

Réflectivité et sélectivité spectrale de multicouches B/Si dans le domaine des X-UV. Approche théorique et expérimentale

F. Bridou, M.-F. Ravet, A. Raynal, J.-P. Chauvineau, B. Agius, J.-M. André* et Ph. Troussel**

Laboratoire Charles Fabry, IOTA, Centre Universitaire d'Orsay, bâtiment 503, BP. 147, 91403 Orsay cedex, France

* Laboratoire de Chimie Physique Matière et Rayonnement, URA 176 du CNRS, Université Pierre et Marie Curie, 75231 Paris cedex 05, France

** CEA, Bruyères-le-Châtel, BP. 12, 91680 Bruyères-le-Châtel, France

Résumé: Le contraste d'indices des deux éléments (B,Si) est en général petit dans le domaine spectral des X-UV, ce qui fait que des écarts d'indices, même faibles, de chacun des éléments constitutifs de la bicouche vont modifier les propriétés optiques du miroir. Il est donc nécessaire d'étudier le mieux possible les caractéristiques de l'empilement afin de prévoir les conditions optimales de réalisation et d'utilisation (de 100 eV à 1 keV)

1. CHOIX DU COUPLE B/Si

Avec un pouvoir réflecteur maximum identique à celui d'une multicouche Mo/Si, un miroir multicouches B/Si présente théoriquement une meilleure sélectivité spectrale dans le domaine X-UV (fig 1).

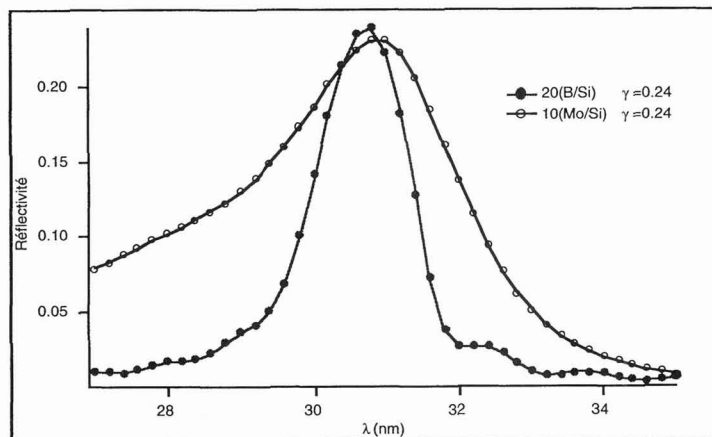


Figure 1: Réflectivité calculée d'une multicouche Mo/Si et d'une multicouche B/Si sous incidence normale à 30.9 nm

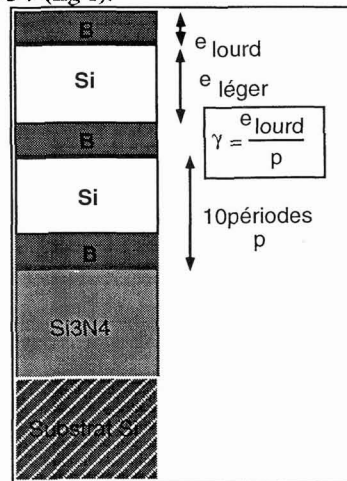


Figure 2: Multicouche étudiée

2. BUT DE L'ETUDE

On cherche à déterminer les épaisseurs, les indices complexes, les rugosités interfaciales et l'éventuelle présence de couches interfaciales d'interdiffusion.

La multicouche périodique B/Si étudiée a été élaborée par évaporation thermique (dépôt par canon à électrons sous vide de 10^{-7} mb) avec contrôle in-situ des épaisseurs au moment du dépôt par réflectométrie de rayons X mous.

3. RESULTATS

3.1 Réflectométrie in situ de rayons X mous en cours de fabrication ($\lambda = 44.7 \text{ \AA}$).
 On obtient une première courbe de réflectivité (à angle fixe, épaisseur variable) pour la longueur d'onde de la source utilisée (raie d'émission $K\alpha$ du carbone) à 44.7 \AA (fig 3).

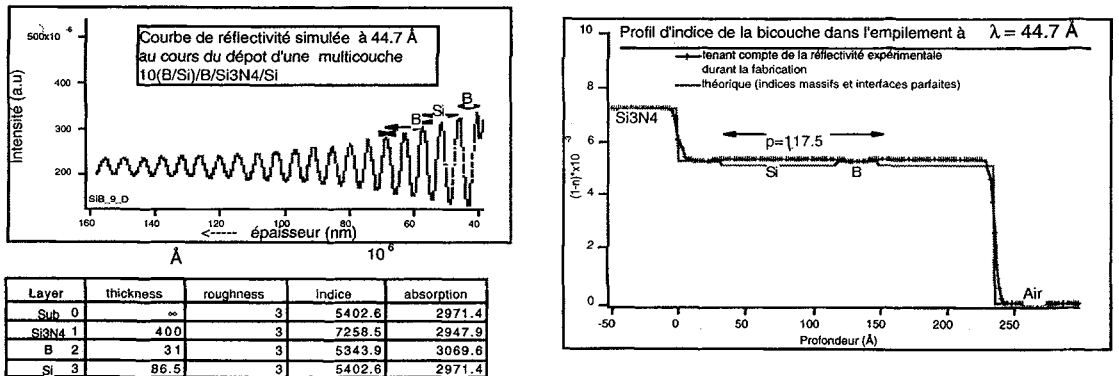


Figure 3: Réflectivité simulée au cours du dépôt à partir des paramètres du tableau et profil d'indice correspondant à la bicouche élémentaire

3.2 Réflectométrie sous rayons X rasants

L'analyse de la courbe de réflexion spéculaire en fonction de l'angle d'attaque, fournit le profil de densité électronique en fonction de la profondeur (épaisseurs moyennes et épaisseur des interfaces).

Les réflectivités ont été mesurées pour deux longueurs d'onde : $\lambda = 1.54 \text{ \AA}$ (fig 4) et $\lambda = 126.5 \text{ \AA}$ (fig 5).

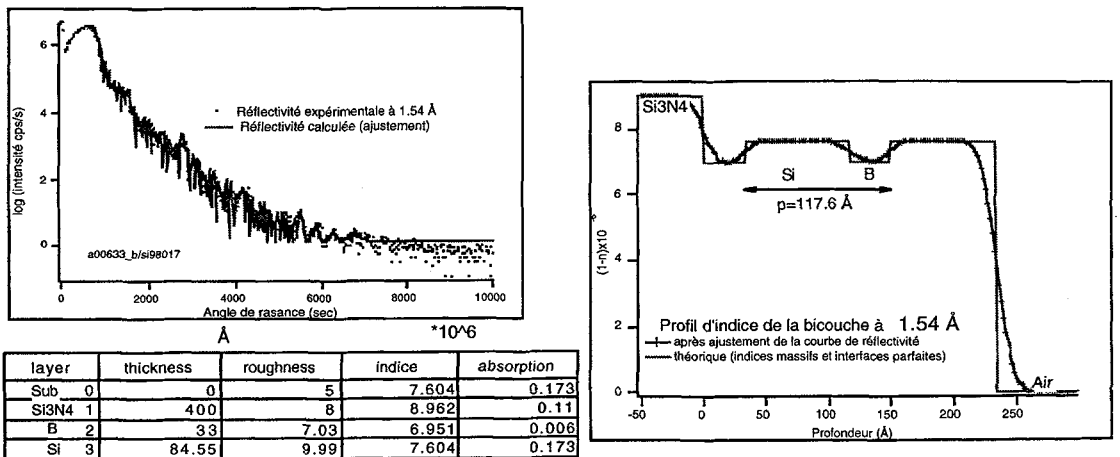
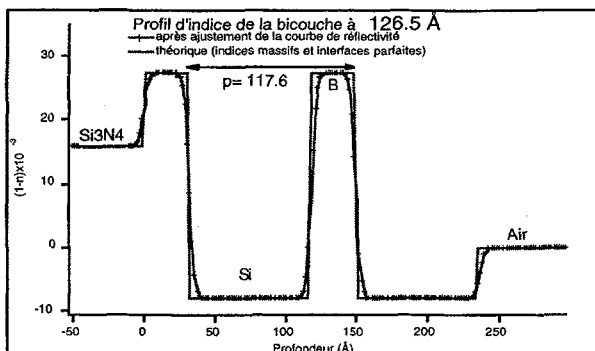
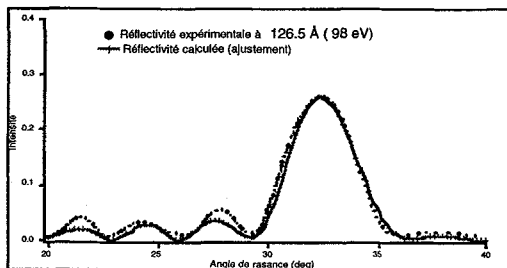


Figure 4: Mesure de réflectivité en fonction de l'angle de rasance à la raie d'émission $K\alpha$ du cuivre $\lambda=1.5405 \text{ \AA}$, paramètres du fit (tableau) et profil d'indice correspondant.



Layer	thickness	roughness	indice	absorption	
Sub	0	∞	3	-7980.14	1780.16
Si3N4	1	400	3	15869.2	7867.31
B	2	32	3	27517.4	3323.3
Si	3	85.6	3	-7980.14	1780.16

Figure 5: Mesure de réflectivité en fonction de l'angle de rasance sur la ligne SA23 de LURE, à la longueur d'onde de 126.5 Å.

4. CONCLUSION

La modélisation des différentes courbes obtenues permet d'apporter des précisions sur les caractéristiques de la multicouche:
 Les mesures de réflectivité aux trois longueurs d'onde sont en concordance pour la valeur de la période moyenne, et le rapport des épaisseurs reste sensiblement le même à 2Å près. A 1.54 Å et à 126.5 Å, on constate que les indices théoriques correspondant au matériau massif permettent d'ajuster correctement les courbes expérimentales. Par contre, pour la longueur d'onde de contrôle en cours de fabrication, à 44.7 Å, les indices théoriques conviennent moins bien. Une possible explication serait que le dépôt évolue au cours et après la fabrication de la multicouche. Il existe deux couches interfaciales dont les valeurs, indiquées par les rugosités sont divergentes d'une mesure à l'autre (entre 3 et 7 Å). Afin de connaître la structure exacte du dépôt réalisé, des expériences complémentaires et des mesures très fines devront être effectuées.