

異なる酸素源を用いた酸化ガリウムハライド気相成長の比較

Comparison of β -Ga₂O₃ Homoepitaxial Growth by Halide Vapor Phase Epitaxy Using Different Oxygen Sources

東京農工大院工¹, 株式会社タムラ², 東京農工大 GIR³, 情通機構⁴, リンチョーピン大⁵

○小西 敬太¹, 後藤 健^{2,1}, 富樫 理恵^{1,3}, 村上 尚^{1,3}, 東脇 正高⁴,

倉又 朗人², 山腰 茂伸², Bo Monemar^{3,5}, 熊谷 義直^{1,3}

Tokyo Univ. of Agri. & Tech.¹, Tamura Corporation², TUAT GIR³, NICT⁴, Linköping Univ.⁵

○Keita Konishi¹, Ken Goto^{2,1}, Rie Togashi^{1,3}, Hisashi Murakami^{1,3}, Masataka Higashiwaki⁴,

Akito Kuramata², Shigenobu Yamakoshi², Bo Monemar^{3,5}, and Yoshinao Kumagai^{1,3}

E-mail: keitakonishi@go.tuat.ac.jp

ハライド気相成長(HVPE)法は、高純度な酸化ガリウム(Ga₂O₃)厚膜を高速成長することができる方法として期待されている[1,2]。しかしながら、HVPE で用いる酸素源の違いが Ga₂O₃ の成長へ与える影響については報告されていない。本研究は、Ga₂O₃ 成長時の酸素源として O₂ と H₂O を用いた場合の熱力学解析と成長膜の比較・評価を行った。

n 型 Sn ドープ β -Ga₂O₃ (001)基板上へ大気圧 HVPE 装置を用いて Ga₂O₃ 成長を行った。Ga 源には一塩化ガリウム(GaCl)、酸素源には O₂ または H₂O を使用した。キャリアガスには窒素を用いた。GaCl は、850°C に保持した Ga 金属と Cl₂ ガスとの反応により生成した。GaCl の供給分圧は 1×10^{-3} atm とし、成長時の VI/III 原子供給比は 10 に固定した。

図 1 は、各酸素源で成長した Ga₂O₃ の成長速度の成長温度依存性を示している。両酸素源を用いた場合において、成長温度によらず成長速度はほぼ一定で、O₂ を使用した時の成長速度が約 8.5 $\mu\text{m/h}$ となり、H₂O を用いた場合の約 2 倍の成長速度であった。破線は、熱力学解析で求めた各酸素源を用いた時の Ga₂O₃ 成長の駆動力($\Delta P_{\text{Ga}_2\text{O}_3}$)を、成長速度 = $K_g \cdot \Delta P_{\text{Ga}_2\text{O}_3}$ (K_g : 物質輸送係数) でフィッティングした結果であり、実験結果が熱力学に従っていることが分かる。図 2 は、成長温度を 1000°C とし、各酸素源を用いて成長した Ga₂O₃ 厚膜中の SIMS 不純物濃度の結果である。右側の矢印は、各元素のバックグラウンド/検出限界を示している。これより、酸素源として O₂ を用いた場合、Si 不純物濃度は検出限界以下であったが、酸素源として H₂O を用いた場合、Si 不純物濃度が約 $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ と高い値となること分かる。Ga₂O₃ 膜中に Si 不純物が取り込まれる原因としては、H₂O を酸素源に用いた場合には完全非水系とは成らず、石英ガラス製の反応炉壁が水素で還元され、Si が放出されるためであると考えられる。熱力学解析、結晶構造および電気的特性の詳細は当日報告する。

本研究の一部は、総合科学技術・イノベーション会議の SIP (戦略的イノベーション創造プログラム)「次世代パワーエレクトロニクス」(管理人:NEDO)、科研費新学術領域研究 No.16H06417、および科研費基盤研究(C)No.16K04944 によって実施されました。

[1] K. Nomura *et al.*, J. Cryst. Growth, **405**, 19 (2014).

[2] H. Murakami *et al.*, Appl. Phys. Express, **8**, 015503 (2015).

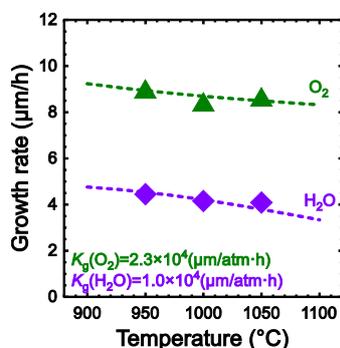


Fig. 1 Experimental and thermodynamically estimated growth rates of Ga₂O₃ at various temperatures using O₂ and H₂O as oxygen sources.

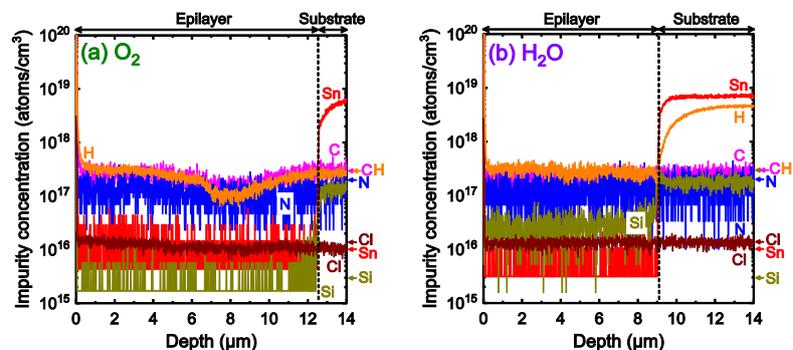


Fig. 2 SIMS depth profiles of Ga₂O₃ homoepitaxial layers grown at 1000°C using (a) O₂ and (b) H₂O. Arrows indicate background concentrations or detection limits of each impurity in the SIMS system.