

L'objet de cette expérience était de mesurer l'effet de l'implantation sur la structure cristalline d'un wafer de silicium, par diffraction au voisinage de raies de Bragg du cristal.

Nous avons étudié différents échantillons implantés en hydrogène, avec des doses représentatives du procédé SmartCut™, de l'ordre de  $6-8 \cdot 10^{16}$  ions/cm<sup>2</sup>. L'effet de l'incorporation d'hydrogène se traduit sur une courbe de diffraction type  $\theta/2\theta$  par l'apparition d'un épaulement du côté des petits angles, traduisant une expansion du réseau cristallin (Figure 1).

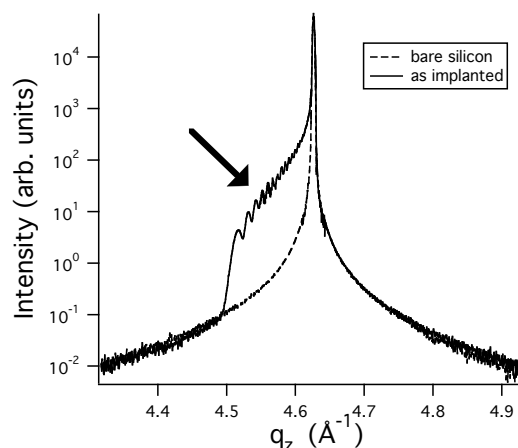


Fig.1: effet de l'implantation sur une raie dans la direction d'implantation 004 surface 001

Nous avons d'abord cherché à interpréter les différentes courbes obtenues pour rendre compte de l'intensité observée. Nous avons pour cela utilisé un simple modèle cinématique, justifié par l'intensité relativement faible de l'épaulement. Nous avons montré que les franges (non-équidistantes) visibles sur l'épaulement étaient liées à la largeur du profil de déformation, à un taux de déformation donné par la position de la frange considérée. On peut donc ainsi procéder à une inversion directe des données, pour remonter au profil de déformation (Fig.2).

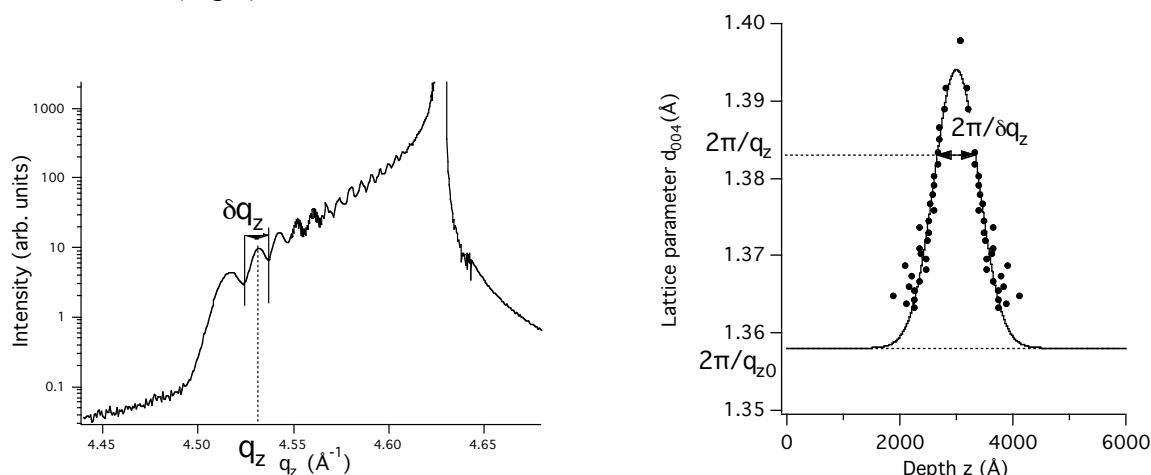


Fig.2 Illustration du procédé d'inversion: l'interfrange  $\delta q_z$  d'une frange située à  $q_z$  donne la largeur du profil à un niveau de déformation  $2\pi/q_z$ .

Cependant en l'absence de signal lié à la surface, la localisation du profil ou son éventuelle asymétrie ne peuvent être mesurées. Nous avons cherché à mettre en évidence un tel signal sous la forme d'une interférence supplémentaire qui viendrait se superposer à la précédente.

Compte tenu des distances mise en jeu (300-700nm), cela impose une résolution accrue et une qualité d'interface supérieure. Des premiers résultats obtenus sur certains échantillons montrent cette double structure (Fig.3).

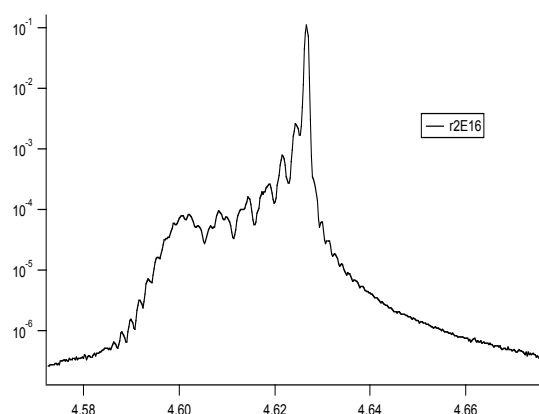


Fig.3 Figure montrant un double système de franges lié à la fois à la largeur et à la position du profil de déformation.

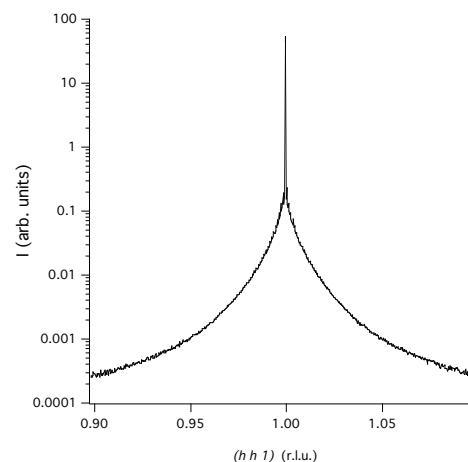


Fig.4. Profil de raie dans une direction perpendiculaire à la direction d'implantation montrant l'absence de déformation.

Enfin nous avons fait varier l'orientation cristalline des substrats. Nous avons montré que pour des conditions d'implantation identiques, la déformation variait considérablement en fonction de l'orientation cristalline. Ceci peut être interprété simplement par un modèle de liaisons coupées. Le tableau résume les résultats obtenus pour les trois orientations étudiées. Nous avons vérifié l'absence de déformation dans le plan (Fig.4) ce qui permet d'évaluer par un modèle élastique le niveau de contrainte dans le plan (voir tableau).

<b>Orientation</b>	<b>Max. relative Strain</b>	<b>FWHM of strain profile (nm)</b>	<b>Debye-Waller &lt;<math>\sigma^2_{\max}</math>&gt;<sup>1/2</sup> (Å)</b>	<b>Max in-plane stress (GPa)</b>	<b>SIMS Width (nm)</b>
<b>&lt;111&gt;</b>	5%	86	1.1	2.4	120
<b>&lt;110&gt;</b>	4.1%	86	0.8	2.2	120
<b>&lt;100&gt;</b>	2.9%	93	0.65	1.9	130

Tableau donnant la déformation et la contrainte en fonction de l'orientation cristalline.

Ces résultats ont été soumis pour publication dans J. Appl. Cryst.

N. SOUSBIE, L. CAPELLO, C. LAGAHE, J. EYMERY, and F. RIEUTORD, "X-ray scattering study of hydrogen implantation in silicon," *Journal of Applied Crystallography*, submitted, 2005.