

Développement des modules shingles Hétérojonctions et optimisation des performances

B.Portaluppi^a, S.Harrison^a, V.Giglia^a

^aUniv Grenoble Alpes, CEA, LITEN, DTS, LHET, INES, F-73370, Le Bourget-du-Lac, France

Introduction

Les cellules hétérojonctions sont des dispositifs mono jonction à très haut rendement dépassant les 25 % de rendement comme l'atteste la dernière cellule record fabriqué par le CEA-INES (1). Néanmoins, du fait de leur maturité technologique, les voies d'optimisations sont de moins en moins nombreuses et se complexifient. Ainsi pour continuer à accroître la puissance des modules, des nouveaux formats de cellule sont intégrés : demies cellules et shingles. Ces formats présentent l'avantage de réduire les pertes résistives et de diversifier le design des modules. Cependant l'intégration de tels formats fait émerger de nouveaux problèmes tels que l'optimisation de l'étape de découpe, ainsi qu'une réorganisation de la métallisation en face causé par le bus déporté en bord de plaque (figure 1)

Cette étude porte sur l'intérêt des modules shingles ainsi que les challenges à relever, tel que la repassivation des bords des cellules pour poursuivre le développement des modules Hétérojonctions (HJT).

Résultats

Les modules shingles offrent une diversité de design intéressante et facilement intégrables à des bâtiments ou des véhicules. De plus la réduction des pertes résistives de par la diminution du courant est un avantage considérable qui motive le développement de cette technologie. Toutefois les pertes dus à la transformation des cellules vers les shingles approchent 1% ABS η causé par la découpe laser. Malgré la réduction des pertes résistives il est indispensable de récupérer une partie de ces pertes en ajoutant une étape de repassivation post découpe ainsi que diminuer les résistances en ligne dus à l'importante distance à parcourir par les charges pour être collectés (~2,5cm)

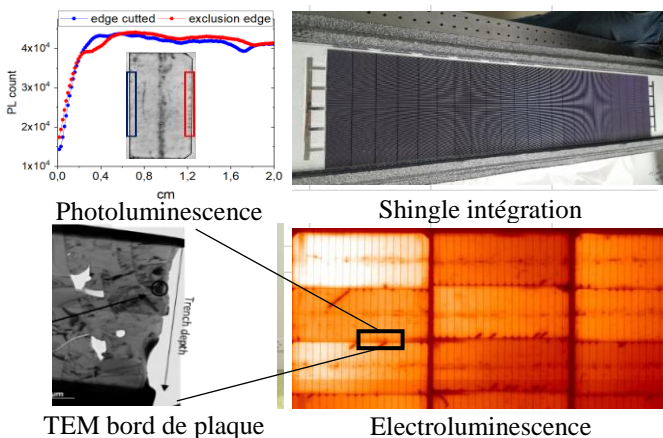


Fig 1 : Différentes caractérisations des shingles

Plusieurs méthodes de caractérisation telles que la photoluminescence, l'électroluminescence et l'imagerie microscopique permettent d'effectuer un tri avancé des shingles et maximiser la puissance en module.

Les pertes de rendement sont dues à la création de défauts dus à la découpe laser, favorisant la recombinaison des porteurs dans ces zones. La découpe assistée par laser provoque une ablation de matière générant des vides ainsi que des zones multi cristalline causé par la diffusion de chaleur du laser.

Des simulations, effectuées sur Silvaco, relient les pertes de rendement avec la qualité de passivation des bords (interface trap density -DIT) de plaques type shingle. Le graphe ci-dessous montre notamment que pour récupérer l'intégralité des pertes il faut réduire par un facteur supérieur à 1000 les défauts de bord de plaque.

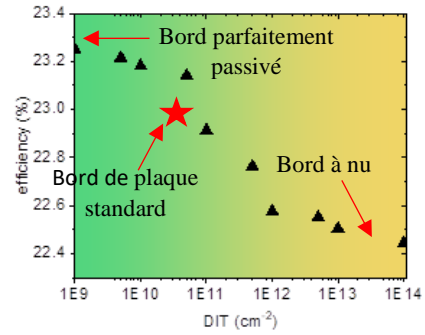


Figure 2 : Simulation des pertes en rendement des shingles au regard de la qualité de passivation des bords

Afin de diminuer l'impact de ces défauts sur les performances, il est nécessaire d'introduire une étape de repassivation qui peut être chimique en comblant les liaisons pendantes (réduction de la DIT) ou bien électrique en repoussant les porteurs de ces zones recombinantes. De par la morphologie de ces zones la passivation électrique semble être plus efficace. Une récente étude présente des premiers résultats sur la repassivation des shingles TOPCON (haute température)¹, alors que, peu d'études à ce sujet portent sur les cellules hétérojonction.

En effet l'hétérojonction présente l'avantage d'être traité à basse température (220°C), rendant toutefois l'activation des charges électriques difficilement compatible en l'état actuel.

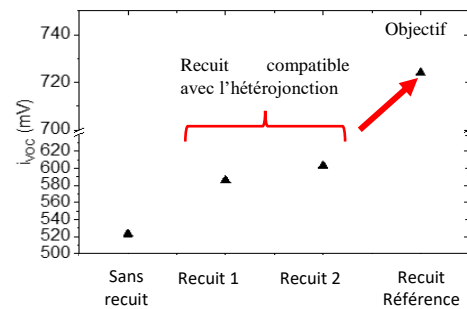


Fig 3 : Développement de recuit compatible avec l'hétérojonction pour activer la passivation électrique de l' AlO_x

Actuellement plusieurs voies d'exploration sont en cours de développement² au CEA-INES ; Le graphique ci-dessus montre qu'il est possible d'activer l' AlO_x sans dégrader la cellule et sera l'objet d'études à venir

Conclusion

Les prédictions de l'ITRPV annoncent le développement des modules shingles et demi cellules dans les années à venir allant même jusqu'à devenir une standardisation. Néanmoins les pertes causées par la découpe ainsi que la métallisation restent à optimiser pour augmenter les performances électriques, assurant le développement de ces nouveaux designs à la totalité des champs d'application du PV (BIPV, VIPV...). Différentes méthodes de limitations des pertes (optimisations découpe, étape de repassivation et métallisation adapté) sont en développement au CEA-INES Afin de rendre la technologie shingle SHJ compétitive avec les autres technologies.

Référence

- [1] Baloizian et al, Postmetallization "Passivated Edge Technology" for edge Separated Silicon Solar Cells" (2020)
- [2] Simon et al, Phys. Status Solidi RRL 9, No. 11, 631-635, (2015),

peut être chimique en comblant les liaisons pendantes (réduction de la DIT) ou bien électrique en repoussant les charges de ces zones recombinantes. De par la morphologie de ces zones la passivation électrique semble être plus efficace. Une récente études présente des premiers résultats sur la repassivation des shingles TOPCO_n (haute température)¹ mais aucun sur la technologies SHJ (basse température).

En effet l'hétérojonction présente l'avantage d'être traité à basse température (220°C) mais qui rend l'activation des charges électriques difficilement compatible en l'état actuel. Actuellement plusieurs voies d'exploration sont en cours de développement au CEA-INES pour s'affranchir de cette contrainte thermique

Conclusion

Les prédictions de l'ITRPV annoncent le développement des modules shingles et demi cellules dans les années à venir allant même jusqu'à devenir une référence.

Néanmoins les pertes causées par la découpe ainsi que la métallisation restent à optimiser pour augmenter les performances électriques, assurant le développement de ces nouveaux designs à l'intégralité des champs d'application du PV (BIPV, VIPV...)

Référence

[1] Balozian et al, Postmetallization "Passivated Edge Technology" for edge Separated Silicon Solar Cells" (2020)

[2] Simon et al, Phys. Status Solidi RRL 9, No. 11, 631–635, (2015),