

# Rapport d'expérience : D2AM, 02-02-710

## Etude des relaxations dans le silicium-sur-isolant contraint

Participants : J. Eymery, F. Rieutord, S. Baudot, R. Köster

Local contact : J.F. Bézar

Durant la période et le temps alloué.

Des échantillons spécifiques ont été réalisés pour cette expérience par e-BEAM (faisceau d'électrons). Il s'agit de réseaux de lignes de SOI (Silicium sur Isolant) ou de sSOI (strained-SOI) de différentes largeurs  $W=50, 100, 200$  nm (correspondant à la largeur de grille de transistors) et très longues (4 mm) (voir la figure ci-dessous). Deux épaisseurs  $T_{Si}$  (10 nm et 70 nm) du film de Si ont été étudiées. La contrainte dans le SOI est obtenue par un procédé de transfert d'une couche de Si par collage moléculaire préalablement épitaxiée sur des dépôts SiGe de 20% ou 30% en germanium (collaboration société SOITEC). Le substrat et la couche de SiGe sont ensuite gravés pour n'avoir que la couche de Si sur l'oxyde. Les lignes sont orientées le long de la direction cristalline [110] du Si.

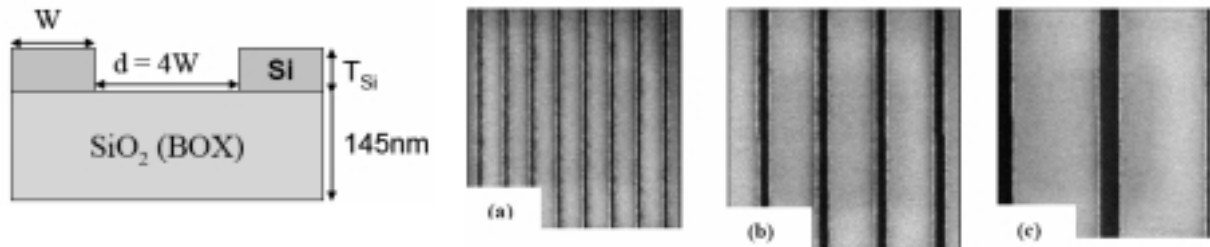
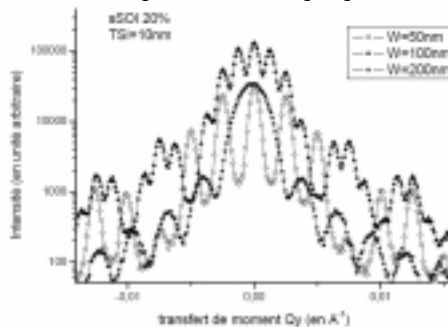
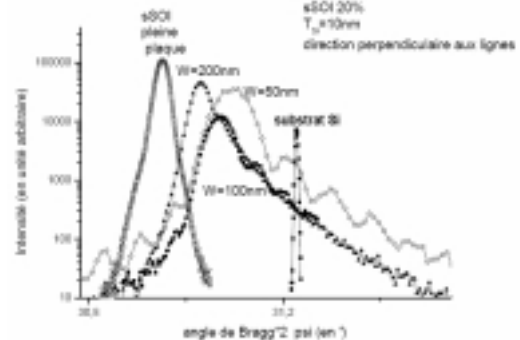


Schéma des échantillons étudiés. Lignes sSOI de différentes largeurs  $W=50, 100, 200$  nm.

La déformation, la géométrie, et la désorientation de la couche mince ont été mesurées précisément par en GIXRD rapport à la référence Si-substrat (voir les figures suivantes). Les deux orientations [11] et [1-10] ont été systématiquement analysées pour accéder à la mesure des relaxations parallèles et perpendiculaires à la grande longueur des couches.

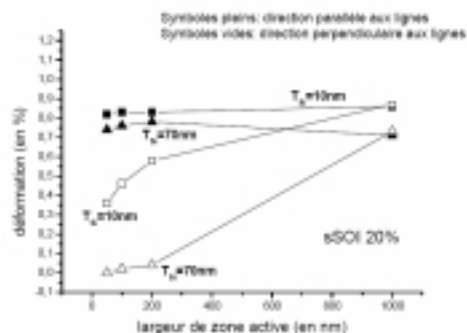
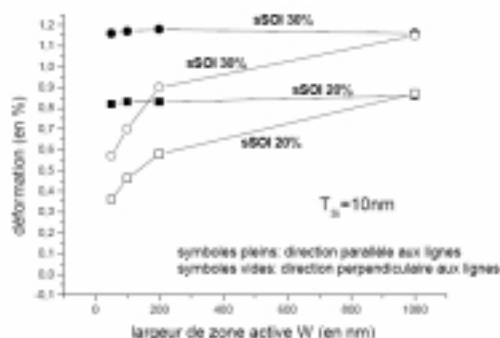


Exemples de balayages donnant la forme des motifs gravés.



Exemples de balayages donnant la contrainte dans les motifs.

L'anisotropie des relaxations en fonction de  $W$  et de  $T_{Si}$  a été analysée, comme le résument les figures et le tableau suivant (% correspond au pourcentage de relaxation de la déformation par rapport à la même couche non gravée).

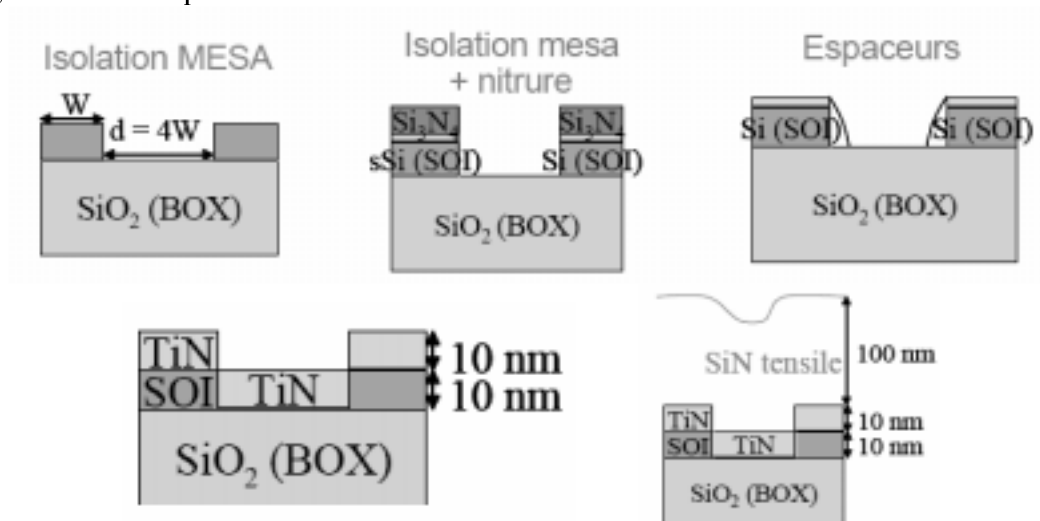


Résumé des déformations en fonction de  $W$ .

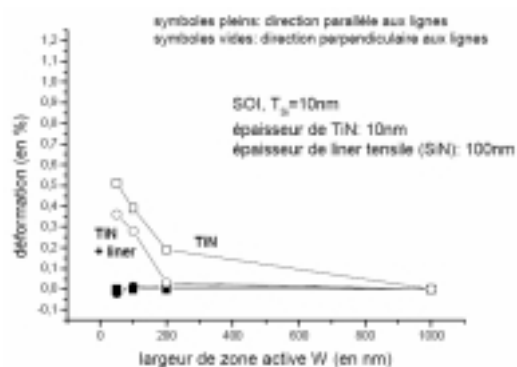
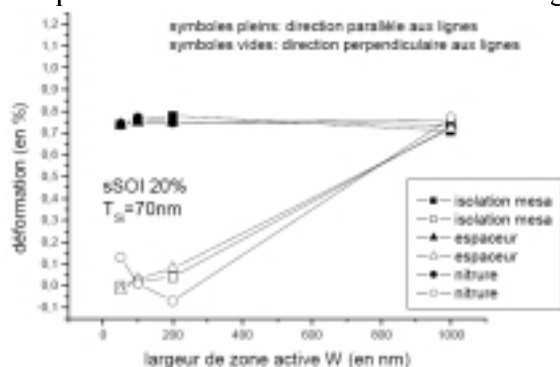
Résumé des déformations en fonction de  $T_{Si}$ .

		sSOI 20%, $T_{Si}=10nm$				sSOI 30%, $T_{Si}=10nm$				sSOI 20%, $T_{Si}=70nm$			
	$W$ (nm)	50	100	200	1000	50	100	200	1000	50	100	200	1000
220	$\epsilon$ (%)	0.82	0.83	0.83	0.86	1.16	1.17	1.17	1.16	0.74	0.76	0.78	0.71
	(%)	5.1	4.0	3.5	0.0	-0.3	-1.0	-0.8	0.0	-3.6	-6.7	-9.3	0.0
2-20	$\epsilon$ (%)	0.36	0.46	0.58	0.87	0.60	0.70	0.90	1.15	0.00	0.02	0.04	0.73
	(%)	58.7	47.1	33.1	0.0	48.1	38.7	21.8	0.0	100.4	97.4	94.8	0.0

La motivation de cette étude consiste à conserver une contrainte maximale afin d'augmenter la mobilité des porteurs dans les transistors. Aussi, avec la même méthode de GIXRD, nous avons étudié différentes solutions pour conserver la contrainte imposée lors du collage moléculaire présentées sur le schéma suivant :



Une partie des résultats est résumée sur les graphes et dans le tableau suivant :



Influence d'espaceurs et de couches de nitruration sur la relaxation de la contrainte

Influence du dépôt d'une couche de TiN sur la relaxation de la contrainte

	W (nm)	sSOI 20%, TSi=10nm				SOI (TSi=10nm) +TiN				SOI (TSi=10nm) + TiN + liner			
		50	100	200	1000	50	100	200	1000	50	100	200	1000
220	$\mu$ (%)	0.82	0.83	0.83	0.86	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.01	0.02	0.00
	(%)	5.1	4.0	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2-20	$\mu$ (%)	0.36	0.46	0.58	0.87	0.51	0.39	0.19	0.0	0.36	0.28	0.03	0.00
	(%)	58.7	47.1	33.1	0.0	-51.0	-39.0	-19.0	0.0	-36.0	-28.0	-3.0	0.0

Conclusions : Ces expériences sur D2AM ont été *extrêmement fécondes* en résultats, elles ont contribué au succès du DEA de Mlle S. Baudot qui va commencer, dans cette dynamique, une thèse dans notre laboratoire. Nous sommes très satisfait de l'accueil de D2AM et de l'équipement.

L'importance des anisotropies des relaxations de surface a pu être quantifiée et nous avons pu démontrer l'intérêt de contrôler la contrainte dans des transistors nMOS basés sur ces structures afin d'augmenter considérablement (>100%) la mobilité des porteurs (et d'autres effets positifs que je ne discuterais pas), et cela pour toutes les largeurs de grille (voir la courbe). Plusieurs publications sont en cours de rédaction pour communiquer ces résultats. Nous souhaitons donc fortement continuer ces expériences qui sont très originales, voire uniques, dans le domaine de la micro-électronique.

