

ハライド気相成長法による(0001)サファイア基板上 準安定相 α -Ga₂O₃ 成長の検討

Investigation of α -Ga₂O₃ Growth on (0001) Sapphire Substrates by Halide Vapor Phase Epitaxy

東京農工大院工¹, 東京農工大 GIR², リンチョーピン大³

○下川 道貴¹, 佐和田 陽平¹, 小西 敬太¹, 村上 尚^{1,2}, Bo Monemar^{2,3}, 熊谷 義直^{1,2}

Tokyo Univ. of Agri. & Tech.¹, TUAT GIR², Linköping Univ.³, °Michitaka Shimokawa¹,
Yohei Sawada¹, Keita Konishi¹, Hisashi Murakami^{1,2}, Bo Monemar^{2,3}, and Yoshinao Kumagai^{1,2}

E-mail: s175038y@st.go.tuat.ac.jp

酸化ガリウム(Ga₂O₃)とこれに関連した III 族セスキ酸化物半導体結晶群は、パワーデバイスや深紫外受光素子等の新規材料として非常に魅力的な結晶であり、近年注目を集めている。すでに我々は、ハライド気相成長(HVPE)法を用いた安定相 β -Ga₂O₃ および c -In₂O₃ の高温(1000°C)・高速成長について報告している[1,2]。一方、III 族セスキ酸化物でバンドギャップ変調を行うためには、混晶化が必須である。そこで我々は、相整合・準安定相混晶 α -(Al_xGa_yIn_{1-x-y})₂O₃ の成長方法の確立を目指し、その要素となる HVPE 法による α -Ga₂O₃ 成長を試みたので報告する。

本実験では、原料ガスである GaCl および O₂ を N₂ キャリアガスにより大気圧炉内に供給し、(0001)サファイア基板上に Ga₂O₃ の成長を行った。GaCl は、850°C に維持した反応炉上流部で Ga 金属と Cl₂ ガスを反応させ生成した。GaCl および O₂ の供給分圧をそれぞれ 1.0×10^{-3} , 4.5×10^{-3} atm (VI/III 比: 9)に固定し、成長温度 475–1000°C の範囲で 1 時間成長を行った。

図 1 に各成長温度における Ga₂O₃ の成長速度を示した。図 1 中のプロットおよび破線は、それぞれ実験結果および熱力学解析で見積もった各成長温度に対する成長速度である。実験により得られた成長速度は 700°C において最大であり、700°C 以上の温度領域では成長速度は熱力学解析に従い、成長温度が上昇するにつれて減少した。この結果から 700°C 以上では熱力学律速(物質輸送律速)で成長が生じていると考えられる。一方、700°C 未満では、実験により得られた成長速度は熱力学解析結果と乖離しており、成長速度は成長温度の低下と共に減少した。以上の結果から、700°C 未満の温度領域では、表面反応律速すなわち非熱平衡下で成長が進行していることが考えられる。各成長温度における成長膜の X 線回折 2θ - ω プロファイルを図 2 に示す。700°C 以上では β -Ga₂O₃ 多結晶が成長しており、700°C 未満では β -Ga₂O₃ の他に α -Ga₂O₃ が成長していることが確認された。さらに、475–550°C の温度領域では β -Ga₂O₃ を含まず、(0001)配向の α -Ga₂O₃ が成長していることが分かった。X 線回折極点図解析から 525°C で成長させた α -Ga₂O₃ 膜は単結晶であることが分かった。従って、HVPE 法による単結晶 α -Ga₂O₃ 成長は、非熱平衡下成長となる低温度領域で可能となることが明らかとなった。

本研究の一部は科研費新学術領域研究 No.16H06417 の援助を受けた。

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

[2] R. Togashi *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., **55**, 1202B3 (2016).

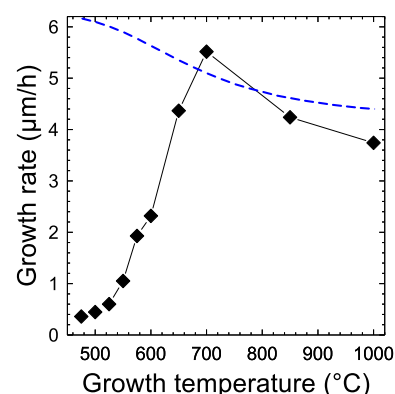


Fig. 1 Growth temperature dependence of experimental (squares) and thermodynamically estimated (dashed line) growth rates of Ga₂O₃ on (0001) sapphire substrates by HVPE.

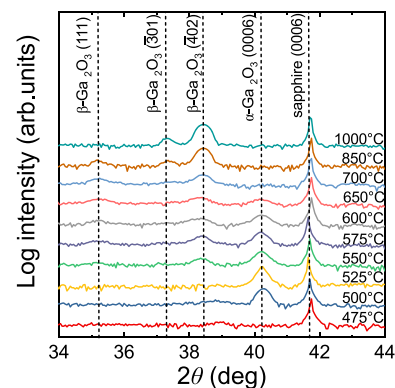


Fig. 2 X-ray diffraction 2θ - ω profiles of Ga₂O₃ layers grown on (0001) sapphire substrates at various temperatures.