

課題番号 : F-14-NU-0005
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名 (日本語) : 次世代半導体デバイスのための材料およびプロセス開発研究
 Program Title (English) : Research and development of materials and processes for next-generation semiconductor devices
 利用者名 (日本語) : 柴山茂久^{1,2)}
 Username (English) : S. Shibayama^{1,2)},
 所属名 (日本語) : 1) 名古屋大学大学院工学研究科, 2) 日本学術振興会特別研究員
 Affiliation (English) : 1) Graduate School of Engineering, Nagoya University, 2) Research Fellow of JSPS, 3) EcoTopia Science Institute, Nagoya University

1. 概要 (Summary)

Fin 型およびナノワイヤ等の立体構造 Ge チャンネル MOSFET 上へのゲート絶縁膜には、 10^{11} eV⁻¹cm⁻² 以下の低い界面準位密度 (D_{it})、と複雑な構造上への均一な厚さの膜形成が求められる。我々は、パルス有機金属化学気相堆積法 (パルス MOCVD) による、テトラエトキシゲルマニウム (TEOG) および H₂O の交互供給による、GeO₂ 界面制御層の形成を試みている。今回、MOCVD 法により作製した GeO₂ 膜 (堆積-GeO₂) が high-k/Ge 構造の界面層として有力に機能することを見出した。

2. 実験 (Experimental)

・利用した主な装置
 X 線光電子分光装置

・実験方法

p 型 Ge(001) 基板を希フッ酸洗浄後、原子層堆積 (ALD) 装置において、TEOG および H₂O の交互供給により、基板温度 300°C で堆積-GeO₂ を作製した。比較のため、熱酸化法を用いて GeO₂ 膜を 300°C で作製した (熱酸化-GeO₂)。その後、作製した堆積-GeO₂/Ge 構造および熱酸化-GeO₂/Ge 上に、ALD 法によって膜厚 4 nm の Al₂O₃ 膜を 300°C で堆積した。最後に、真空蒸着法により Al 電極を形成し、MOS キャパシタを作製した。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

堆積-GeO₂/Ge 構造および、熱酸化-GeO₂/Ge 構造上への Al₂O₃ 膜堆積前後の Ge 酸化物面密度の関係を X 線光電子分光 (XPS) 法によって調べた (Fig. 1)。Al₂O₃ 膜堆積にともなう還元作用による Ge 酸化物面密度の減少量は、堆積-GeO₂ の方が少なく、堆積-GeO₂ は熱酸化-GeO₂ と比較して、Al₂O₃ 膜堆積時のエッチング耐性に優れることがわかった。さらに、Al₂O₃ 膜堆積後の Ge 酸化物面密度がおおよそ等しい ($\sim 3 \times 10^{15}$ cm⁻²) Al₂O₃/堆積-GeO₂/Ge 構造および Al₂O₃/熱酸化-GeO₂/Ge キャパシタ構造の電気的特性から、界面準位密度のエネルギー分布を調べたところ、Al₂O₃/Ge 界面への GeO₂ 膜挿入により、ミッドギャップ付近の界面準位密度を低減できることがわかった。

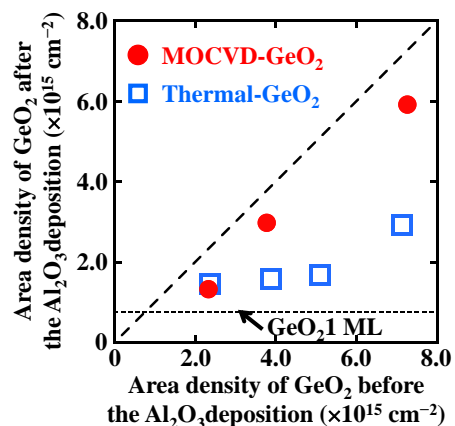


Fig. 1 The relationship between the area density of GeO₂ layers after and before the 4-nm-thick Al₂O₃ deposition at 300 °C.

4. その他・特記事項 (Others)

- ・本研究の一部は、日本学術振興会・科学研究費補助金・基盤研究(S) (課題番号:26220605) の助成を受けて推進された。
- ・名古屋大学大学院工学研究 坂下満男 助教、竹内和歌奈 助教、中塚理 准教授、名古屋大学エコトピア科学研究所 財満鎮明 教授に感謝致します。

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

- (1) S. Shibayama *et al.*, Appl. Phys. Lett. **106**, 062107 (4 pages) (2015).
- (2) “パルス MOCVD 法により作製した GeO₂ 薄膜を用いたゲートスタック構造の界面構造と電気的特性”, 柴山茂久 他, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学, 2014 年 9 月 17~20 日.
- (3) “GeO₂ 薄膜の正方晶形成による化学的安定性の向上”, 柴山茂久 他, 特別研究会「ゲートスタック研究会—材料・プロセス・評価の物理—」(第 20 回研究会), pp. 185-188 (2015).

6. 関連特許 (Patent)

特許出願済み。