Silicium polycristallin

Avant-propos

Ce numéro spécial de la *Revue de Physique Appliquée* constitue le bilan de cinq ans de recherches soutenues et coordonnées dans le cadre du programme photovoltaïque du PIRSEM/CNRS (*) et de l'AFME (**) sur le thème général des joints de grains dans le silicium. Il rassemble une vingtaine de contributions provenant de laboratoires publics et industriels qui ont travaillé en relation étroite sur la filière des photopiles solaires réalisées avec du silicium cristallin. Il présente également les résultats de quelques autres équipes sur le même thème.

Le principal objectif de cette action était de comprendre comment la structure cristalline et les impuretés chimiques contrôlaient les propriétés photoélectriques des joints de grains. Les échantillons étudiés proviennent de différents matériaux polycristallins ainsi que de bicristaux artificiels ; ils ont été soumis à divers traitements thermiques. La structure des joints de grains et les défauts d'interface ont été étudiés par microscopie électronique en transmission et par topographie aux rayons X. Les propriétés électroniques ont été déterminées par DLTS, conductance, SEM/EBIC et LBIC. Les analyses chimiques ont été réalisées par SIMS, activation neutronique, spectroscopie infrarouge et pertes d'énergie d'électrons (EELS). Des travaux théoriques ont été consacrés aux calculs des niveaux d'énergie associés aux défauts d'interface et à la modélisation à 3 dimensions des photopiles solaires réalisées avec du silicium polycristallin.

Parmi les résultats présentés dans ce numéro spécial, quelques conclusions peuvent être dégagées de ce travail collectif.

Des bicristaux de grandes tailles ont été obtenus par tirage Czochralski sans dislocations dans les grains. Ils contiennent des joints de grains de structure bien définie qui ont permis de corréler entre elles un grand nombre d'études. Il a ainsi été montré que la liaison pendante n'était pas le principal responsable de l'activité électrique des joints de grains. Cette activité, souvent profondément modifiée par des traitements thermiques, est essentiellement reliée à des effets d'impuretés (diffusion, ségrégation). L'oxygène est une des impuretés concernées. L'histoire thermique des échantillons constitue un élément important de compréhension de l'activité électrique d'un défaut.

L'élimination des impuretés de surface par piégeage interne et le rôle des impuretés introduites volontairement ont été étudiés de façon approfondie. De nombreux phénomènes observés sont reliés à des interactions entre impuretés (hydrogène et accepteurs, aluminium et oxygène...). L'introduction d'hydrogène a des effets multiples : elle améliore en particulier les propriétés photoélectriques par passivation des défauts.

Les études faites sur des matériaux industriels, dans lesquels les joints sont présents sous des formes très diverses, ont permis de caractériser l'effet de la taille des grains sur le rendement des cellules : elles ont montré que les défauts intragrain ainsi que les impuretés (C et O) ont souvent un effet beaucoup plus important que celui des joints de grains.

Enfin, les derniers résultats font apparaître que le rendement d'un panneau réalisé avec des photopiles carrées polycristallines est désormais équivalent à celui obtenu avec des cellules circulaires monocristallines, la perte de rendement du polycristal étant compensée par une couverture en surface de 25 % supérieure à celle du monocristal non taillé.

Bernard Equer, Pierre Pinard, André Rocher et Michel Rodot, Mars 1987

(*) PIRSEM/CNRS : Programme Interdisciplinaire de Recherche sur l'Energie et les Matières premières du Centre National de la Recherche Scientifique.

(**) AFME : Agence Française pour la Maîtrise de l'Energie.