

# Radical-Enhanced ALD 法による Ge 基板上 Al ジャーマネイトの形成機構に関する検討

Study on the formation of Al germanate on Ge substrate by radical-enhanced ALD

諏訪東京理科大学<sup>1</sup>, 山梨大学<sup>2</sup>, 弘前大学<sup>3</sup>

横平知也<sup>1</sup>, 梁池昂生<sup>1</sup>, 柳炳學<sup>2</sup>, 山本千綾<sup>2</sup>, 山中淳二<sup>2</sup>, 佐藤哲也<sup>2</sup>, 岡本浩<sup>3</sup>, 福田幸夫<sup>1</sup>

Tokyo Univ. of Science, Suwa,<sup>1</sup> Univ. of Yamanashi,<sup>2</sup> Hirosaki Univ.<sup>3</sup>

T. Yokohira,<sup>1</sup> K. Yanachi,<sup>1</sup> B. Yoo,<sup>2</sup> C. Yamamoto,<sup>2</sup> J. Yamanaka,<sup>2</sup> T. Sato,<sup>2</sup>

H. Okamoto,<sup>3</sup> and Y. Fukuda<sup>1</sup>

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

1. はじめに III 族金属のジャーマネイトは Ge 基板と電子的に良好な界面を形成することが理論的に予想されており<sup>(1)</sup>、high- $\kappa$ /Ge の中間層として期待されている。一方、我々は TMA とマイクロ波リモートプラズマ生成酸素ラジカル<sup>(2)</sup>の交互供給により Ge 基板上に  $\text{Al}_2\text{O}_3$  を形成する過程において Al ジャーマネイトが自発的に形成されることを報告してきた<sup>(2)</sup>。Al ジャーマネイトが形成されるためには、成長表面において吸着 Al 原子と下地 Ge 原子との置換反応が必要となる。本研究では、上記ジャーマネイト形成機構を理解する目的で、表面反応に関わる酸素ラジカルやイオンの役割を検討したので報告する。

2. 実験方法 まず、Al ジャーマネイトの形成に関わるイオンの役割を明らかにするために、リモートプラズマ源と成膜室の間に接地金属メッシュを配置し、この有無による基板表面上でのプラズマの状態を Langmuir プローブ法により測定した。次に、金属メッシュの有無の条件下で TMA と酸素ラジカル<sup>(2)</sup>の交互供給により p-Ge(100) 基板上に  $\text{Al}_2\text{O}_3$  を形成し、得られた膜に対して XPS、HR-TEM、HAADF 分析を行った。成膜条件は  $\text{Ar}/\text{O}_2=200/20$  sccm、圧力 1.4 Torr、マイクロ波パワー 100 W、基板温度 300 °C である。

3. 実験結果 Fig.1 に金属メッシュの有無によるプローブ電流の変化を示す。メッシュの挿入により、イオン電流密度が数十分の 1 に低減されていることが分かる。解析の結果シース電位は 5.4 V であった。Fig.2 は、それぞれ (a) メッシュ有り及び (b) メッシュ無しの条件で形成した試料の断面 TEM 像である。メッシュ有りの試料では界面層が観察されないが、メッシュ無しの試料では数ナノメートル厚の界面層が  $\text{Al}_2\text{O}_3$  と Ge の間に形成されていることが分かる。Fig.3 は Fig.2 (b) の HAADF 像である。界面層に相当する部分は組成傾斜の Al ジャーマネイト<sup>(2)</sup>であると推定される。

4. まとめ 以上、REALD 法による Ge 基板上への Al ジャーマネイト形成について検討した。比較実験結果より、ジャーマネイトの形成機構には、数 eV 程度の低エネルギーイオン照射により誘起される Al と Ge 原子の置換反応が関与していると思われる。

謝辞 本研究は一部科研費の助成のもとに行われた。

文献 (1) M. Houssa *et al.*, APL 92, 242101 (2008). (2) Y. Fukuda *et al.*, APL 102, 132904 (2013).

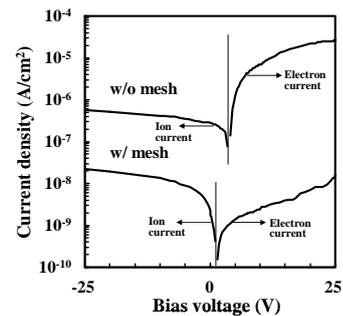


Fig.1.  $I_p$  versus  $V_p$  measured with and without metal mesh.

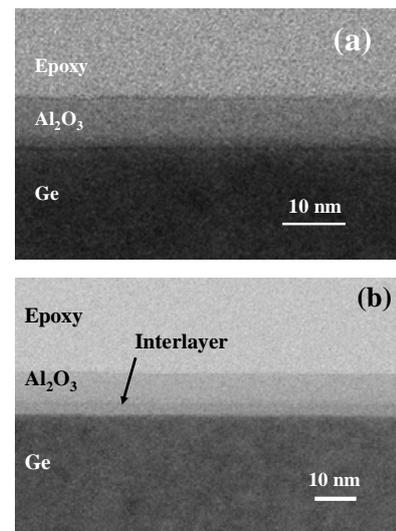


Fig.2. X-TEM images of the samples grown (a) with mesh and (b) without mesh.

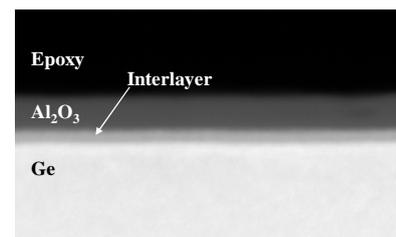


Fig.3. HAADF image of the sample grown without mesh.