2 séries. Nous montrons notamment que l'implantation de As ou P sous N₂ avec un post-recuit à 300°C semble être la meilleure condition pour observer un effet de photoconductivité le plus important.

[1] ANR-17-CE05-0022 « Nouveaux matériaux absorbeurs pour cellules solaires en couche mince à base d'éléments abondants et à faible empreinte environnementale ».

[2] T. Perin *et al.*, "Prospective analysis of optoelectronic properties of ZnSnN₂ for future tandem solar cells", Journées Nationales du PhotoVoltaire 2017.

[3] F. Alnjiman *et al.*, Solar Energy Materials and Solar Cells **182**, 30 (2018)