

# **Sol-gel/ALD low temperature process: the study of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and codoped TiO<sub>2</sub> nanostructures for photovoltaic applications**

**Fatma TRABELSI**

Sous la direction de R. Salhi (ISSIG-Tunisie) et E. Blanquet  
Co-direction : F. Mercier

**Jeudi 1<sup>er</sup> juillet 2021 à 10h00**

## **Jury :**

Mme, Geneviève CHADEYRON Professeur des Universités, SIGMA Clermont, Rapporteur  
M, Radhouane CHTOUROU Professeur des Universités, Centre de Recherches et des Technologies de l'Énergie-Borj Cedria, Rapporteur  
M, Michel LANGLET Directeur de Recherches, CNRS, LMGP, Examineur  
M, Jamel BOUAZIZ Professeur des Universités, LMA-ENIS, Examineur  
M, Jean-Luc DESCHANVRES Chargé de Recherches, CNRS, LMGP, Invité

**Résumé :** L'énergie solaire reste l'une des sources d'énergie renouvelables les plus courantes. En utilisant des cellules photovoltaïques, l'énergie solaire peut être convertie en électricité. Malheureusement, l'un des principaux inconvénients des cellules solaires en Si est leur efficacité limitée d'absorption de la lumière solaire à longueur d'onde élevée. Pour résoudre ce problème, une attention particulière est accordée aux processus de luminescence par upconversion dans lequel l'absorption séquentielle de deux photons ou plus conduit à l'émission de lumière à une longueur d'onde plus faible que la longueur d'onde d'excitation. Dans ce contexte, afin de faire face à cette perte spécifique d'absorption des photons de longueur d'onde au-dessus de la bande interdite de Si, les travaux de cette thèse visent à développer des couches minces à base de nanopoudres photoluminescentes enrobées pour étendre la sensibilité spectrale des cellules solaires au spectre proche infrarouge.

L'idée est d'étudier l'efficacité d'un procédé à basse température pour obtenir une émission efficace par phénomène d'upconversion (UC) qui peut être utile pour améliorer l'efficacité des cellules solaires à base de Si. Les propriétés structurales, morphologiques et de composition après chaque étape de l'approche hybride proposée sont détaillées. Pour le film mince à base de nanopoudres, TiO<sub>2</sub> est choisi comme matériau hôte et Er<sup>3+</sup>/Yb<sup>3+</sup> est intégré comme activateur/sensibilisateur pour jouer le rôle de modificateur de spectre. Ce film mince à base de nanopoudre est formé grâce à une optimisation des étapes de dispersion (pH, ultrasons) et de dépôt (paramètres de spin coating) de la nanopoudre élaborée. Le revêtement de dépôt de couche atomique (ALD pour Atomic Layer Deposition) en utilisant l'Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> suivi d'un traitement thermique est un outil important pour la passivation du Si afin de réduire les défauts, et ainsi son application potentielle en tant que barrière contre l'environnement environnant pour éviter la suppression de la luminescence. L'influence de l'épaisseur de la couche déposée et du traitement thermique sur la luminescence et les propriétés structurales du film à base de nanopoudres est étudiée. Il est conclu que les couches minces de nanopoudres renforcées par un dépôt d'ALD ont conservé la fonctionnalité originale de la nanopoudre liée au phénomène d'upconversion. En réglant l'épaisseur de la couche de revêtement, une amélioration de l'émission par

upconversion dans le vert (98%) peut être obtenue, qui montre que le revêtement d' $\text{Al}_2\text{O}_3$  agit comme une barrière pour diminuer l'extinction de l'UC et également pour favoriser l'absorption de la lumière. En outre, l'effet du revêtement ALD et du traitement thermique sur l'adhérence et la dureté des films à base de nanopoudre revêtus est étudié. La combinaison d'étapes couramment utilisées pour améliorer les propriétés électriques avec une luminescence et des propriétés mécaniques élevées obtenues dans ce travail est optimisée afin d'obtenir un film aux propriétés améliorées.