JNPV 2025 Journées Nationales du PhotoVoltaïque
Journées Nationales du PhotoVoltaïque 2025
STRASBOURG 4 - 7 novembre 2025
cnrs

Complémentarité des spectroscopies de photoémission et de photoluminescence pour l'étude d'absorbeurs photovoltaïques

M. Le Coq[a,b*], M. Frégnaux[a], P. Schulz[b], D. Aureau[a]

[a] Institut Lavoisier de Versailles (ILV), UMR 8180, CNRS, UVSQ - Université Paris-Saclay, Versailles, France [b] Institut Photovoltaïque d'Île-de-France (IPVF), UMR 9006, CNRS, Ecole Polytechnique - IP Paris, Chimie Paristech - PSL, Palaiseau, France
**Contact: margaux.le-coq@cnrs.fr*

Pour concevoir des dispositifs photovoltaïques qui tirent pleinement parti du potentiel des matériaux actifs, une compréhension approfondie des processus physiques et chimiques mis en jeu est indispensable. Les principaux mécanismes à appréhender pour améliorer les rendements des cellules solaires sont d'une part l'absorption des photons, la génération des paires électrons-trous, la séparation et le transport des charges qui dépendent de la qualité et des propriétés optoélectroniques du matériau absorbeur et d'autre part la collection des charges qui nécessite une maitrise de la physicochimie des interfaces aux couches de transport, i.e. l'alignement de bande favorable et recombinaisons limitées.

Dans ce contexte, la spectroscopie de photoélectrons induits par rayons X (XPS) permet une analyse détaillée de la composition chimique en surface du matériau actif, offrant des données essentielles sur les éléments présents et leur environnements chimiques mais aussi la présence de contaminants qui peuvent compromettre l'efficacité du dispositif. Elle s'avère aussi particulièrement utile pour l'étude des interfaces : effets de diffusion, contrôle des processus de passivation qui peuvent améliorer la collecte de charges et limiter les pertes par recombinaison. La photoluminescence (PL), quant à elle, fournit des informations sur les propriétés optoélectroniques des matériaux. [1] Elle permet d'évaluer la qualité des matériaux semi-conducteurs en détectant la présence de défauts ou de zones de recombinaison. Un signal intense et bien défini suggère une faible recombinaison des charges et donc une bonne performance potentielle pour la cellule solaire. Au contraire, une forte recombinaison non radiative, détectée par une faible émission de PL, peut signaler des défauts dans la structure cristalline ou des interfaces, ce qui peut limiter l'efficacité de la cellule solaire.

Dans cette étude, ces deux techniques ont été utilisées séparément pour caractériser des matériaux stables sous vide et irradiations, tels que l'Arséniure de gallium, GaAs, utilisé en tant qu'absorbeur dans les cellules haut rendement. Les échantillons de GaAs sont naturellement couverts d'un oxyde natif pouvant générer des recombinaisons susceptibles de modifier les propriétés optoélectroniques du semiconducteur. Pour s'affranchir de cet oxyde, deux voies ont été envisagées : l'érosion par faisceau d'ions Ar+ ainsi que des traitements par voies chimiques (acides et basiques). Le bombardement ionique à l'Argon a été étudié en faisant varier le temps de pulvérisation ainsi que l'énergie des ions. La spectroscopie XPS a mis en évidence la gravure des oxydes en surface mais la largeur augmentée des pics à mi-hauteur peut s'expliquer par une amorphisation de la surface, connue pour être une source de diminution de l'intensité de la PL (quenching). Différents traitements chimiques (HCl, H2SO4, (NH4)2S) ont également été étudiés. [2] La figure présentée montre l'élimination des contributions à haute énergie de liaisons (oxydes) initialement détectées sur les photopics Ga3d. Des différences sont observées sur les photopics As 3d mettant en évidence l'efficacité supérieure du traitement basique. L'hypothèse d'une passivation par sulfuration de la surface est proposée et sera étudiée à l'aide d'une analyse XPS comparative avec les excitations Al Kα et Mg Kα (twin anode).

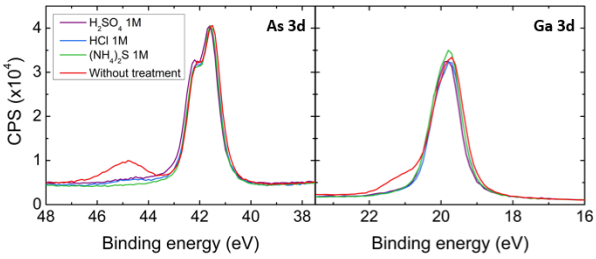

Figure 1 : Spectre XPS de la région Ga3d et As3d d'un GaAs de type n avec différents traitements chimiques

Références

1. Cacovich et al., A. *ACS Appl. Mater. Interfaces* **2022**, *14* (30), 34228–34237.
2. Rebaud et al. *ECS Trans.* **2015**, *69* (8), 243–250.

Remerciements

Ce travail a bénéficié de l'aide financière du PEPR TASE (Projet Minotaure ANR-22-PETA-0015)