

Etude des défauts électriquement actifs dans des couches de Silicium epitaxiées non intentionnellement dopées déposées à basse température par PECVD: impacte du recuit. (POSTER)

Sylvain Le Gall¹, Jean-Paul Kleider¹, Pere Roca i Cabarrocas²

¹GeePs, Univ. Paris-Saclay, CNRS, Centralesupelec, Sorbonne Université, 11 rue Joliot-Curie, 91192 Gif-sur-Yvette, France.

²LPICM, CNRS, Ecole polytechnique, IP Paris, 91128 Palaiseau, France

Le dépôt chimique en phase vapeur assisté par plasma (PECVD) de films minces de silicium est actuellement utilisé dans diverses étapes de traitement des cellules solaires en silicium monocristallin (c-Si). Toutefois, il s'est aussi avéré que les procédés PECVD sont capables de produire des couches epitaxiées de Si à basse température. Leur application aux cellules solaires a été démontrée avec succès au laboratoire LPICM [1-3].

Dans une précédente étude [4], par des mesures de courant-tension $I(V)$ et de capacité-tension $C(V)$ effectuées sur des jonctions Schottky Au/epi-Si fabriquées sur substrat (n++)c-Si (epi-Si déposé à 175°C), nous avons montré la présence d'une faible concentration apparente de dopants de type n, de l'ordre de 10^{15} cm^{-3} , dans ces couches epi-Si non intentionnellement dopées, donc supposées intrinsèques. Ce dopage non intentionnel est peut-être dû à la présence d'un défaut peu profond à 0,2eV de la bande de conduction qui a été détecté par spectroscopie d'admittance (mesure de capacité en fonction de la fréquence en faisant varier la température). Toutefois, il n'a pas été possible d'aller plus loin dans la caractérisation des défauts dans ces couches epi-Si car l'utilisation des techniques de capacité a été limitée par la faible épaisseur des échantillons, de l'ordre du micron, qui est du même ordre que la zone de charge d'espace (ZCE) formée par la barrière Schottky [4].

Ici nous avons étudié plusieurs dispositifs de cellule solaire de type : (n)_nc-Si /epi-Si /substrat (p++) c-Si et (p)_nc-Si /epi-Si /substrat (n++) c-Si où les couches de epi-Si d'épaisseur comprise entre 3 et 4 μm ont été déposées à 2 températures différentes (100° et 130°C). Ces couches epi-Si sont maintenant suffisamment épaisses pour effectuer des mesures de capacité sans contrainte par rapport à l'extension de la ZCE. Ces cellules solaires présentent une efficacité photovoltaïque comprise entre 2 et 4%. Un recuit à 200°C fait augmenter la valeur de l'efficacité jusqu'à 5%. Par des mesures $C(V)$ réalisées à température ambiante, nous trouvons un dopage apparent dans ces couches compris entre 3.10^{15} et $1,7.10^{16} \text{ cm}^{-3}$ pour les dépôts à 130°C et entre 5 et $8.10^{16} \text{ cm}^{-3}$ pour les couches epi-Si déposées à plus basse température (100°C). Les résultats des mesures de spectroscopie d'admittance à tension nulle et à haute température (de 200K jusqu'à la température de dépôt) semblent indiquer la présence d'un défaut à $\sim 0,4 \text{ eV}$ de la bande de conduction pour toutes les structures de substrat n++. La présence d'un autre défaut à une énergie plus proche de la BC n'est pas à exclure pour certaines structures. Les mesures à basses températures, comprises entre 80 K et 120 K, semblent montrer une marche dans les courbes de capacité en fonction de la fréquence, qui peut être attribuée à l'ionisation d'un dopant qui aurait une énergie d'activation de $\sim 0,18 \text{ eV}$.

Des mesures $I(V)$ et de capacité effectuées au-delà des températures de dépôt (jusqu'à 480 K) sont en cours de réalisation sur ces mêmes structures. Ces résultats seront comparés aux résultats précédents pour évaluer l'impact du recuit sur les propriétés électriques des couches epi-Si.

[1] M. Chrostowski, R. Peyronnet, *et al.* : "Low temperature epitaxial growth of boron-doped silicon thin films". AIP Conference Proceedings **1999** 070001 (2018)

[2] M. Chrostowski, J. Alvarez, *et al.* : "Annealing of Boron-Doped Hydrogenated Crystalline 2 Silicon Grown at Low Temperature by PECVD". Materials **2019**, 12, 3795 (2019)

[3] Marta Chrostowski, thèse de doctorat "Croissance de silicium dopé par épitaxie à basse température par RF-PECVD pour applications photovoltaïques » (2020)

[4] Cyril Leon, Sylvain Le Gall, *et al.* : "Electrical characterization of low temperature plasma epitaxial Si grown on highly doped Si substrates". EPJ Photovoltaics **2019**, 1900411 (2020).