

Ge ゲートスタック形成のための 酸素中性粒子ビームを用いた Al/Ge 同時酸化プロセス Al/Ge Simultaneous Oxidation Process by using Oxygen Neutral Beam for Ge Gate Stack

東北大流体研¹、東北大 WPI-AIMR²

○中山 大樹¹、大野 武雄²、北城 雅基¹、寒川 誠二^{1,2}

○Daiki Nakayama¹, Takeo Ohno², Masaki Kitajo¹, and Seiji Samukawa^{1,2}

E-mail: samukawa@ifs.tohoku.ac.jp

[序論] Ge 半導体は Si に代わる pMOSFET の高移動度チャネル材料として注目されている。Ge-MOSFET の実用化に当たっては、Ge 基板とゲート絶縁膜の界面準位密度(D_{it})の増加を抑制してかつ等価酸化膜厚(EOT)を薄膜化することが重要な課題となっている。Al₂O₃/GeO_x/Ge 構造は Ge ゲートスタックとしては低い D_{it} を持ち安定した界面が得られることが知られているが、大気暴露による GeO₂ の吸湿がその特性を劣化させる恐れがあるため、Ge 基板上への Al₂O₃ 薄膜堆積後に酸化を行う postoxidation 法が検討されている[1]。我々のこれまでの研究により、低温・超低損傷中性粒子ビーム酸化(NBO)プロセスを用いて Al₂O₃ 膜を介した postoxidation を行った場合、高ビームエネルギーによる NBO を行うことで GeO₂/GeO_x 比率が大きくなり、同時に D_{it} が減少することが分かった[2]。しかしながらこの場合でも、NBO 前に Al₂O₃/Ge 界面にわずかに存在する GeO_x が界面準位密度を上昇させていることが示唆された。本研究では、低 D_{it} かつ低 EOT の Ge ゲートスタックを形成するために、界面に自然酸化膜が存在しない Al と Ge を同時に NBO 酸化するプロセスを適用することで良好な特性を示す Al₂O₃/GeO_x 界面の実現を試みた。

[実験] HF 処理により自然酸化膜を除去した Ge 基板上に超高真空電子ビーム蒸着によって Al 膜を堆積し、その後 NBO を行うことで AlO_x/GeO_x/Ge 構造を形成した。NBO 条件は 10~80 eV のビームエネルギー、基板温度は 300°C と低温である。作製した AlO_x/GeO_x/Ge 構造を XPS で分析し、Ge3d スペクトルを Ge⁰⁺、Ge¹⁺、Ge²⁺、Ge³⁺ および Ge⁴⁺ にピーク分離して GeO_x 由来の信号(Ge¹⁺、Ge²⁺、Ge³⁺、Ge⁴⁺ の合計)の強度に占める GeO₂ 由来の信号(Ge⁴⁺)の強度の比を算出し、GeO₂/GeO_x ratio と定義した。

[結果・考察] 図 1 に膜厚 1 nm の Al 膜と Ge 基板の NBO 同時酸化を行った場合、および膜厚 1 nm の Al₂O₃ を介して NBO postoxidation を行った場合の GeO₂/GeO_x ratio を示す。ビームエネルギー 80 eV の NBO を行った場合、どちらの方法も同じ厚さ(0.9 nm)の GeO_x 膜が形成されたにもかかわらず、Al/Ge 同時酸化における GeO_x 膜中の GeO₂ の割合が高いという結果が得られた。また、XPS 分析結果から Al 膜の酸化も確認された。今後は、Al/Ge の同時 NBO 酸化を適用した AlO_x/GeO_x/Ge ゲートスタックの特性評価を行っていく予定である。

[謝辞] 本研究は、文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業（NIMS 微細加工プラットフォーム）の支援を受けて実施されました。

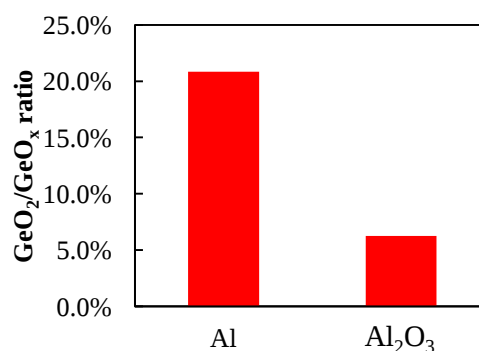


図 1 Comparison of Al/Ge simultaneous oxidation with Al₂O₃/Ge postoxidation using NBO oxidation process.

[1] R. Zhang et. al., Tech. Dig. IEDM (2011) 642.

[2] 中山 他, 第 74 回応用物理学会秋季学術講演会 17p-B5-13 (2013).