

## ハライド気相成長法による酸化ガリウム成長の熱力学解析

### Thermodynamic Analysis of $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Growth by Halide Vapor Phase Epitaxy

東京農工大院工<sup>1</sup>, タムラ製作所<sup>2</sup> ○野村 一城<sup>1</sup>, 後藤 健<sup>2</sup>, 富樫 理恵<sup>1</sup>, 村上 尚<sup>1</sup>,

熊谷 義直<sup>1</sup>, 倉又 朗人<sup>2</sup>, 山腰 茂伸<sup>2</sup>, 瀬藤 明伯<sup>1</sup>

Tokyo Univ. of Agri. & Tech.<sup>1</sup>, Tamura Corporation<sup>2</sup>, ○Kazushiro Nomura<sup>1</sup>, Ken Goto<sup>2</sup>,

Rie Togashi<sup>1</sup>, Hisashi Murakami<sup>1</sup>, Yoshinao Kumagai<sup>1</sup>, Akito Kuramata<sup>2</sup>, Shigenobu Yamakoshi<sup>2</sup>,

Akinori Koukitu<sup>1</sup>

E-mail: 50013832104@st.tuat.ac.jp

【背景】酸化ガリウム( $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)は約 4.8 eV のバンドギャップを有することから、既存の Si よりも高耐圧・低損失な次世代パワーデバイス材料として近年研究が盛んに行われている<sup>1,2)</sup>。しかし、成長中の不純物取り込みや酸素空孔導入により低抵抗の n 型結晶となりやすいため、デバイスの高耐圧・低損失化に必要な高抵抗かつ高純度な結晶の成長技術確立が課題となっている。これに向けて我々は新たにハライド気相成長(HVPE)法による酸化ガリウムホモエピタキシャル成長に着目した。HVPE 法は不純物濃度の低減や高速成長が可能であり、窒化物半導体や酸化亜鉛(ZnO)の結晶成長で広く採用されている成長法である<sup>3-5)</sup>。本研究では HVPE 法による酸化ガリウムの結晶成長について熱力学解析を行い、HVPE 成長の可否や成長条件について検討したので報告する。

【実験結果】GaCl と O<sub>2</sub> を酸化ガリウム成長の気相原料とし、原料をキャリアガス(不活性ガス(IG)と H<sub>2</sub> の混合ガス)により大気圧開放系内に供給した後の、熱平衡時における酸化ガリウム成長の起こりやすさ(駆動力:  $\Delta P_{\text{Ga}_2\text{O}_3}$ )について熱力学解析を行った。Fig. 1 にキャリアガス中の水素分圧比( $F^\circ = P^\circ_{\text{H}_2} / (P^\circ_{\text{H}_2} + P^\circ_{\text{IG}})$ )を 0.0~1.0 まで変化させた時の  $\Delta P_{\text{Ga}_2\text{O}_3}$  の温度依存性を示す。水素存在下では高温での成長は駆動力が大きく低下することが明らかであり、キャリアガスに水素を用いることは好ましくないと考えられる。一方、水素を用いない場合、成長駆動力は約 1600°C まで正の値を持つことから、高温成長が可能であることが示唆された。また、実際の成長実験により得られた成長速度と物質輸送係数( $K_g$ :  $2.8 \times 10^4 \mu\text{m}/(\text{h}\cdot\text{atm})$ )を用いて算出した駆動力(図中の●)は、熱力学解析結果とよく一致していることがわかる。このことから、HVPE 法による酸化ガリウム成長は熱力学的に制御可能であることが明らかとなった。詳細は当日報告する。

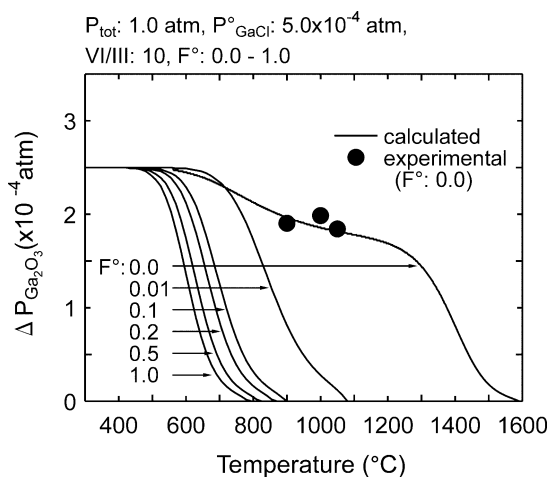


Fig. 1. Dependence of  $\Delta P_{\text{Ga}_2\text{O}_3}$  on growth temperature for several values of  $F^\circ$

【参考文献】 [1] K. Sasaki *et al.*, Appl. Phys. Express **6** (2013) 086502. [2] M. Higashiwaki *et al.*, Phys. Status Solidi A **211** (2014) 21. [3] K. Fujito *et al.*, J. Cryst. Growth **311** (2009) 3011. [4] Y. Kumagai *et al.*, Appl. Phys. Express **5** (2012) 055504. [5] R. Masuda *et al.*, J. Cryst. Growth **312** (2010) 2324.