



Avis de Soutenance

Madame Najoua ZAYYOUN

Science des Matériaux

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

Optimisation et modélisation du détachement de couches minces de silicium par contrainte thermique avec ou sans guidage de la fracture : application au photovoltaïque

dirigés par Monsieur ESIDOR NTSOENZOK

Co-tutelle avec l'université "Université Mohammed V" (MAROC)

Soutenance prévue le jeudi 10 octobre 2019 à 14h00

Lieu : Délégation Centre Limousin Poitou-Charentes 3E avenue de la Recherche Scientifique 45071 Orléans CEDEX 2 France

Salle : Amphithéâtre Charles Sadron

Composition du jury proposé

M. Eric MILLON	Université d'Orléans	Examineur
Mme Anne MIGAN-DUBOIS	Université Paris-Sud	Rapporteur
Mme Gabrielle REGULA	Université d'Aix-Marseille	Rapporteur
Mme Nathalie MANGELINCK-NOEL	Université d'Aix-Marseille	Examineur
M. Frédéric MAZEN	CEA - Grenoble	Examineur
M. Alexander ULYASHIN	SINTEF	Examineur
M. Esidor NTSOENZOK	Université d'Orléans , CNRS-CEMHTI	Directeur de thèse
M. Larbi LAANAB	Université Mohammed V de Rabat, faculté des Sciences	Co-directeur de thèse
M. Lahoucine BAHMAD	Université Mohammed V de Rabat	Invité

Mots-clés : Silicium, Couches minces, Contraintes thermiques, Détachement, Implantation d'hydrogène, Cellules solaires bas-coûts

Résumé :

La réduction des coûts de production des cellules photovoltaïques et l'augmentation de leur rendement de conversion présentent aujourd'hui un fort intérêt technologique et écologique pour répondre aux problèmes de changement climatique engendrés par les énergies fossiles (charbon, pétrole et gaz naturel). La motivation de cette thèse est l'étude des procédés innovants de production de couches ultra-minces de silicium monocristallin de plusieurs centaines de nanomètres à plusieurs dizaines de micromètres d'épaisseur, basés sur les contraintes thermiques et l'implantation d'hydrogène à basse énergie. Le détachement des couches ultra-minces de silicium se fait sans perte de matière première, permettant ainsi de réduire la consommation du silicium afin de produire des cellules photovoltaïques à bas-coûts. Dans ce travail, nous avons tout d'abord déterminé par modélisation analytique et numérique les contraintes permettant le détachement du silicium par contraintes induites « Controlled-Spalling » et prédit l'épaisseur détachée des couches minces de silicium. Les modèles proposés dépendent des paramètres thermiques et élastiques des matériaux utilisés et de chargement thermique appliqué. Un bon accord entre les résultats théoriques et expérimentaux a été

obtenu. Nous avons ensuite étudié les paramètres optimaux conduisant au détachement des films de silicium, à savoir l'épaisseur et la nature du substrat contraignant ainsi que l'épaisseur de la colle. Par la suite, des essais de détachement du silicium par contraintes induites guidé par l'implantation d'hydrogène ont été réalisés. Des caractérisations expérimentales et des simulations FEM des contraintes thermiques induites dans le silicium implanté à différents stades de recuits ont été faites permettant de comprendre les mécanismes mis en jeu lors du détachement du silicium fragilisé. Ensuite, des mesures par différentes techniques (Spectroscopie Raman, Profilomètre optique, MEB, Microscope optique numérique) des contraintes résiduelles et de la rugosité des films détachés par le procédé « Controlled-Spalling » ont été réalisées pour explorer les pistes conduisant à l'amélioration de la qualité de ces films.