

THVPE 法を用いた c 面サファイア基板上酸化ガリウム成長における準安定相の相制御 Phase Control in the Metastable Gallium Oxide Growth on c-plane Sapphire Substrates by Tri-halide Vapor Phase Epitaxy

東京農工大院工, °竹川 直, 佐藤 万由子, 村上 尚, 熊谷 義直

Tokyo University of Agriculture and Technology, °Nao Takekawa, Mayuko Sato,

Hisashi Murakami, Yoshinao Kumagai

E-mail: s169041z@st.go.tuat.ac.jp

酸化ガリウム(Ga_2O_3)は 4.5eV 以上の禁制帯を持ち、ドーピング制御により n 型の電気伝導性を示すため、高耐圧パワーデバイスへの応用が注目されている。 Ga_2O_3 には多くの準安定相があり、安定相である β 相の他、 α 、 γ 、 δ 及び ε 相が報告されている。現在、準安定相の Ga_2O_3 の成長には有機金属気相成長法、ミスト化学気相成長法、及びハライド気相成長(HVPE)法が多く用いられている。炭素は Ga_2O_3 中で shallow donor として働く可能性が示唆されており[1]、上記の成長法の中で炭素が系に含まれていない HVPE 法が電氣的に純度の高い Ga_2O_3 成長を可能にするものと期待される。しかしながら、HVPE 法による ε - Ga_2O_3 成長においては三次元粒子の形成により平坦な成長表面の形成が阻害されることが報告されている[2]。前回、我々は、原料部の温度制御により選択的に三塩化ガリウム(GaCl_3)を発生させ、これをガリウム前駆体を用いるトリハライド気相成長法(THVPE 法)により、サファイア基板上で平坦かつ純粋な相の ε - Ga_2O_3 薄膜の成長を報告した[3]。しかしながら、前回の報告では一塩化ガリウム(GaCl)の不均化反応を用い GaCl_3 を生成したため、Ga 前駆体を高濃度で供給する条件では、不均化反応の進行が不十分であり純度の高い GaCl_3 を供給できない問題があった。そこで今回は、2 段階の塩素供給を用いた GaCl_3 生成法を用い[4]、高濃度の GaCl_3 供給条件も含め、原料濃度が Ga_2O_3 準安定相成長に与える影響について調査した。

次式に示す金属ガリウム(Ga)と塩素の 2 段階の反応により GaCl_3 を生成し、続く酸素との反応により、c 面サファイア上に Ga_2O_3 薄膜を成長した。

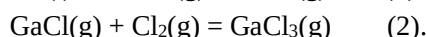
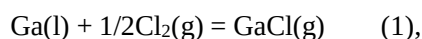


図 1 に GaCl_3 分圧を $1.3 \times 10^{-3} \text{ atm}$ 、成長温度を 525°C に固定し、酸素分圧を変化させて成長した膜の XRD プロファイルを示す。高酸素分圧では ε 相が優先的に発現するが、酸素分圧の低下に伴い α 相の発現が優勢になることが分かる。この結果から、THVPE 法においては Ga リッチ条件では α 相が発現し、O リッチ条件では ε 相が発現しやすいことが示唆され、原料分圧によって Ga_2O_3 準安定相の相制御が可能であることが示された。

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

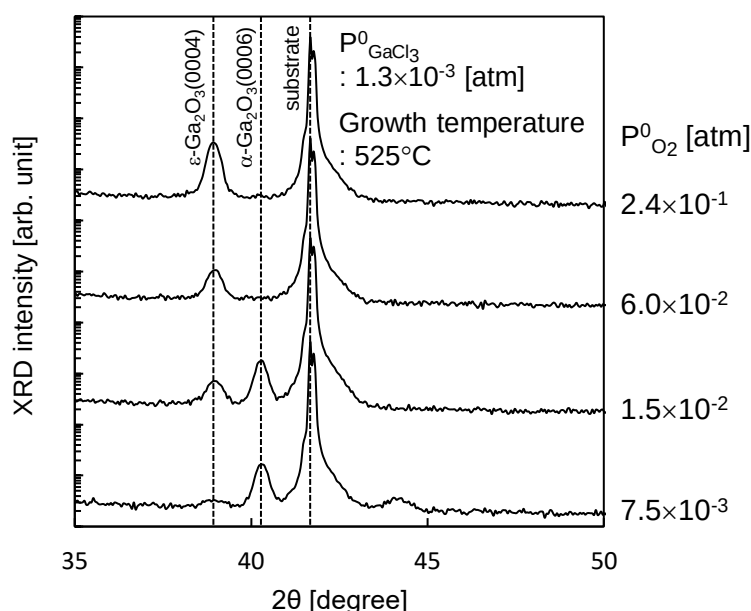


Fig.1 The effect of input partial pressures of oxygen on the crystal orientation and phase purity of Ga_2O_3 . The input partial pressure of GaCl_3 and the growth temperature was fixed at 1.3×10^{-3} and 525°C , respectively.

- [1] J. L. Lyons et al., Phys. Rev. Appl. **2**, 064005 (2014). [2] Y. Oshima et al., J. Appl. Phys. **118**, 085301(2015).
[3] 竹川他, 2018 秋季応物 20p-234A-3. [4] H. Murakami et al., J. Cryst. Growth **456**, 140 (2016).