

DOCTORAT DE L'UNIVERSITE DE LILLE 1



Ecole Doctorale : SPI
Discipline : Micro et Nano Technologies,
Acoustique et Télécommunications



Nom du candidat : Boubakeur AYACHI

JURY

Président de Jury

Directeur de Thèse

J.-P. VILCOT Directeur de Recherche CNRS à l'Université de Lille1, IEMN

Rapporteurs

F. DUCROQUET Maître de Conférences HDR à l'IMEP-LAHC, Grenoble INP
D. MENCARAGLIA Directeur de Recherche CNRS au GeePs à Gif sur Yvette

Membres

M.-P. BESLAND Directrice de Recherche CNRS au IMN à Nantes
P. MISKA Maître de Conférences HDR au IJL, Université de Lorraine à Vandoeuvre les Nancy
P. TORCHIO Maître de Conférences HDR au IM2NP, Université d'Aix-Marseille
P.-Y. THOULON Directeur Technique et Fondateur à CROSSLUX au Rousset

TITRE DE LA THESE

Vers un processus de dépôt entièrement en pulvérisation cathodique pour la fabrication de cellules solaires à base de CIGS: du dépôt des couches minces élémentaires à la caractérisation du dispositif



Towards full sputtering deposition process for CIGS solar cells fabrication: from single thin film deposition up to device characterization

RESUME

De nos jours, et après plus de quatre décennies de recherche et développement de la technologie CIS, une concurrence directe avec la technologie silicium est toujours loin d'être gagnée; néanmoins, il existe certains marchés de niche où la technologie silicium ne peut pas être utilisée (photovoltaïque flexible) ou est moins appropriée (vitrages photovoltaïques à transparence contrôlée). Malheureusement, les procédés de fabrication actuels présentent certains inconvénients: (i) certain(e)s matériau(x) et/ou technique(s) utilisé(e)s ont une forte empreinte environnementale (CBD-CdS/CBD-ZnS_xO_{1-x}), (ii) certains matériaux alternatifs développés sont coûteux (In_xS_y par évaporation), (iii) certaines techniques utilisées ne sont pas facilement industrialisables (évaporation) ou basées sur l'utilisation d'atmosphères toxiques (Se). Ce travail de thèse présente une stratégie de transition vers un processus basé exclusivement sur l'utilisation à la fois de la pulvérisation cathodique et de matériaux respectueux de l'environnement. Dans ce cadre, nous avons utilisé la pulvérisation cathodique pour déposer le contact arrière en molybdène (plutôt un procédé standard). Nous avons développé un nouveau procédé de dépôt de la couche absorbante basé sur l'utilisation de la pulvérisation magnétron en mode DC-pulsé, à température ambiante et à partir d'une seule cible quaternaire en utilisant un plasma d'argon sans apport supplémentaire de sélénium, suivi d'un recuit sous atmosphère inerte. Nous avons développé un procédé de pulvérisation à température ambiante pour déposer la couche tampon ZnS_xO_{1-x}. Nous avons également développé un procédé de dépôt de la couche de fenêtre (toujours par pulvérisation cathodique soit en mode DC-pulsé soit en mode RF). Plusieurs techniques de caractérisation (XRD, SEM, FIB-SEM, EDX, Raman, SIMS, Effet Hall, GDOES, UV-Vis, et IV) ont été utilisées pour étudier l'effet des conditions de dépôt sur les propriétés des couches minces ainsi que pour caractériser les cellules solaires finales dont le meilleur résultat obtenu sur l'efficacité est proche de 12%.

Nowadays, and after more than four decades of research and development of the CIS based technology, a direct competition with silicon technology is still far from being won; however there exists some niche markets where the silicon technology cannot be used (flexible photovoltaic) or less favourable (BIPV). The current fabrication processes are still suffering from some drawbacks: (i) some of the used materials and/or techniques have a large environmental footprint (CBD-CdS/CBD-ZnS_xO_{1-x}), (ii) some developed alternatives are expensive (evaporated In_xS_y), (iii) the used techniques are not easily up scalable (evaporation) or based on the use of toxic atmospheres (Se based). This PhD work presents our strategy in moving towards a full sputtering process and in using only environmentally friendly materials. In this framework, we kept using standard material and process for the deposition of the back contact layer (sputtered molybdenum layer). We developed a new process for the deposition of the absorber layer which is based on pulsed DC-magnetron sputtering at room temperature from a single quaternary target using argon plasma without any additional selenium supply, followed by an annealing under inert atmosphere. We developed a room temperature sputtering process for the deposition of the ZnS_xO_{1-x} buffer layer. We also developed our appropriate pulsed DC and RF sputtering processes for the deposition of the window layer. Several characterisation techniques (XRD, SEM, FIB-SEM, EDX, Raman, SIMS, Hall Effect, GDOES, UV-Vis, and I-V) have been used to investigate the effect of deposition conditions on thin films properties as well as to characterize the final solar cells which best efficiency result is slightly under 12%.

Soutenance le 15 décembre 2016 à 14h00
Amphi LCI