Stratégie croisée de mesure en volume et en surface des couches minces de CIGS : détermination fine du rapport GGI

Anaïs Loubat[1], Fabien Mollica[2], Muriel Bouttemy[1], Damien Aureau[1], Jackie Vigneron[1], Negar Naghavi[2], Marie Jubault[2], Frédérique Donsanti[2], Patrick Chapon[3], Daniel Lincot[2], Arnaud Etcheberry[1]

1. Institut Lavoisier de Versailles (ILV), UMR CNRS-UVSQ 8180, IPVF, 45 avenue des Etats Unis, 78035 Versailles.
2. Institut de Recherche et Développement sur l'Energie Photovoltaïque (IRDEP) EDF - CNRS UMR 7174 – Chimie ParisTech, IPVF, 6 quai Watier, 78400 Chatou.
3. HORIBA Jobin Yvon, IPVF, 16 Rue du Canal, 91160 Longjumeau.

L'optimisation fine des cellules à base d'absorbeur CIGS nécessite une connaissance approfondie de la composition en surface et en volume des couches mais également aux interfaces. Les enjeux sont multiples : accord de bandes entre absorbeur et couche tampon en face avant, adhérence au substrat en face arrière, mobilité des porteurs de charge en volume… En particulier, pour les absorbeurs CIGS, la détermination du gradient en gallium, via la mesure du GGI (rapport Ga/(Ga+In)), est un paramètre clé.

Pour cela, nous avons développé une stratégie croisée de méthodes de caractérisation physico-chimique : l'EDX afin de sonder la composition en profondeur de façon non destructive (variation de la tension d'accélération), l'ICP permettant de doser les éléments de la couche après dissolution, la GD-OES et l'XPS pour accéder aux profils de composition en volume par profilage et renseigner sur les environnements chimiques. Ces analyses combinées ont été réalisées sur un panel d'échantillons élaborés par co-évaporation, d'épaisseur constante (650 nm) et de GGI variant de 0,15 à 0,61 mais homogène sur l'épaisseur afin de valider la procédure. La stabilité du GGI en profondeur est vérifiée par l'ensemble des méthodes employées. De plus, les analyses montrent des signatures spécifiques de la zone Ga_{3d}/In_{4d} en fonction du rapport GGI (figure 1) permettant une détermination optimale de ce rapport à profondeur d'échappement des photoélectrons équivalente. Le recoupement des résultats sera discuté en termes de calibration et de précision.

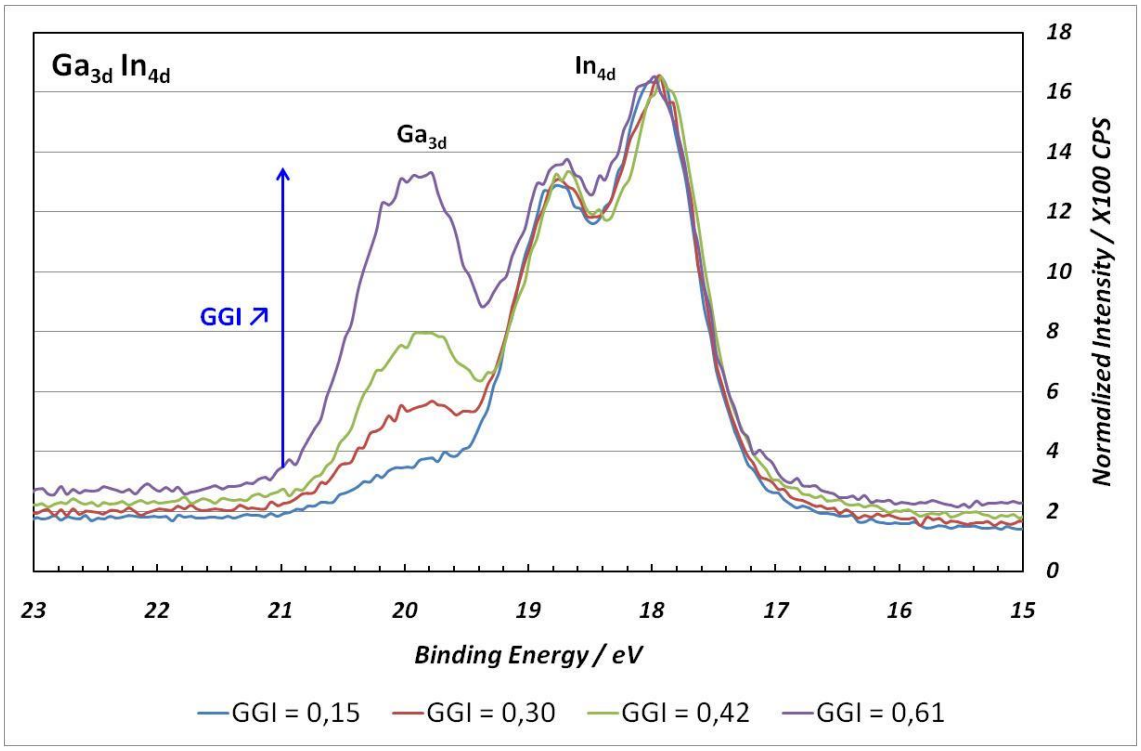

Figure 1 : Spectres XPS Haute Résolution $Ga_{3d}In_{4d}$ d'absorbeur CIGS désoxydé : évolution avec le rapport GGI (0,15 à 0,61). Normalisation par rapport à In_{4d}.

Mots clés : CIGS, rapport GGI, volume/surface, analyses croisées : XPS, GD-OES, EDX, ICP