

## Résumé de thèse

L'implantation d'hydrogène à forte dose est utilisée dans le procédé Smart Cut™ afin de transférer des couches de silicium assez épaisses (>200 nm) sur un autre substrat. En utilisant l'implantation à très basse énergie, la co-implantation d'H et d'He pour des doses totales bien plus faibles que celles requises lorsque l'hydrogène est implanté seul ouvre la voie à un transfert de couches beaucoup plus minces (< 50 nm). Cependant, les phénomènes mis en jeu ainsi que les mécanismes responsables de l'interaction, près de la surface libre du wafer, entre l'H et l'He, et les interstitiels et les lacunes qu'ils génèrent, restent à ce jour largement incompris.

Dans ce travail, nous avons tout d'abord déterminé l'effet de la réduction des énergies d'implantation d'H et d'He sur la formation et le développement, lors d'un recuit, des cloques qui se forment à partir de micro-fissures en l'absence d'un raidisseur collé à la plaque implantée. Une approche basée sur la comparaison entre les caractéristiques dimensionnelles des cloques obtenues expérimentalement et la simulation par éléments finis, nous a permis de déterminer la pression et la quantité d'He et d'H<sub>2</sub> hébergées dans ces cloques. En comparant ces résultats avec les doses d'ions implantées, nous avons pu mettre en évidence l'absence d'exo-diffusion d'He et d'H lors d'un recuit quelle que soit la distance entre la surface et les profils d'ions implantés, qui montre une forte efficacité des cloques à préserver les molécules. Nous avons pu identifier, puis expliquer, la différence en efficacité de coalescence des cloques en fonction de leurs positions en profondeur en la reliant à la variation de l'augmentation d'énergie élastique des cloques par rapport à leur surface.

Nous avons ensuite étudié le rôle du dommage ionique, c'est-à-dire des défauts résultants de la co-implantation d'He et d'H, sur la formation et l'évolution thermique de la microstructure du silicium implanté. Cette étude a été menée soit en fonction de l'ordre d'implantation, soit en fonction de la position nominale en profondeur du profil d'He par rapport au profil d'H, soit en fonction du ratio entre les doses d'implantation d'He et d'H. Nous avons montré que la distribution en profondeur de l'H n'est jamais affectée par la co-implantation d'He. L'He est toujours piégé dans la zone où le dommage est maximal. Lorsque le dommage est maximal dans la zone du profil d'H, l'He y diffuse et y est piégé dans des nano-bulles et/ou des microfissures. Mais si le dommage généré dans la zone où est distribué l'He est supérieur à celui généré autour du profil d'H, l'He reste piégé en dehors du profil d'H dans des nano-bulles. L'He contenue dans des nano-bulles, quelle que soit leur distribution en profondeur, ne contribue pas à la pressurisation des cloques ce qui ralentit la coalescence des cloques. Finalement, nous avons pu proposer différents scénarii permettant de rendre compte des similarités et des différences mises en évidence tant avant recuit qu'après recuit, à basse ou plus haute température selon le type d'implantation réalisé.