

高温イオン注入によるメタルゲート/high-k SOI FinFETs の高性能化

High Performance Metal Gate/high-k SOI FinFETs by Heated Ion Implantation

産総研-NeRI<sup>1</sup>, 日新イオン機器株式会社<sup>2</sup>, <sup>○</sup>水林 亘<sup>1</sup>, 鉄田 博<sup>2</sup>, 中島 良樹<sup>2</sup>, 石川由紀<sup>1</sup>, 松川 貴<sup>1</sup>, 遠藤和彦<sup>1</sup>, 柳 永勲<sup>1</sup>, 大内真一<sup>1</sup>, 塚田順一<sup>1</sup>, 山内洋美<sup>1</sup>, 右田真司<sup>1</sup>, 森田行則<sup>1</sup>, 太田裕之<sup>1</sup>, 昌原明植<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>NeRI -AIST, <sup>2</sup>Nissin Ion Equipment Co., Ltd., <sup>○</sup>W. Mizubayashi<sup>1</sup>, H. Onoda<sup>2</sup>, Y. Nakashima<sup>2</sup>, Y. Ishikawa<sup>1</sup>, T. Matsukawa<sup>1</sup>, K. Endo<sup>1</sup>, Y. X. Liu<sup>1</sup>, S. O'uchi<sup>1</sup>, J. Tsukada<sup>1</sup>, H. Yamauchi<sup>1</sup>, S. Migita<sup>1</sup>, Y. Morita<sup>1</sup>, H. Ota<sup>1</sup>, and M. Masahara<sup>1</sup>  
 E-mail: w.mizubayashi@aist.go.jp

【はじめに】14nm 技術世代以細の Si チャネル FinFETs において Fin 厚は 10nm 以下まで薄膜化される。極薄 FinFETs において、通常のイオン注入ではソース/ドレイン(S/D) Extension の抵抗増大が課題となる。これは、イオン注入により極薄 Fin 領域全面がアモルファス状態となるため、活性化アニールを行ったとしても多結晶が形成され、また、欠陥が生成される[1]。最近、サンプルを加熱しながらイオン注入する高温イオン注入が注目されている[2, 3]。高温イオン注入の場合、イオン注入された領域は結晶状態が保たれ、活性化アニールにより欠陥フリーな結晶が得られる[2]。さらに、高温イオン注入により、バルク n 型 FinFETs において  $I_{on}$ - $I_{off}$  特性の改善が報告されている[3]。

本研究では、高温イオン注入が極薄 SOI 層の結晶状態、メタルゲート/high-k SOI n 型 FinFETs のオン電流に及ぼす影響を調べた。

【実験方法】厚さ 11nm の(110)SOI 層に FinFETs のソース/ドレイン Extension 形成と同条件で室温もしくは高温 (注入温度: 500°C) イオン注入を行い (イオン注入条件:  $As^+$ , 5keV,  $10^{15}cm^{-2}$ ) (図 1(a), 2(a))、活性化アニール前後の SOI 層を断面 TEM 観察した。

メタルゲート/high-k SOI n 型 FinFETs を作製した。(110)fin チャネルを(100) SOI 上に形成した。Doped-poly-Si/TiN/HfO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub> ゲートスタックを形成し、パターニングを行った。S/D Extension は、室温もしくは高温 (注入温度: 500°C) イオン注入により形成した (イオン注入条件:  $As^+$ , 5keV, 全注入量  $2 \times 10^{15}cm^{-2}$ )。915°C、2 秒の活性化アニールを行った。最後に、配線工程を行った。

【結果及び考察】高温イオン注入が極薄 Fin の結晶状態に及ぼす影響を理解するため、断面 TEM 観察により室温もしくは高温イオン注入後の極薄 SOI 層の結晶状態を調べた (図 1、2)。室温イオン注入の場合、イオン注入後、SOI 層全体がアモルファス層となる (図 1(b))。活性化アニール後、多結晶及び双晶が形成される (図 1(c))。これは、イオン注入後の SOI 層に種結晶が無いので、結晶回復出来ないことを意味する。一方、高温イオン注入では、イオン注入後も結晶状態が維持される (図 2(b))。さらに、活性化アニールにより結晶回復する (図 2(c))。つまり、高温イオン注入により、極薄 Fin 領域へ欠陥フリーな S/D Extension 形成が可能となる。

図 3 に n 型 FinFETs における  $I_{on}$  分布を示す。高温イオン注入を行った FinFETs は、室温イオン注入に比べ、 $I_{on}$  が向上する。これは、高温イオン注入における S/D Extension の抵抗が室温イオン注入に比べ小さいためである。従って、高温イオン注入により SOI FinFETs の性能向上が可能となる。

[参考文献] [1] R. Duffy et al., ESSDERC, p.334 2008. [2] H. Onoda et al., Ext. Abs. the 13th Int. Workshop on Junction Tech., p. 66, 2013. [3] M. Togo et al., Symp. on VLSI Tech. Dig., p. T196, 2013.

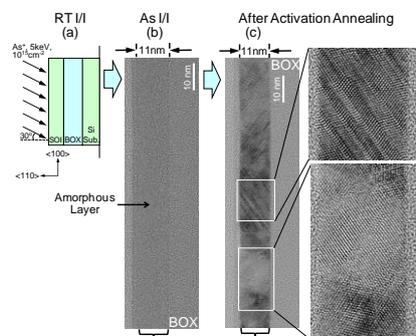


Fig. 1. (a) Schematic illustration of RT I/I, (b) cross-sectional TEM image of 11-nm-thick SOI just after RT I/I, and (c) 11-nm-thick SOI after annealing.

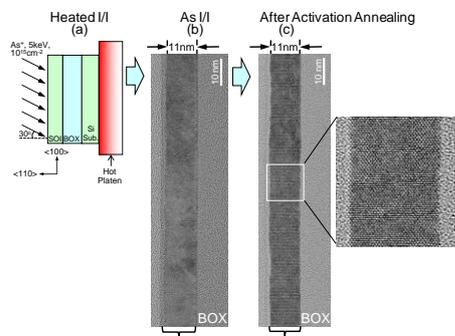


Fig. 2. (a) Schematic illustration of heated I/I, (b) cross-sectional TEM image of 11-nm-thick SOI just after heated I/I, and (c) 11-nm-thick SOI after annealing.

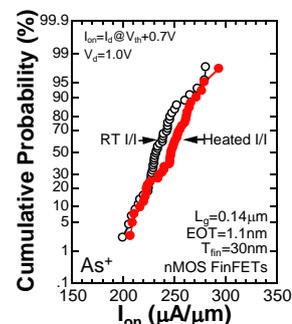


Fig. 3.  $I_{on}$  distributions in nMOS FinFETs and processed by RT I/I or heated I/I.