

In₂O₃ のハライド気相成長における In 原料分子種の影響

Influence of Indium-precursors on Halide Vapor Phase Epitaxy of In₂O₃

東京農工大¹, 上智大理工², 東京農工大 IGIR³

○長井 研太¹, 田中 那実¹, 税本 雄也¹, 富樫 理恵², 竹川 直¹, 後藤 健¹, 熊谷 義直^{1,3}

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

○Kenta Nagai¹, Nami Tanaka¹, Yuya Saimoto¹, Rie Togashi², Nao Takekawa¹,

Ken Goto¹, Yoshinao Kumagai^{1,3}

E-mail: s184884x@st.go.tuat.ac.jp

ワイドバンドギャップかつ大きな電子移動度を有する特徴から、酸化インジウム(In₂O₃)単結晶が新規電子デバイス材料として近年注目を集めている。これまで我々は、熱力学解析の結果を基に III 族原料に InCl、VI 族原料に O₂ を用いたハライド気相成長(HVPE)法による c-In₂O₃ の高温(1000 °C)成長を報告している[1]。しかし、InCl 以外の原料分子を用いる In₂O₃ の HVPE 成長に関しては知見がなく、原料分子の影響は明らかとなっていない。そこで、今回 InCl₃ を用いる In₂O₃ 成長の熱力学解析を行い、従来の InCl を用いる In₂O₃ 成長系との比較を行ったので報告する。

III 族原料に InCl_x (x = 1 or 3)、VI 族原料に O₂ を用いた HVPE 法による In₂O₃ 成長の解析を実施した。反応系内に存在するガス種[InCl, InCl₂, InCl₃, (InCl₃)₂, InO, In₂O, In, Cl₂, O₂ および inert gas (IG) の 10 種]の平衡分圧(P_i)を各成長条件の下で算出し、In₂O₃ 成長の駆動力(ΔP_{In₂O₃})を以下の式から求めた。ここで、原料供給分圧は P^o_i としている。

$$\Delta P_{\text{In}_2\text{O}_3} = 1/2[P^{\circ}_{\text{InCl}_x} - (P_{\text{InCl}} + P_{\text{InCl}_2} + P_{\text{InCl}_3} + 2P_{(\text{InCl}_3)_2} + P_{\text{InO}} + 2P_{\text{In}_2\text{O}} + P_{\text{In}})]$$

Fig. 1 は系内圧力(P_{tot})および InCl_x 供給分圧(P^o_{InCl_x})をそれぞれ 1.0, 1.0×10⁻³ atm にした時の ΔP_{In₂O₃} の成長温度依存性である。VI/III 供給比(2P^o_{O₂}/P^o_{InCl_x})を 20 とした場合、InCl-O₂-IG 系に比して InCl₃-O₂-IG 系では高温域の駆動力が大幅に減少し、930 °C 以上では成長が不可能となることが分かる。一方、InCl₃-O₂-IG 系においても VI/III 供給比を増加させることで、成長可能な上限温度が増加し、VI/III 供給比 600 においては 1000 °C にて In₂O₃ が成長可能となることが分かった。以上より、III 族原料に InCl₃ を用いた HVPE 法による In₂O₃ 成長では、駆動力は大きく減少するものの、高 VI/III 供給比にすることで 1000 °C での成長が可能となることが示された。

本研究の一部は科研費新学術領域研究 No.16H06417 および、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] R. Togashi *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. 55, 1202B3 (2016).

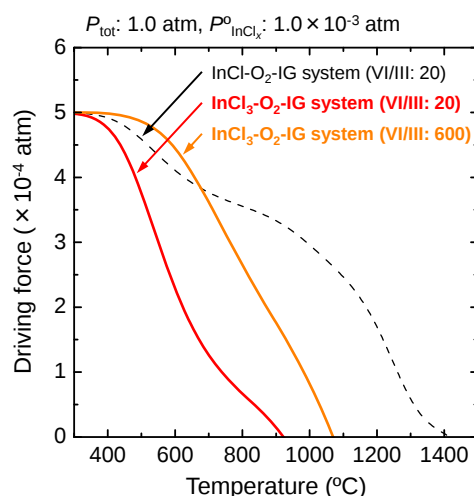


Fig. 1. Dependence of the driving force for In₂O₃ growth (ΔP_{In₂O₃}) on growth temperature in each system.