

	Experiment title: Relaxation of Ge islands on nanopatterned surfaces - Relaxation d'îlots de Ge sur des surfaces nanostructurées	Experiment number:32 02 612
<b>Beamline:</b> BM32	<b>Date of experiment:</b> from: 05/09/04 (7h00) to: 11/09/04 (7h00)	<b>Date of report:</b> 19/10/04
<b>Shifts:</b> 18 allocated	<b>Local contact(s):</b> J.S. Micha	<b>Received:</b>
<b>Names and affiliations of applicants (* indicates experimentalists):</b> <i>Eymery Joël*</i> , <i>P. Gentile</i> , CEA/Grenoble, Département de Recherche Fondamentale sur la Matière Condensée /SP2M, Bâtiment G1, 17 Rue des Martyrs, 38054 Grenoble Cedex 9, France. <i>Alina Pascale*</i> , <i>Fournel Frank</i> , CEA/Grenoble, LETI/DIHS/LFTC, Bâtiment 4005, 17 Rue des Martyrs, 38054 Grenoble Cedex 9, France.		

Objectifs de l'expérience : Le temps de faisceau avait été initialement demandé pour mesurer les effets de relaxation d'îlots de Ge sur des surfaces nanostructurées. L'expérience arrivant en fin d'année, nous avons pu entre temps, réaliser ce travail sur la ligne ID01 de l'ESRF (voir rapport [SI-983](#) et [1]), et avoir du temps complémentaire du 28 octobre au 2 novembre sur cette même ligne (expérience à venir). Nous avons montré que l'état de surface du sommet des îlots est déterminant pour nucléer la croissance d'une ou plusieurs boîtes par motif et que les effets de relaxation par les bords d'îlot sont très importants. Les expériences de diffraction anormales nous ont permis d'estimer la concentration de Ge dans les boîtes. Pour ces raisons, il nous a semblé important de compléter un certain nombre de problèmes de fond qui nous restaient à comprendre dans le domaine des substrats collés et d'étudier un échantillon gravé sur lequel des métaux avaient été déposés.

#### Réseau réciproque de la couche enterrées de dislocations :

Le réseau réciproque de la déformation induite par le réseau de dislocations vis avait été considéré jusqu'à présent comme carré simple (cf thèse F. Leroy). Nous avons pu vérifier qu'il s'agissait en fait d'un réseau carré centré (cf [Fig. 1](#)), le centre ayant une intensité beaucoup plus faible que les sommets. Ce phénomène a pu être observé à la fois sur des surfaces planes et sur des surfaces gravées. Il est en cours d'analyse quantitative en comparant les mesures à des calculs de déformation élastique en théorie continue.

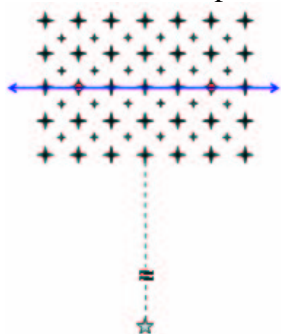


Fig. 1 (a) Schéma du réseau réciproque d'un substrat collé.

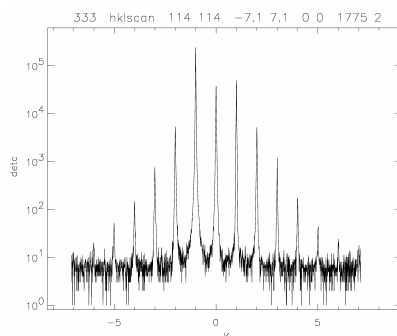


Fig. 1 (b) Balayage transverse (ligne bleu de Fig. 1. (a)). Echantillon Non gravé 1°.

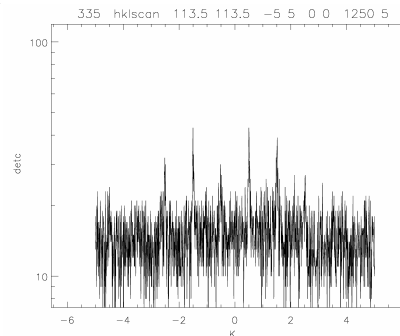


Fig. 1 (b) Balayage transverse décalé vers le bas de la moitié d'une période du réseau carré de la Fig. 1. (a).

#### Etude de nouveaux types d'échantillons gravés à base de substrats SOI:

Nous avons réalisé des échantillons du type Si//Si/SiO<sub>2</sub>/substrat Si où // correspond à une interface de collage ([Fig. 2](#)). Ces échantillons permettent de contrôler l'amincissement du film mince collé (fortement non linéaire) et possèdent un intérêt pour des applications électriques. Nous avons ainsi pu mesurer la transition de contrainte élastique qui se produit lorsqu'on fait disparaître le film collé tout en transférant le réseau de

dislocation pour créer un réseau de morphologie de surface contrôlée. Des expériences de réflectivité ont aussi été effectuées.

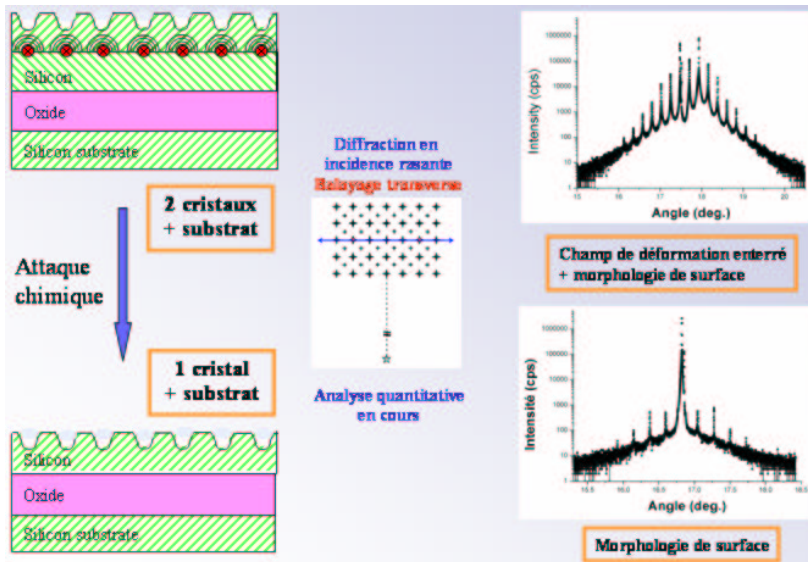


Fig. 2. Schéma de l'amincissement (obtenu par attaque chimique sélective) et balayages transverses obtenus sur les deux types d'échantillon. Dans la courbe du haut, les effets de déformation du réseau de dislocation dominant (courbe similaire à celle correspondant à une surface plane). De la courbe du bas, on peut extraire le facteur de forme du motif gravé de surface. Sur un agrandissement de ces courbes, on peut aussi voir la contribution du pic de Bragg du substrat.

Ces expériences nous ont apporté des données très intéressantes pour modéliser le comportement élastique de ce type de matériau. Une analyse quantitative est en cours.

#### Influence des conditions de recuit sur la cohérence du réseau :

La mise en ordre du réseau de dislocation a été comparée pour un collage de 3 h à une température  $T$ , et de 5 fois 3h à la même température. Les balayages transverse et radiaux permettent de montrer une diminution de la largeur des pics en fonction de la durée, et donc probablement une diminution des défauts de cohérence dans la structure (la nature de ces défauts est bien connue par nos expériences précédentes).

#### Dépôt métallique sur un échantillon gravé :

Un échantillon Pt 2nm/Fe/6 nm/Cu 1.5 nm/Si gravé de pas 50 nm a été étudié pour vérifier que la croissance métallique s'effectue en épitaxie avec le substrat de Si. Des balayages radiaux centrés sur [220] Si et [200] Si nous ont permis de trouver les relations d'épitaxie du Pt et de  $\text{Fe}_2\text{Si}$  en bon accord avec les désaccords paramétriques des structures.

#### Etude du transfert de défaut à partir des substrats SOI :

Les substrats SOI sont à la base de la réalisation des échantillons précédents mais sont aussi très intéressants pour obtenir des couches contraintes de Si (augmentation de mobilité des porteurs recherchée dans les dispositifs électroniques). Pendant le temps restant de l'expérience, nous avons mesuré avec un cristal analyseur les défauts existant dans des couches de SOI contraintes ultra-minces. Ces expériences, complétées par des études STM, nous ont permis d'interpréter les imperfections cristallines comme un transfert de dislocation de type « cross-hatch pattern » (qui ne sont pas ordonnées sur un réseau régulier). Ces dernières provenant des couches initiales d'alliage SiGe qui ont servi à établir la contrainte dans les couches de Si avant transfert.

**Conclusions :** Ces expériences nous ont permis de compléter utilement nos études sur les substrats collés tournés. Une partie de ces résultats a déjà été soumise à publication cette année [1-5].

#### Publications récentes utilisant notre travail à l'ESRF :

- [1] *Germanium quantum dot relaxation on nanopatterned silicon surface*, J. Eymery, T. Schüllli, P. Gentile, F. Leroy, F. Fournel, soumis à Appl. Phys. Lett. Oct. 2004.
- [2] *Growth of Ge on Si(001) studied in situ by grazing Incidence Small Angle Scattering*. F. Leroy, J. Eymery, D. Buttard, G. Renaud, and R. Lazzari. A paraître dans J. of Cryst. Growth.
- [3] *Germanium growth on nanopatterned surface studied by STM*. P. Gentile, J. Eymery, F. Leroy, F. Fournel, J. Meziere, P. Perreau. A paraître dans J. of Cryst. Growth.
- [3] *(100) silicon surfacial grain boundaries obtained by direct wafer bonding process. I. Theoretical analysis of the geometrical description*. K. Rousseau, F. Fournel, J. Eymery, J.L. Rouvière, Soumis à Phil. Mag. A
- [4] *(100) silicon surfacial grain boundaries obtained by direct wafer bonding process. II. Accurate control of the structure before bonding*. K. Rousseau, J. Eymery, F. Fournel, J.P. Morniroli, J.L. Rouvière. Soumis à Phil. Mag. A
- [5] *Nanometric artificial structuration of semiconductor surfaces for crystalline growth*. J. Eymery, G. Biasiol, E. Kapon, T. Ogino. A paraître dans Comptes Rendus. Physique.