

Métallisation des cellules solaires : de la nucléation du Ni(P) chimique au Cu électrodéposé

E. Delbos^{a,b}, H. El Belghiti^{a,b}, D. Aureau^b, D. Mercier^{a,b}, M. Bouttemy^b, A. Etcheberry^b

^a Institut Lavoisier de Versailles, 45 avenue des Etats-Unis, F-78035 Versailles Cedex

^b KMG Ultra Pure Chemicals, Les Vieilles Hayes, F-50620 Saint-Fromond

L'objectif actuel dans le domaine des cellules solaires en silicium cristallin est l'augmentation de leur rendement tout en réduisant les coûts de production. Une des voies d'amélioration envisagée est le remplacement des lignes de contact argent, par des lignes de cuivre électrodéposé. Cependant afin d'éviter la dégradation des propriétés de la cellule par la diffusion du cuivre, une barrière intermédiaire doit être préalablement déposée. Bien connu de la microélectronique pour ces propriétés (faible résistance de contact, dépôt relativement simple, bonne adhérence,...), le nickel est un bon candidat pour la couche barrière, bloquant la diffusion du cuivre tout en assurant le contact métallique. Dans le cadre de cette étude, le choix s'est donc porté sur un dépôt chimique de nickel-phosphore suivi par un dépôt électrolytique de cuivre. Ce procédé par voie humide nécessite la prise en compte de plusieurs verrous technologiques : les mécanismes de germination-croissance du nickel chimique sur des substrats texturés, l'étude de la formation, par recuit, d'une couche NiSi de jonction permettant l'amélioration de la conductivité de l'empilement et la sélectivité de chaque couche déposée. Pour ces travaux de recherche :

- La nucléation et la croissance de Ni(P) ont été suivies par des mesures électrochimiques en circuit ouvert puis caractérisées par imagerie MEB et analyse chimique EDS (Figure 1).

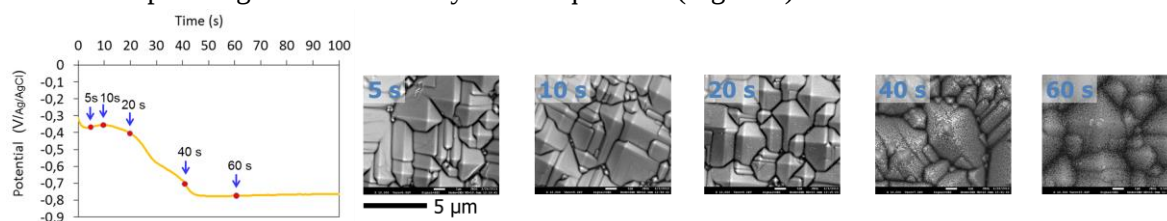


Figure 1 : Etude de la nucléation du Ni(P) chimique : suivi électrochimique en circuit ouvert et images MEB aux temps critiques

- La formation de NiSi au cours du recuit a été étudiée par des analyses complémentaires MEB, EDS et XPS en profilage (Figure 2). Nous avons démontré la formation de NiSi (et non Ni₂Si ou NiSi₂), la disparition du phosphore, et la dépendance de la profondeur d'implantation du nickel avec l'épaisseur initiale de Ni(P). Nous maîtrisons donc à la fois la composition chimique et l'épaisseur de cette couche de jonction.

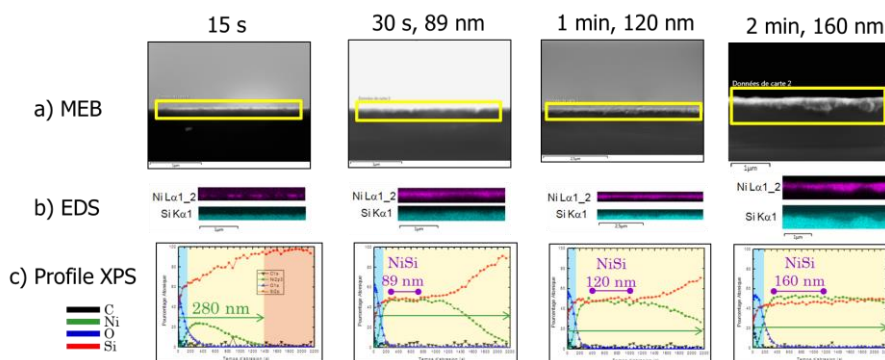


Figure 2 : Etude de la formation de NiSi, après recuit : a) image MEB en section et mesure d'épaisseur, b) analyses chimiques EDS en section (interpénétration Ni-Si) et c) profilage chimique par XPS.

- Dans le cas de la métallisation par voie humide, et contrairement à la sérigraphie, les bus et lignes de contact sont créés par ablation locale de la couche anti-reflet jusqu'au substrat. Afin d'optimiser les propriétés électriques des cellules et limiter les effets d'ombrage, la métallisation doit se faire sélectivement dans les lignes de silicium ouvertes et le recouvrement de la couche anti-reflet (SiN_x dans notre cas) doit être minime. Grâce à de l'imagerie chimique par XPS, la sélectivité de notre métallisation Ni/Cu a été démontrée.

Les cellules finalisées avec contacts Ni chimique / Cu électrolytique sont actuellement en cours d'optimisation et ont permis d'obtenir des rendements de 16,4% dans le cadre du projet ANR BIFASOL (ANR-11-PRGE-004).