

ゲートスタック中への Al 導入による Ge p-MOSFET の正孔移動度向上

Hole mobility enhancement in Ge p-MOSFET due to introduction of Al into gate stack

九大・大学院総合理工学府¹, 九大・産学連携センター²,

○永富 雄太¹, 田中 慎太郎¹, 建山 知輝¹, 山本 圭介², 王 冬¹, 中島 寛²

I-Eggs, Kyushu Univ.¹, KASTEC, Kyushu Univ.², ○Yuta Nagatomi¹, Shintaro Tanaka¹,

Tomoki Tateyama¹, Keisuke Yamamoto², Dong Wang¹, Hiroshi Nakashima²

E-mail: 3ES14011E@s.kyushu-u.ac.jp

1. はじめに

近年、極薄の EOT を有する Ge MOSFET の報告が多くなされている[1]. このような低 EOT 領域の MOSFET の性能向上には、S/D の寄生抵抗(R_p)の低減と絶縁膜/Ge 界面の高品質化が不可欠である. 我々グループは、PtGe を S/D 領域に用いることで小さな R_p を実現している[2]. また、絶縁膜/Ge 界面の高品質化については、Al 堆積後熱処理(Al-PMA)効果を報告している[3]. この効果を使えば、界面欠陥が低減して p-MOSFET の正孔移動度が向上する. しかし、その移動度向上の機構については未だ解明されていない. 今回、我々はその機構について、PMA 温度と界面準位密度(D_{it})との関係、PMA による界面の構造変化、および PMA 温度と p-MOSFET のチャネル移動度との関係、を詳細に調査したのでその結果を報告する.

2. 試料作製

使用した p-および n-形(100)基板の抵抗率はそれぞれ 0.38 および 0.29 Ωcm である. Ge 基板を化学洗浄後、bilayer passivation(BLP)法によって 0.5 nm-SiO₂/1 nm-GeO₂ の界面層を形成した. BLP 法は、350°C での SiO₂ スパッタ堆積中に酸素ガスを添加することで、SiO₂/Ge 間に GeO₂ を成長させる物理気相堆積法で、高品質な界面特性が得られる[3]. 続いて同一真空中において室温で 5 nm-SiO₂ を堆積し、400°C-30 min の熱処理を施した. その後、100 nm-Al を真空蒸着し、300~400°C の範囲の温度で 30 min の金属堆積後熱処理(PMA)を行い、電極を加工して MOS キャパシタ(CAP)を作製した. 比較として PMA 無し試料も作製した. このゲートスタックと PtGe-S/D を用いて p-MOSFET を作製した.

3. 電気特性

作製した全 MOSCAP において典型的な C-V 特性が得られた. これらの特性から算出したフラットバンド電圧(V_{fb})およびヒステリシス(HT)と PMA 温度との関係を Fig. 1 に示す. PMA 温度の増加に伴い、 V_{fb} が正方向へシフトし、HT が低減している. これは、文献[3]の結果と一致しており、PMA 温度の増加に伴い絶縁膜中の負の固定電荷が増えたこと、および界面欠陥が低減したことを示唆している. 一定温度 DLTS[4]から得られた D_{it} のエネルギー分布を Fig. 2 に示す. PMA を施すことでギャップ下半分のエネルギー範囲で D_{it} が低減している. しかし、PMA 温度の違いによる D_{it} の差はほとんど見られない. 界面近傍の構造変化を調査するために、TOF-SIMS 分析を行った(Fig. 3). Al-PMA を施した試料では、SiO₂ 中に Al が観測されること、GeO₂ の信号強度が減少していることが分かった. 更に、XPS の調査から、Al-PMA 処理により GeO₂ は AlGeO_x に変化していることが分かった. これらの結果から、PMA によって Al 原子が SiO₂ 中を拡散して界面まで到達すると、Al が GeO₂ 中に取り込まれることが明確化した. それに伴い、負の固定電荷が増加し、界面欠陥が終端されると考えられる. 以上の Al-PMA 効果の機構をベースにして、p-MOSFET の正孔移動度向上の機構を本講演で議論する.

参考文献: [1] R. Zhang et al., APL. **98** (2011) 112902. [2] Y. Nagatomi et al., JJAP. **54** (2015) 070306. [3] K. Hirayama et al., JJAP. **50** (2011) 04DA10. [4] D. Wang et al., JAP. **112** (2012) 083707.

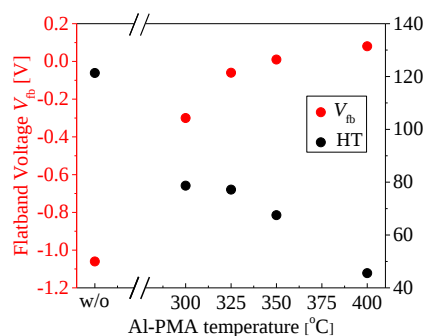


Fig. 1 V_{fb} and HT plots as a function of PMA temperature.

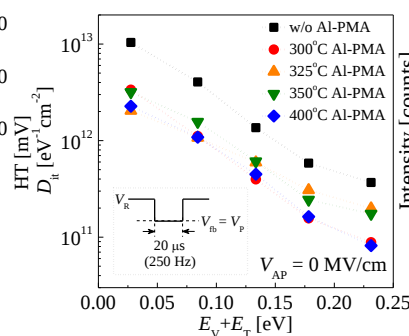


Fig. 2 D_{it} energy distributions of the fabricated Ge MOSCAPs.

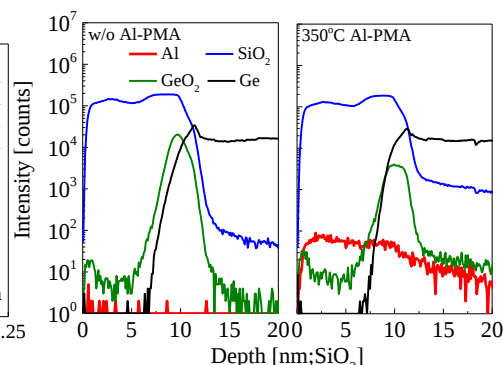


Fig. 3 TOF-SIMS analysis of the samples with and without PMA.