

Analyses locales de la déformation et des gradients de composition chimique par microscopie électronique en transmission

Bénédicte Warot-Fonrose^{1,*}, J.Nicolai^{1#}, C.Gatel¹, C.Magen², A.Ponchet¹, S.Matzen^{3‡}, J.-B.Moussy³

1 CEMES-CNRS, Toulouse, France

2 INA, Zaragoza, Espagne

3 CEA-Saclay, SPEC, France

actual address : Institut PPrime, Poitiers, France, ‡ : Univ. Paris 11, CNRS, IEF, Orsay, France

* warot@cemes.fr

ABSTRACT

La détermination des contraintes à l'échelle locale est bien souvent indispensable dans les couches minces pour expliquer les propriétés magnétiques, électriques ou optiques. Les déformations peuvent être déterminées par microscopie électronique en transmission en mode haute résolution. Les méthodes d'analyse d'images permettent de mesurer ces déformations avec une résolution nanométrique, et ainsi de s'intéresser aux déformations au voisinage des interfaces. La formation de ces interfaces peut également induire des gradients de compositions chimiques. Les analyses locales de déformations sont donc associées à des mesures locales de composition chimique, par spectroscopie de pertes d'énergie des électrons notamment. L'étude du contraste chimique peut aussi s'effectuer par STEM-HAADF (high angle annular dark field) résolu atomiquement.

Un premier exemple concernera la corrélation entre le comportement magnétique et l'état de contrainte dans des couches de CoFe_2O_4 déposées sur $\text{MgAl}_2\text{O}_4(001)$ et (111) [1]. La ferrite de cobalt est une spinelle ferrimagnétique présentant une forte constante magnétoélastique. Une croissance pseudomorphe est observée sur $\text{MgAl}_2\text{O}_4(111)$ tandis qu'une forte compression est mesurée dans le plan pour une croissance sur $\text{MgAl}_2\text{O}_4(001)$. Ces deux états de contrainte conduisent à des propriétés magnétiques différentes.

La combinaison des analyses de contraintes et de composition chimique sera présentée sur des hétérostructures arséniures/antimoniures, systèmes prometteurs pour de nouveaux développements dans la photonique et l'électronique de semi-conducteurs dans le domaine infrarouge moyen (entre 2 et 5 μm). Par exemple, les multicouches InAs / AlSb déposées sur InAs ont été utilisées avec succès pour réaliser des lasers à cascade quantique (QCL) à courte longueur d'onde émettant en dessous de 3 μm .

Les propriétés électriques et optiques de ces hétérostructures sont fortement dépendantes de la qualité cristalline des couches. En particulier, les propriétés structurales de l'interface (gradients de contrainte, largeur des zones interfaciales, ...) sont très complexes en raison du changement des éléments du groupe III et du groupe V au niveau des interfaces. Le but de cette étude est de caractériser les propriétés de l'interface en fonction des séquences de croissance [2].

[1] C. Gatel, B. Warot-Fonrose, S. Matzen, J.-B. Moussy, Applied Physics Letters 103, 092405 (2013)

[2] J. Nicolai, C. Gatel, B. Warot-Fonrose, R. Teissier, A. Baranov, A. Ponchet, Applied Physics Letters, 104, 031907 (2014)