Mécanismes de Gravure par Plasma Délocalisé NF_3/NH_3 sur SiN et SiO_2

V. Renaud[1*], E. Pargon[1], C. Petit-Etienne[1], J. P. Barnes[2], N. Rochat[2], L. Vallier[1], G. Cunge[1], O. Joubert[1]

[1]*LTM, CNRS/UGA-Grenoble/CEA, 17 rue des Martyrs, 38054 Grenoble, Cedex 9, France*
[2]*CEA-Leti, Minatec, 17 rue des Martyrs, F-38054 Grenoble, Cedex 9, France*

Ces dernières années, la diminution constante des dispositifs micro-électronique nécessite des procédés technologiques de plus en plus précis. Pour les nœuds avancés CMOS, la gravure des matériaux doit atteindre une précision inférieure au nanomètre tout en préservant une haute sélectivité entre les matériaux ainsi que l'intégrité de la surface gravée. Cependant, les procédés plasmas conventionnels basés sur la synergie ions-radicaux atteignent leurs limites de précision et de nouveaux procédés deviennent nécessaires. N. Posseme et al. ont ainsi récemment proposé un concept de gravure utilisant deux étapes autolimitées qui dissocient l'action des radicaux et des ions [1]. La première étape consiste en la modification de la matière par des ions légers créés par un plasma capacitif d'H_2. Dans la seconde étape, la couche modifiée riche en H est enlevée de manière ultra-sélective grâce à des radicaux produits par un plasma délocalisé à haute pression. De précédents travaux ont montré l'importance de la formation de sel lors de la seconde étape sur du SiO_2 [2] et du SiN [3] avec un plasma délocalisé NF_3/NH_3. Cependant, certains mécanismes de gravure, ainsi que l'ultra-sélectivité obtenue entre la couche riche en H et celle non modifiée, restent mal compris. L'objectif de ce travail est donc, grâce à plusieurs techniques de caractérisations in situ (ellipsométrie, XPS) et ex situ (FTIR, ToF-SIMS et AFM), d'étudier les mécanismes de gravure du plasma délocalisé afin de mieux comprendre la sélectivité entre les matériaux hydrogénés ou non. Des nitrures et oxydes déposés par différents procédés ont été sélectionnés en fonction de leurs taux d'hydrogène dans le but d'établir un parallèle avec les mécanismes ayant lieu entre les matériaux implantés ou non. L'impact des paramètres du plasma délocalisé NH_3/NF_3 tels que la température, les ratios de gaz ou le temps de procédé sur les taux de gravure et la sélectivité, a ensuite été étudié. Dans un premier temps, la variation de la température nous a montré que les épaisseurs gravées des nitrures et des oxydes diminuent avec l'augmentation de la température. Le taux d'hydrogène dans le cas du nitrure semble de plus jouer un rôle décisif dans les mécanismes de gravure alors que cette tendance ne se retrouve pas dans le cas du SiO_2. La présence de sel $(NH_4)_2SiF_6$ est ainsi observable dès 80°C pour le SiN PECVD (riche en H) au lieu de 60°C pour les autres échantillons. Dans un second temps, l'étude de l'influence du temps sur la gravure (Figure 1) a permis de révéler une relation entre les épaisseurs gravées et les épaisseurs de sel (Figure 2) montrant que la formation de ces derniers est nécessaire au procédé de gravure.

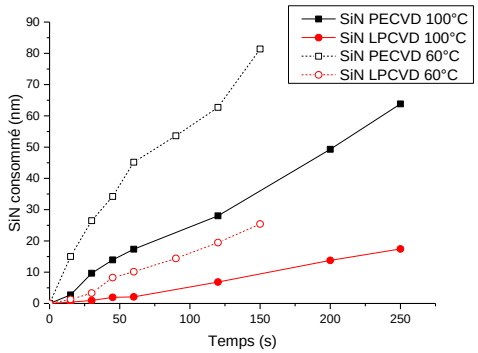

Figure 1 : Taux de gravure du SiN LPCVD et PECVD (riche en H) en fonction du temps de gravure NH_3/NF_3 pour deux températures

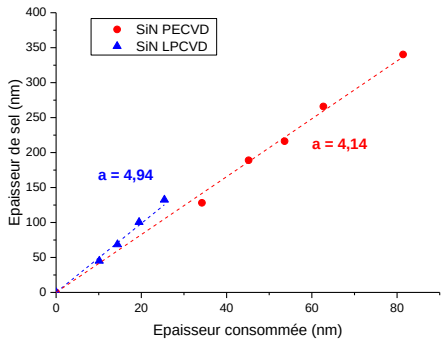

Figure 2: Epaisseurs de sel en fonction des épaisseurs de SiN consommées

Références : 1 : N. Posseme, O. Joubert, L. Vallier, brevet 12 62958, 2012.
2 : A. Tavernier, « Développement d'un procédé innovant pour le remplissage des tranchées d'isolation entre transistors des technologies CMOS avancées », Thèse, 2014.
3 : N. Posseme , V. Ah-Leung , O. Pollet , M. Garcia-Barros , and C. Arvet , J. Vac. Sci. Technol. A 34, 061301 (2016).

* e-mail : vincent.renaud@cea.fr