

マイクロ波生成原子状酸素を酸化剤として用いた ALD 法による Ge 基板上への Al ジャーマネイト薄膜の自発的形成

Spontaneous formation of aluminum germanate on Ge substrate by atomic layer deposition
with microwave-generated atomic oxygen

諏訪東京理科大学¹, 山梨大学², 弘前大学³

○梁池昂生¹, 花田毅広¹, 石崎博基¹, 王谷洋平¹, 山本千綾²,

山中淳二², 佐藤哲也², 岡本浩³, 福田幸夫¹

Tokyo Univ. of Science, Suwa¹, Univ. of Yamanashi², Hirosaki Univ.³

○K. Yanachi¹, T. Hanada¹, H. Ishizaki¹, Y. Otani¹, C. Yamamoto²,

J. Yamanaka², T. Sato², H. Okamoto³, and Y. Fukuda¹

E-mail: y-fukuda@rs.suwa.tus.ac.jp

1. はじめに III 族元素である Al や La の germanate は、Ge 基板との界面において Ge の禁制帯内に欠陥を生成しないことが理論的に予想されている。¹ 今回、酸化剤としてマイクロ波生成原子状酸素を用いた ALD 法による Ge 基板上への Al_2O_3 薄膜形成について検討した結果、Al germanate が自発的に形成されることを確認したので報告する。

2. 実験方法 トリメチルアルミニウム(TMA)とマイクロ波生成原子状酸素の交互供給により p-Ge(100)基板上に Al_2O_3 を形成した。Fig.1 に本実験に用いたプロセス条件下におけるマイクロ波生成酸素プラズマの発光スペクトルを示す。中性 Ar から発光に加えて励起状態原子状酸素からの発光が波長 777 nm と 845 nm において観察された。また、中性酸素分子やイオンからの発光が見られないことから、本 ALD における酸化剤は原子状酸素であると言える。 Al_2O_3 堆積後、上部電極として Al、下部電極として Ti を堆積して MOS 構造を形成した後 $\text{N}_2+10\%\text{H}_2$ 雰囲気中で 400°C -30 分間の PDA 処理を行い、電気的評価を行った。

3. 実験結果 Fig.2 に基板温度 300°C 、40 サイクルで得られた試料の(a) 断面 TEM 像と(b) STEM-EDX により得られた Al、Ge および O 元素の定性的線分析結果を示す。これより、得られた膜は Al germanate であることが分かる。また、成膜速度は 0.28 nm/cycle であり、酸化剤として水を用いた ALD 法の 2.4 倍である。Fig. 3 (a)に、室温測定で得られた C-V および G-V 特性の等価回路変換により得られた G_p/ω -V 特性を示す。反転領域において明確な G_p/ω ピークの測定周波数依存性が見られ、これらの値から Fig.3 (b)に示す界面トラップ準位密度 D_{it} のエネルギー分布が得られる。Midgap 近傍における値は $2 \times 10^{11} \text{cm}^{-2} \text{eV}^{-1}$ である。

4. まとめ 以上、酸化剤としてマイクロ波生成原子状酸素を用いた ALD 法により Ge 基板上に Al germanate が自発的に形成されることを示した。

【謝辞】 本研究は一部科研費(基盤研究(C)22560307)の補助のもとに行われた。

【文献】¹M. Houssa *et al.*, APL **92**, 242101 (2008).

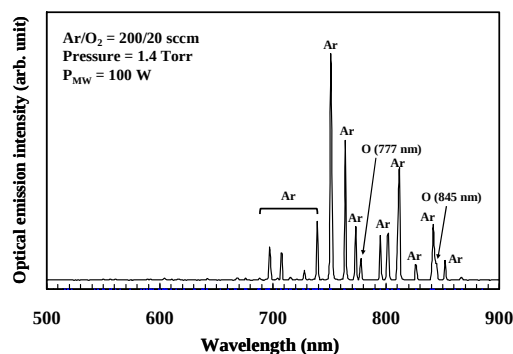


Fig.1. Optical emission spectrum from the microwave-generated remote plasma.

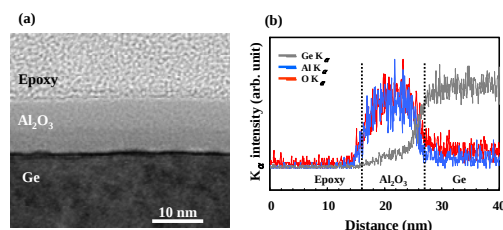


Fig.2. (a) Cross-sectional TEM image. (b) Line profiles of characteristic X-ray K_α -line intensities of Al, Ge, and O.

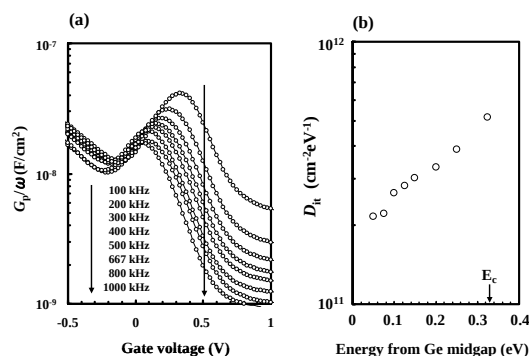


Fig.3. (a) G_p/ω -V relationship as a function of measurement frequency. (b) Energy distribution of interface trap densities in the upper half of the Ge band gap.