

室温パルスレーザー照射を用いた種々の基板及びバッファ層上における非晶質 Ga₂O₃ 薄膜のエピタキシャル結晶化

Epitaxial crystallization of Ga₂O₃ thin films on various substrates and buffer layers
by room temperature pulsed laser irradiation

東工大物質理工¹、(株)豊島製作所²、神奈川県産技総研³

○(M1)松島 拓海¹, (M2)森田 公之¹, 土嶺 信男², 金子 智^{3,1}, 松田 晃史¹, 吉本 護¹

Tokyo Tech. Materials¹, TOSHIMA Manu.², KISTEC³

○T. Matsushima¹, H. Morita¹, N. Tsuchimine², S. Kaneko^{3,1}, A. Matsuda¹, M. Yoshimoto¹

E-mail: matsushima.taa@m.titech.ac.jp

【はじめに】酸化ガリウム(Ga₂O₃)は、 $\alpha \sim \varepsilon$ の多形をとるワイドギャップ半導体であり^[1]、例えば低温・常圧の安定相である β -Ga₂O₃はGaNやSiCを上回るバンドギャップ約4.9 eVを有し、高効率パワーデバイスや紫外オプトエレクトロニクスへの応用が検討されているほか^[2]、準安定相の ε -Ga₂O₃は強誘電性^[3]を示すため、HEMT等の高速デバイスへの応用が期待されている。これらのデバイスでは、キャリア移動度向上やリーク電流抑制などの観点から、結晶性に優れ異方性を有するエピタキシャル薄膜が重要であり、作製には400°Cを超える高温プロセスが必要とされてきた。こうした、高温成膜は粗大な成長粒や、異種材料界面での原子拡散を生じ、積層薄膜における反応層生成など、デバイス形成の課題となる。一方で、我々はこれまでに、格子ミスマッチを低減するNiOバッファ層の導入や、エキシマレーザーアニーリング(ELA)により表面平坦な β -Ga₂O₃の室温エピタキシャルプロセスを見出した^[3]。ELAプロセスはバンドギャップに応じた光子エネルギーを選択することによる半導体への効率的な吸収と、短パルスによるアニーリングにより、短時間・室温での結晶化を可能とする。本研究では、ELAを用いたGa₂O₃結晶化における構造制御を目的として、基板やバッファ層のGa₂O₃薄膜の結晶成長に与える影響を検討した。

【実験及び結果】まず、バッファ層及び前駆体であるGa₂O₃非晶質薄膜をパルスレーザー堆積(PLD)法により作製した。ここでは、 β -Ga₂O₃との格子ミスマッチを低減させるため、NiOと同じ岩塩型構造であるMgO(111)をバッファ層として用いた。KrFエキシマレーザー($\lambda=248$ nm、パルス幅 20 ns、1.5 J/cm²)を焼結体または単結晶のターゲット表面に集光し、原子ステップ α -Al₂O₃(0001)基板に、希薄O₂(1×10^{-3} Pa)中、室温(基板非加熱)で堆積した。次に、得られた薄膜に対して、Ga₂O₃のバンドギャップに相当する波長をもつKrFエキシマレーザー(0.25 J/cm²)を大気中・室温・非集光で500パルス照射し、ELAを行った。Fig.1にELA後のGa₂O₃/MgO(111)/ α -Al₂O₃(0001)薄膜のXRD及びRHEED像を示した。XRD結果よりMgOバッファ層上に成長した β -Ga₂O₃結晶は(-201)配向したことが確認され、RHEED像に面内6回対称性が見られたことから、エピタキシャル薄膜が得られたことが分かった。また、原子間力顕微鏡による表面観察ではRMS粗さが0.3 nmと非常に平坦な表面を示していた。当日は異なる基板や緩衝層の化学種や結晶面による薄膜構造への影響や、ELA条件を変化させた場合に得られる薄膜の構造や配向性の変化なども併せて報告する。

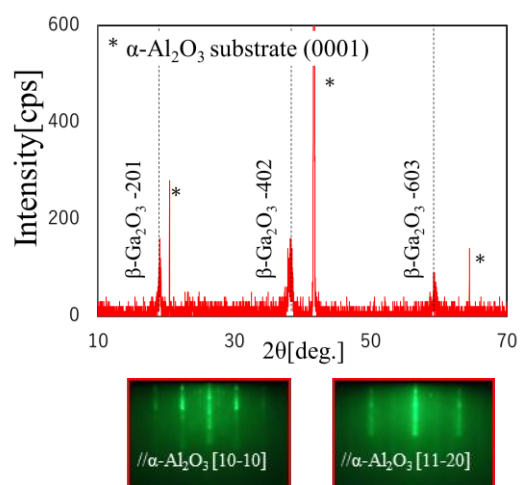


Fig.1 XRD 2 θ / ω profile and RHEED images of a Ga₂O₃ thin film after ELA on a MgO(111) buffered α -Al₂O₃ (0001) substrate .

[1] F. Mezzadri, et al, *Inorg. Chem.* **55**, 12079 (2016).

[2] M. Higashiwaki, et al., *Appl. Phys. Lett.* **100**, 013504 (2012).

[3] D.Shiojiri, et al., *J.Cryst. Growth* **424**, 38 (2015).