

## Application de la technique de photocourant modulé (MPC) aux cellules à hétérojonctions c-Si / a-Si:H

A. Levchenko<sup>1</sup>, R. Lachaume<sup>1</sup>, R. Brüggemann<sup>2</sup>, H. Kyureghian<sup>1,3</sup>, A. Jaffré<sup>1</sup>, A. Brézard-Oudot<sup>1</sup>, S. Le Gall<sup>1</sup>, Z. Djebbour<sup>1\*</sup>, J.-P. Kleider<sup>1</sup>

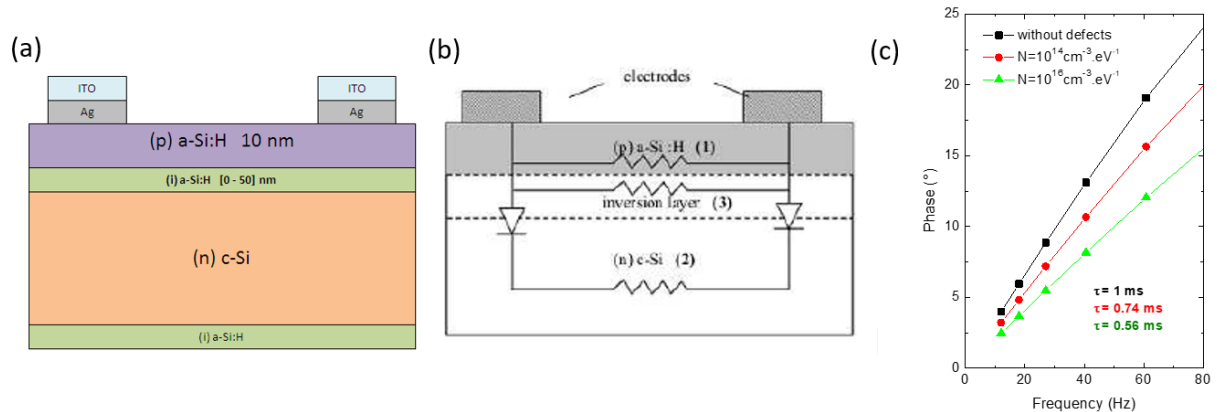
<sup>1</sup> Laboratoire de Génie Electrique et Electronique de Paris (GeePs), UMR CNRS 8507, CentraleSupélec, Univ. Paris-Sud, UPMC, 11 rue Joliot-Curie, 91192 Gif-sur-Yvette, France

\* Département des Sciences Physiques, UVSQ, 45 avenue des Etats-Unis, 78035 Versailles, France

<sup>2</sup> Institute of Physics, Carl von Ossietzky University, Oldenburg 26111, Germany

<sup>3</sup> Department of Electrical Engineering, University of Nebraska, 209N WSEC Lincoln, USA

La mesure de photocourant modulé (MPC) est une méthode connue pour caractériser la densité d'états de défauts du silicium amorphe hydrogéné (a-Si:H) [1-3], mais elle a également été appliquée à divers autres matériaux non cristallins [4-6]. Nous étudions ici l'adaptation de cette technique au cas d'hétérojonctions c-Si / a-Si:H dans l'objectif de caractériser les défauts d'interface. Nous nous basons sur un précédent résultat montrant la présence, dans certains cas, d'une couche d'inversion forte à l'interface c-Si / a-Si:H [7,8]. Cette couche d'inversion forte crée un canal de conduction proche de l'interface, ainsi la mesure du photocourant modulé serait caractéristique de la durée de vie des porteurs à cet endroit. Afin de vérifier cette hypothèse nous comparons les mesures expérimentales à des simulations TCAD 2D, comme réalisé précédemment dans le cas du silicium amorphe [9]. Pour la partie expérimentale, nous disposons d'une série d'échantillons dont l'épaisseur de (i)a-Si:H varie pour créer différents niveaux d'inversion (Figures 1(a) et 1(b)). Les premiers résultats de mesures de courant-tension I(V) en géométrie coplanaire montrent une saturation de courant, caractéristique de la couche d'inversion, qui peut s'expliquer par les simulations 2D. Lors des mesures de MPC on observe deux régimes : l'un à basses fréquences et un autre à hautes fréquences. On retrouve également ces régimes à partir des simulations. Ici, nous nous intéressons au régime basses fréquences où la phase suit une loi tangentielle en fonction de la fréquence et à partir de laquelle on peut retrouver la durée de vie des porteurs [10]. Nous réalisons des simulations avec différentes configurations de défauts à l'interface c-Si / a-Si:H (Figure 1(c)). Pour une interface « parfaite » sans défaut, nous retrouvons la durée de vie des porteurs dans le silicium cristallin, telle que nous l'avons définie. Pour une interface défectueuse, on observe que la durée de vie déterminée diminue lorsque la densité d'état de défaut augmente, validant ainsi le principe de mesure.



**Figure 1** (a) Schéma de composition des échantillons. (b) Schéma de principe de la couche d'inversion [7]. (c) Evolution de la phase en fonction de la fréquence pour trois configurations de défauts à l'interface : sans défauts (carrés noirs), avec une densité d'états continue de défauts de l'ordre de  $N=10^{14} \text{ cm}^{-3} \cdot \text{eV}^{-1}$  (ronds rouges) et  $N=10^{16} \text{ cm}^{-3} \cdot \text{eV}^{-1}$  (triangles verts).

- [1] R. Brüggemann, C. Main, J. Berkin, and S. Reynolds, *Philos.Mag.* **B62**(1), 29–45 (1990)  
 [2] C. Longeaud and J. P. Kleider, *Phys. Rev. B* **48**, 8715–8741(1993)  
 [3] M. E. Gueunier, C. Longeaud, and J. P. Kleider, *Eur. Phys. J. Appl. Phys.* **26**(2), 75–85 (2004)  
 [4] R. Herberholz, T. Walter, and H. W. Schock, *Journal of Applied Physics* **76**, 2904 (1994)  
 [5] A. Darga et al, *J. Phys. Chem. C* **117**(40), 20525–20530 (2013)  
 [6] B. H. Hamadani et al, *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* **116**, 126–134(2013)  
 [7] W. Favre et al, *Phys. StatusSolidi (c)*, **7**, 1037–1040 (2010)  
 [8] O. Maslova et al, *Appl. Phys. Lett.* **103**, 183907 (2013)  
 [9] R. Lachaume, C. Longeaud, and J. P. Kleider, *Phys. StatusSolidi A*, **213**, 1848–1855 (2016)  
 [10] R. Brüggemann and S. Reynolds, *Journal of Non-Crystalline Solids* **352**, 1888–1891 (2006)