



HAL
open science

La diffraction des photoélectrons X (XPD) comme sonde locale dans des hétérostructures épitaxiées

Claude Botella, Romain Bachelet, Jose Penuelas, Clarisse Furgeaud, Iuliia Dudko, Dong Han, Rahma Moalla, Guillaume Saint-Girons, Anne Lamirand, Geneviève Grenet

► To cite this version:

Claude Botella, Romain Bachelet, Jose Penuelas, Clarisse Furgeaud, Iuliia Dudko, et al.. La diffraction des photoélectrons X (XPD) comme sonde locale dans des hétérostructures épitaxiées. JNSPE2023, May 2023, Nice, France. hal-04441627

HAL Id: hal-04441627

<https://hal.science/hal-04441627>

Submitted on 6 Feb 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

La diffraction des photoélectrons X (XPD) comme sonde locale dans des hétérostructures épitaxiées

Claude Botella*, Romain Bachelet, José Penuelas, Clarisse Furgeaud, Iulia Dudko, D. Han, Rahma Moalla, Guillaume Saint-Girons, Anne D. Lamirand, Geneviève Grenet
 Univ Lyon, Ecole Centrale de Lyon, CNRS, INSA Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, CPE Lyon, INL, UMR 5270, 69130 Ecully, France
 *Contact: claudе.botella@ec-lyon.fr

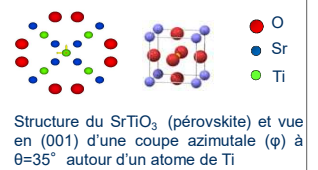
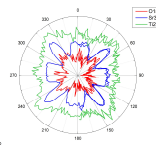
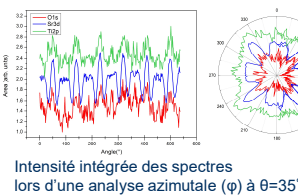
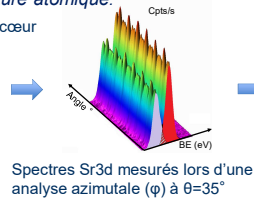
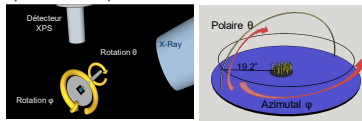
La connaissance de l'environnement local de chaque atome dans un matériau est une information clef pour la compréhension et l'amélioration de ses propriétés. Classiquement, les spectres XPS éclairent sur l'état chimique des atomes présents (valence, liaisons interatomiques,...). Une analyse XPS en fonction des angles, polaire et azimutal, permet aussi de connaître l'ordre cristallographique local des différents atomes présents.

La diffraction des photoélectrons à l'INL

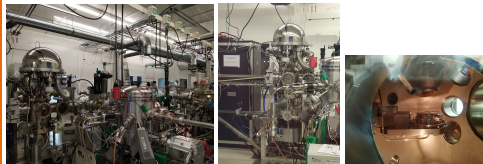
- Analyse polaire : Composition en profondeur / morphologie
- Analyse azimutale : Ordre cristallographique local en vision directe -> substitution ; reconstruction ; déformation...

Les photoélectrons émis à haute énergie cinétique interfèrent avec les ondes diffusées par les atomes voisins de l'atome émetteur, créant principalement des maxima d'intensité dans la direction des plus proches voisins de l'atome sondé. En effet les contributions des atomes éloignés sont faibles car l'intensité d'une onde sphérique diminue avec le carré de la distance. La distribution angulaire de l'intensité est donc directement corrélée à la distribution des atomes environnants permettant ainsi une vision directe de la structure atomique.

Spectres XPS polaires ou azimutaux des niveaux de cœur



- Analyseur PREVAC EA15, source Al K α , résolution en énergie < 3 meV, caméra CCD.
- Connecté sur la ligne sous ultra vide (UHV) de la centrale matériaux NanoLyon composé d'une pulvérisation cathodique (PVD400) et de 2 réacteurs d'épitaxie par jet moléculaire (MBE) pour des matériaux oxydes et III/V.
- Mesures possiblement réalisées en température.



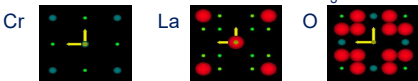
- Technique de laboratoire
- Sélective en élément
- Sensible à la surface

Films ultraminces épitaxiés de La_{0.75}Sr_{0.25}CrO₃

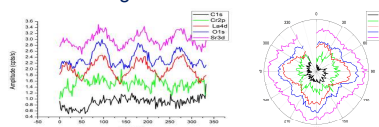
- Oxyde thermoélectrique transparent dopé P
- Elaboré au laboratoire par épitaxie par jet moléculaire (MBE)
- Structure pérovskite (ABO₃) avec une substitution cationique partielle attendue sur le site A du La³⁺ en Sr²⁺

Han D. et al. *Giant Tuning of Electronic and Thermoelectric Properties by Epitaxial Strain in p-Type Sr-Doped LaCrO₃ Transparent Thin Films*. ACS Appl. Electron. Mater. 3, 3461-3471 (2021)
 Zhang, K. H. L et al. *Hole-Induced Insulator-to-Metal Transition in La_{1-x}Sr_xCrO₃ Epitaxial Films*. Phys. Rev. B 91 155129 (2015)

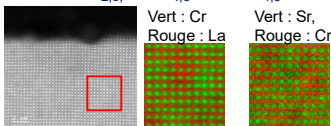
Vue azimutale des atomes de LaCrO₃ à $\theta=55^\circ$



Intensité intégrée en scan azimutal à $\theta=55^\circ$



Images STEM, obtenues par extraction aux seuils Sr L_{2,3}, Cr M_{4,5} et La M_{4,5}.

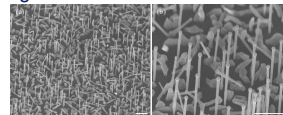


Les courbes synchrones de La et Sr de XPD azimutal avec θ à 55° du film mince révèlent la substitution du La par Sr. Ces résultats sont confirmés par microscopie électronique.

Nanofils cœur/coquille de Ge/GaAs

- Croissance par épitaxie par jet moléculaire (MBE) avec sélection de la phase hexagonale (wurtzite, WZ) ou cubique (zinc blende, ZB)
- Ge hexagonal présente un gap direct contrairement au Ge cubique.

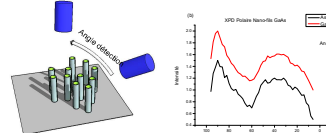
Images MEB inclinées à 45°



Les nanofils présentent une structure ZB puis WZ, séparés par une faute de maille (stacking fault, SF). Ge, en surface, suit la structure du GaAs.

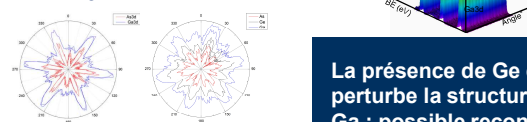
Dudko I. et al. *Hexagonal Ge Grown by Molecular Beam Epitaxy on Self-Assisted GaAs Nanowires*. Cryst. Growth Des. 22, 1, 32-36 (2022)

Intensité intégrée en scan polaire



L'intensité XPS d'une surface 2D décroît du fait de l'épaisseur effective que traverse le photoélectron lorsque θ diminue. Dans un nanofil, cet effet est partiellement compensé par les photoélectrons émis par les parois du fil. Un effet d'ombrage est également à prendre en compte.

Intensité intégrée en scan azimutal à $\theta=19.2^\circ$



La présence de Ge en surface perturbe la structure locale de Ga : possible reconstruction ?

Résultats

Notre équipement XPS nous a permis d'investiguer la diffraction des photoélectrons dans des films ultraminces épitaxiés de La_{0.75}Sr_{0.25}CrO₃ et des nanofils cœur/coquille de Ge/GaAs et ainsi de révéler la substitution du La par Sr et une possible reconstruction de surface.