

La diffraction de Kossel combinée à l'émission X induite par protons pour l'étude de multicouches nanométriques

Philippe JONNARD^{a*}, Meiyi Wu^a, Karine Le Guen^a, Ian Vickridge^b, Didier Schmaus^b, Emrick Briand^b, Philippe Walter^c, Qiushi Huang^d, Zhanshan Wang^d

- a. Sorbonne Université, Faculté des Sciences et Ingénierie, CNRS UMR 7614, Laboratoire de Chimie Physique – Matière et Rayonnement, 4 place Jussieu, 75252 Paris cedex 05
- b. Sorbonne Université, Faculté des Sciences et Ingénierie, CNRS UMR 7588, Institut des NanoSciences de Paris, 4 place Jussieu, 75252 Paris cedex 05
- c. Sorbonne Université, Faculté des Sciences et Ingénierie, CNRS UMR 8220, Laboratoire d'Archéologie Moléculaire et Structurale, 4 place Jussieu, 75252 Paris cedex 05
- d. Key Laboratory of Advanced Micro-Structured Materials, Institute of Precision Optical Engineering, School of Physics Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China

* philippe.jonnard@upmc.fr

Les multicouches constituées d'un empilement périodique de couches nanométriques sont largement utilisées pour disperser le rayonnement X. Cependant, afin de présenter une bonne réflectivité, et donc une bonne efficacité, il est nécessaire qu'il existe un fort contraste entre les indices optiques des différentes couches. Toute interdiffusion aux interfaces va diminuer ce contraste et limiter les performances de la multicouche. C'est pourquoi il est important de comprendre les phénomènes prenant place aux interfaces de ces structures.

Dans ce but, nous développons une méthodologie pour analyser les films minces à l'échelle nanométrique en combinant la diffraction de Kossel avec l'émission de rayons X induite par des ions (PIXE). Cette technique s'apparente à la méthode des ondes stationnaires. Nous rapportons la diffraction de Kossel, générée par l'irradiation avec un faisceau de protons de 2 MeV, de multicouches d'épaisseur nanométrique à base de Pd/Y. Ces multicouches sont préparées soit avec l'ajout d'azote dans le gaz de pulvérisation, soit avec l'ajout de barrières de diffusion, de fines couches de B₄C, aux interfaces. Ces stratégies de dépôt visent à limiter la diffusion entre les couches de palladium et d'yttrium.

L'intensité de l'émission caractéristique Pd L α est mesurée en fonction de son angle de détection. Une oscillation d'intensité est observée lorsque l'angle de détection varie autour de l'angle de Bragg, défini par l'énergie de l'émission et la période de la multicouche. En effet, dans les conditions de Bragg, une onde stationnaire ayant la période de la multicouche se développe et se décale perpendiculairement aux couches quand l'angle change. La variation de l'angle de détection entraîne un décalage des ventres et nœuds du champ électrique émis dans la multicouche et permet donc de sonder différents endroits de l'empilement. Grâce à l'emploi d'une caméra CCD permettant à tout angle d'une plage angulaire donnée la sélection de l'énergie des rayons X, l'ensemble de la configuration expérimentale est fixe et aucun balayage angulaire n'est requis.

En comparant les formes des courbes de Kossel, nous sommes en mesure de déduire que la multicouche Pd/Y nitrurée a beaucoup moins de mélange aux interfaces que la multicouche non-nitrurée. Les résultats montrent qu'il est possible de distinguer par la forme des courbes de Kossel des échantillons déposés avec des couches barrière B₄C situées à des interfaces différentes ou ayant des épaisseurs différentes. Cela démontre que la diffraction de Kossel est sensible à la structure de l'empilement.