Structuration de surface de Silicium par gravure chimique assistée par des métaux nobles pour la texturisation de cellules solaires : Simulation de la modulation de la courbure de bande à l'interface Metal/Electrolyte/Silicium

S. Le Gall[1], R. Lachaume[1], M. Halbwax[2], A. S. Fadiga[2,3], E. Torralba-Penalver[3], C. Cachet-Vivier[3], V. Magnin[2], J. Harari[2], J-P. Vilcot[2] et S. Bastide[3]

[1]Génie Electrique et Electronique de Paris, UMR-CNRS 8507, Centralesupelec, Univ. Paris-Sud XI, UPMC, 11 rue Joliot Curie, Plateau de Moulon, Gif-sur-Yvette, France
[2] Institut Electronique de Microélectronique et de Nanotechnologie, UMR-CNRS 8520, Univ. Lille 1, Villeneuve d'Ascq, France
[3] Institut de Chimie et des Matériaux Paris-Est, UMR-CNRS 7182, Univ. Paris-Est, 2-8 rue H. Dunant, 94320 Thiais, France

La structuration de surface de Si est un élément essentiel à la réalisation de dispositifs optroniques, notamment dans le photovoltaïque pour la texturisation des cellules solaires. La gravure chimique assistée par des métaux nobles (MACE*) est une méthode récemment apparue qui permet d'obtenir une dissolution ultra-localisée de Si avec la réalisation de structures adaptées aux problématiques du photovoltaïque [1]. Cette gravure électrolytique est basée sur la mise en contact à l'échelle nanométrique de Si avec un métal noble (Au, Ag, Pt), sous forme de nanoparticules ou de films, en présence de HF et d'un agent oxydant (H_2O_2) [2]. Le métal joue le rôle d'un catalyseur qui permet une dissolution localisée avec une résolution de ~10 à 100 nm.

Des études récentes ont montré l'intérêt de la nanostructuration par MACE pour la formation de surfaces très peu réfléchissantes (*black Si*) compatibles avec des rendements de plus de 18 % [3]. Il serait cependant intéressant de pouvoir aussi graver des structures macroscopiques (e. g. pyramides inversées) dont l'intérêt pour le piégeage de la lumière est bien connu. L'attaque MACE devrait permettre en principe de créer des motifs encore plus efficaces et ce indépendamment de l'orientation cristallographique. C'est dans ce cadre qu'un projet collaboratif PATTERN entre 3 partenaires académiques, l'ICMPE, l'IEMN et le GeePs, a fait l'objet d'un financement ANR [4]. L'objectif visé est de pouvoir graver en une seule étape (électro)chimique des motifs de forme variées intéressant le photovoltaïque et l'optronique en général (pyramides inversées, tranchées, nanopiliers), avec une précision de ~10 nm mais à l'échelle de plusieurs cm².

Un des axes de recherche suivi est de tester différents métaux comme catalyseurs. Il a été en effet observé dans la littérature que le caractère localisé de la dissolution dépend de la nature du métal. Pour expliquer ces différences de dissolution, il est nécessaire de comprendre dans un premier temps les propriétés électroniques des interfaces Si/métal en présence d'électrolyte. Pour cela, on propose de modéliser précisément la modulation de la courbure de bande du Silicium sous des nanoplots métalliques entourés d'électrolyte afin de déterminer la distribution spatiale des courants de dissolution. Nous présenterons les modulations 2D de la courbure de bande en fonction du travail de sortie du métal, de la polarisation appliquée et cela pour différents dopages du Si (type n et p). Ces résultats permettront d'une part de comprendre les différences de gravures selon le métal utilisé et d'autre part de choisir le métal le plus adapté selon la précision du transfert de forme à réaliser.

* *Metal Assisted Chemical Etching*

[1] X. Li, Curr. Opin. Solid State Mater. Sci. **16** (2012) 71–81.
[2] Z. Huang, N. Geyer, P. Werner, J. de Boor, U. Gösele, Adv. Mater. **23** (2011) 285–308.
[3] J. Oh, H.-C. Yuan, H.M. Branz, Nat. Nanotechnol. **7** (2012) 743–748.
[4] Défi « Stimuler le renouveau industriel, PATTERN ANR-14-CE07-005-03, 2015.