

Ga 源に GaCl₃ 又は GaCl を用いる Ga₂O₃ HVPE 成長の熱力学解析

Thermodynamic Study on HVPE of Ga₂O₃ Using GaCl₃ or GaCl as a Ga Source

東京農工大院¹, 上智大理工², 東京農工大 IGIR³

加茂 崇¹, 三浦 遼¹, 竹川 直¹, 富樫 理恵², 後藤 健¹, 熊谷 義直^{1,3}

Tokyo Univ. of Agri. and Tech.¹, Sophia Univ.², TUAT IGIR³

Takashi Kamo¹, Ryo Miura¹, Nao Takekawa¹, Rie Togashi², Ken Goto¹, Yoshinao Kumagai^{1,3}

E-mail: s193394v@st.go.tuat.ac.jp

β -Ga₂O₃ は 4.5 eV の広いバンドギャップを有し、高耐圧・低損失パワーデバイス材料として注目を集めている。Ga 源に GaCl₃ 又は GaCl の使用が可能である HVPE 法において、我々の研究グループは、GaCl と O₂ を原料ガス、N₂ (inert gas: IG) をキャリアガスとした系 (GaCl-O₂-IG 系) の熱力学解析を実施し、1000 °C での高純度層の高速成長 (~10 μ m/h) を報告している^{1,2)}。しかし、この系は Ga₂O₃ 生成反応の平衡定数が大きい為、O₂ 供給分圧を高くすると気相中で Ga₂O₃ 粉体が形成されやすいという課題がある。本研究では、平衡定数の小さい GaCl₃-O₂-IG 系¹⁾を用いた Ga₂O₃ 成長の熱力学解析を行い、GaCl-O₂-IG 系と比較することで成長挙動の差異を検討した。

上述した両系共に、反応管内では、GaCl, GaCl₂, GaCl₃, (GaCl₃)₂, GaO, Ga₂O, Ga, O₂, Cl₂ 及び IG の 10 ガス種が共存する。成長温度 (T_g)、全圧 (P_{tot})、GaCl₃ 又は GaCl 供給分圧 (P_{GaClx}^0 , $x = 3$ or 1)、VI/III 供給比 ($2P_{O_2}^0 / P_{GaClx}^0$) で定まる成長条件下で、各ガス種の平衡分圧 P_i を求め、Ga₂O₃ 成長の駆動力 [$\Delta P_{Ga_2O_3} = 1/2 \{P_{GaClx}^0 - (P_{GaCl} + P_{GaCl_2} + P_{GaCl_3} + 2P_{(GaCl_3)_2} + P_{GaO} + 2P_{Ga_2O} + P_{Ga})\}$] を算出した。

Fig. 1 は、 $P_{tot} = 1.0$ atm, $P_{GaClx}^0 = 1.0 \times 10^{-3}$ atm とした時の、GaCl₃-O₂-IG 系及び GaCl-O₂-IG 系における $\Delta P_{Ga_2O_3}$ の成長温度依存性を様々な VI/III 供給比に対し計算した結果である。VI/III = 10 で比較すると、GaCl₃-O₂-IG 系は、1000 °C で成長可能であるものの、 $\Delta P_{Ga_2O_3}$ は大幅に低下している。一方、GaCl₃-O₂-IG 系では、高 VI/III 供給比にすることで、GaCl-O₂-IG 系と同等の $\Delta P_{Ga_2O_3}$ が得られるようになる。従って、GaCl₃-O₂-IG 系は、高い VI/III 供給比で高速成長が生じる系であることが示唆される。

本研究の一部は科研費新学術領域研究 No. 16H06417 及び東京農工大学グローバルイノベーション研究院の援助を受けた。

1) K. Nomura *et al.*, JCG **405**, 19 (2014).

2) H. Murakami *et al.*, APEX **8**, 015503 (2015).

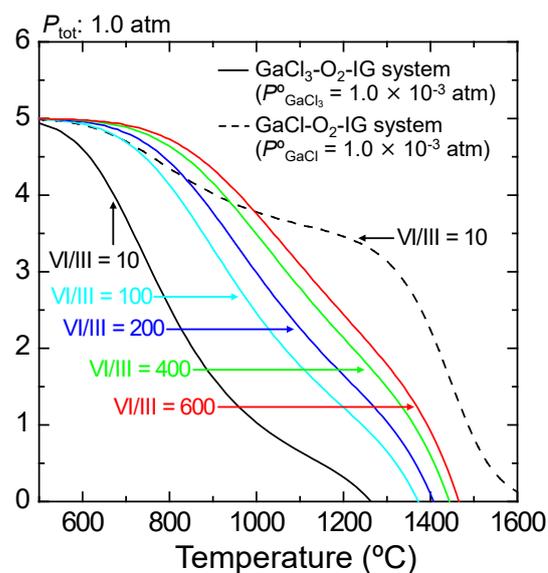


Fig. 1. The driving force of Ga₂O₃ growth ($\Delta P_{Ga_2O_3}$) in GaCl₃-O₂-IG and GaCl-O₂-IG systems as a function of growth temperature (T_g) for various values of input VI/III ratio. P_{tot} and P_{GaClx}^0 are 1.0 and 1.0×10^{-3} atm, respectively.