

Méthodologie de caractérisation physico-chimique avancée pour l'optimisation des couches de passivation des cellules solaires de type c-Si et de leurs interfaces

Hadrien Leclerc^{1,2}, Anaïs Loubat^{1,2}, Muriel Bouttemy², Thomas Blévin^{1,3}, Yves Marot³, Andy Zauner³, Mathieu Frégnaux², Damien Aureau², C. Eypert⁴, Sofia Gaiaschi⁴, Patrick Chapon⁴, Sylvain Pouliquen³, Arnaud Etcheberry²

1. Institut Photovoltaïque d'Ile-de-France (IPVF), 8 rue de la Renaissance, 92160 Antony, France.

2. ILV, Université de Versailles Saint-Quentin en Yvelines, Université Paris-Saclay, 78035 Versailles, France.

3. Air Liquide, Centre de recherche Paris-Saclay, 1 chemin de la porte des Loges, Les Loges-en-Josas, 78354 Jouy-en-Josas, France.

4. HORIBA Scientifique, avenue de la Vauve, Passage Jobin Yvon, CS 45002, 91120 Palaiseau, France.

De nos jours, les cellules solaires basées sur la technologie silicium représentent la majeure partie de la production mondiale des modules photovoltaïques (PV). De nombreuses évolutions technologiques sont en cours de développement afin de maintenir la compétitivité de cette filière au sein des nouvelles générations de cellules à bas coût et hauts rendements. Les dernières générations, les plus prometteuses en photo-conversion, sont les types PERC (Passivated Emitter Rear Cell) [1] et n-PERT (n-type Passivated Emitter Rear Totally Diffused - bifacial conversion) avec d'ores et déjà des rendements de respectivement 20 and 22 %. La structure PERC est constituée de couches de passivation de type SiNx:H et Al₂O₃/SiNx:H, en faces avant et arrière de la cellule respectivement, cruciales pour l'obtention de hautes performances. L'optimisation fine des paramètres d'élaboration de ces couches sont décisives pour continuer à améliorer l'efficacité globale de ces cellules. Pour cela, il est nécessaire de déterminer précisément les propriétés en volume mais aux interfaces afin de comprendre l'origine des limitations actuelles et les dépasser. Pour répondre à ce besoin, nous avons développé une méthodologie de caractérisations couplant des techniques d'analyse physico-chimiques complémentaires en termes d'information chimique et permettant de couvrir différentes échelles d'analyse. Les mesures des temps de vie sur les couches de passivation ont été employées à l'évaluation de la qualité de la passivation. Nous nous sommes tout d'abord focalisés sur l'étude de l'étape de recuit thermique des couches SiNx:H/c-Si et Al₂O₃/c-Si dont la température influence très fortement ces durées de vie. Les résultats obtenus grâce au couplage XPS et GD-OES (profils de composition et environnements chimiques) associé à des analyses de spectroscopie ellipsométrique (mesures d'épaisseur et indices optiques) et de FT-IR (liaisons chimiques), seront présentés et discutés en regard des mesures de durées de vie. Nous aborderons également des aspects métrologiques concernant la complémentarité mais également les limites de la méthodologie d'analyse proposée sur cette problématique.

[1] H. Huang & al., "20.8% industrial PERC solar cell: ALD Al₂O₃ rear surface passivation efficiency loss mechanisms analysis and roadmap to 24%", Solar Energy Materials & Solar Cells, 16, 14–30, 2017.

Remerciements: Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet I de l'IPVF (Institut Photovoltaïque d'Ile-de-France). Il a été supporté par le gouvernement français dans le cadre du Programme d'Investissement d'Avenir (ANR-IEED-002-01).

Mots clés : couches de passivation SiN et Al₂O₃, traitement thermique, caractérisations couplées XPS/GD-OES