

MODELISATION DES ÉTATS D'INTERFACE DANS LES CELLULES A HETEROJONCTIONS c-Si/a-Si:H AVEC L'UTILISATION DU MODÈLE DU DEFECT-POOL

D. Reaux, J. Alvarez, J-P. Kleider

Laboratoire de Génie Électrique et Électronique de Paris (GeePs)

Les cellules solaires à hétérojonction de silicium cristallin (c-Si)/silicium amorphe hydrogéné (a-Si:H) sont particulièrement attractives du fait de leur haut rendement de conversion photovoltaïque (>26%) et de leur faible budget thermique de fabrication. Les couches de a-Si:H déposées sur le substrat de c-Si permettent une bonne passivation de la surface du c-Si mais les recombinaisons à l'interface a-Si:H/c-Si sont un des éléments limitants pour l'obtention de rendements encore meilleurs.

À cause de sa structure très désordonnée, le a-Si:H présente de nombreux états électroniques localisés dans sa bande interdite. Ces états volumiques sont à l'origine de l'existence d'une densité d'états surfaciques (D_{it}) à l'interface a-Si:H/c-Si. Nous avons utilisé le modèle du Defect-Pool (DPM) qui permet de calculer la densité d'états volumiques (DOS) dans le a-Si:H. Avec ce modèle, cette DOS dépend de la position du niveau de Fermi et, à cause de la courbure des bandes, présente une dépendance spatiale dans les couches de a-Si:H. Nous avons calculé D_{it} à partir d'une projection de la DOS dans le a-Si:H à proximité de l'interface. Les paramètres géométriques et les caractéristiques matériaux du a-Si:H influent fortement sur le calcul de la distribution spatiale de la DOS et de D_{it} .

Les recombinaisons à l'interface dépendent : (i) de D_{it} , (ii) de la concentration locale de porteurs minoritaires. Ces deux facteurs de recombinaisons sont fortement liés à la position à l'équilibre du niveau de Fermi E_F à l'interface. Ce dernier peut être calculé en résolvant l'équation de Poisson en tenant compte du DPM.

Nous avons analysé l'impact des paramètres matériaux et géométriques des couches de a-Si:H sur le calcul de la DOS, des courbures de bandes, de D_{it} , des recombinaisons à l'interface et de la durée de vie effective des porteurs. Nous avons également étudié l'impact de l'épaisseur de la couche de passivation en a-Si:H non dopée ((i)a-Si:H).

Le DPM et la dissymétrie de la D_{it} vis-à-vis de E_F permettent d'expliquer les meilleures passivations des interfaces de type (n)a-Si:H/(n)c-Si (ou (n)a-Si:H/(i)a-Si:H/(n)c-Si) par rapport aux interfaces (p)a-Si:H/(n)c-Si (ou (p)a-Si:H/(i)a-Si:H/(n)c-Si). La face avant des cellules standard à hétérojonctions de silicium sur (n)c-Si est donc plus critique en terme de recombinaison que la face arrière.

Les épaisseurs de a-Si:H déposées étant extrêmement faibles (<15nm), le DPM utilisé seul ne parvient pas à expliquer l'amélioration notable de la durée de vie effective lors de l'augmentation de l'épaisseur de la couche de passivation. Il est nécessaire d'introduire des modèles de variation des paramètres matériaux avec l'épaisseur de la couche. Nous avons utilisé des modèles de variations de l'énergie d'Urbach et de la largeur de bande interdite pour retrouver par la simulation des résultats très proches des résultats expérimentaux.

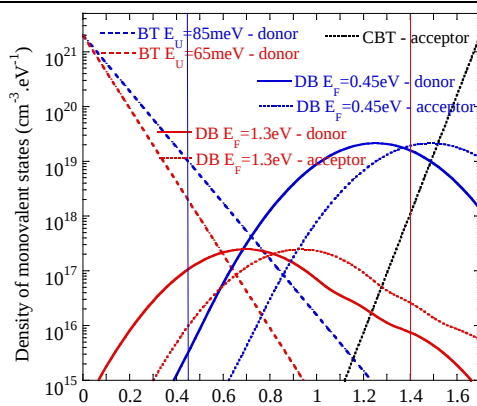


Fig.1.(a) - Energy referred to the valence band edge (eV)

Densités d'états calculées avec le DPM dans (n)a-Si:H (rouge) et (p)a-Si:H (bleu)

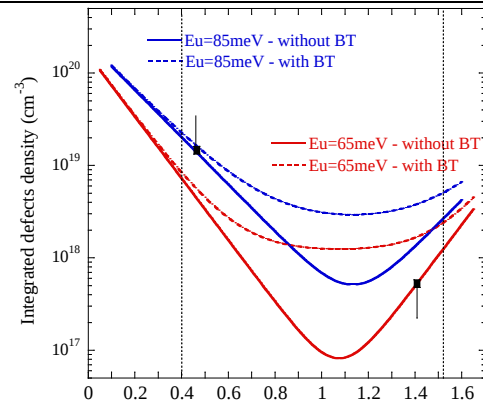


Fig. 1.(b) - Fermi level referred to the a-Si:H valence band edge (eV)

Valeur de la densité d'états intégrée sur l'ensemble du gap en fonction de E_F et de l'énergie d'Urbach .

