

室温エキシマレーザー照射による MgAl_2O_4 単結晶基板上での Ga_2O_3 薄膜の固相エピタキシー

Solid-phase epitaxy of Ga_2O_3 thin films on MgAl_2O_4 substrates by excimer 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

○(M2)松島 拓海¹、渡邊 一樹¹、大賀 友瑛¹、土嶺 信男²、金子 智^{3,1}、松田 晃史¹、吉本 護¹

Tokyo Tech¹, TOSHIMA Manu.², KISTEC³

○Takumi Matsushima¹, K. Watanabe¹, T. Oga¹, N. Tsuchimine², S. Kaneko^{3,1}, A. Matsuda¹, M. Yoshimoto¹

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

【はじめに】酸化ガリウム(Ga_2O_3)は $\alpha \sim \varepsilon$ の多形をとり、広いバンドギャップ(E_g)約 4.9 eV をもつ。低温・常圧安定相の $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ は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^[1]。また、広範囲で E_g 調節が可能な準安定相 $\gamma\text{-Ga}_2\text{O}_3$ ^[2]も MODFET 等への応用研究がなされている。これまで、 β 相や γ 相については PLD^[3] や CVD^[4] 等の手法でエピタキシャル薄膜が報告されているが、およそ 350°C 以上の基板温度が必要とされてきた。比較的高温における成膜が及ぼすドーパント偏析や組成ずれ、積層薄膜の反応層生成などの影響を抑制することにより、微細なデバイス形成やドーパ・特性制御の精度向上への貢献が期待できる。一方で我々は、紫外エキシマレーザーアニーリング(ELA)による $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (0001)基板上の $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ (-201)薄膜の室温固相エピタキシープロセスを見出した^[5]。この室温 ELA プロセスでは半導体薄膜 E_g に応じた波長を用いた効率的な光吸収と、短パルスのアニーリングによる、短時間での結晶化や、界面反応抑制が示唆された。しかし、これまでは岩塩型構造のバッファ層を必要としており、単結晶基板上の Ga_2O_3 直接エピタキシャル結晶化には更なる検討が必要であった。本研究では $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ との面内格子ミスマッチが 3.4% 程度の MgAl_2O_4 基板上に着目し、ELA を用いた Ga_2O_3 薄膜の固相エピタキシーおよびレーザー条件が結晶相・配向性など構造へ与える影響を検討した。

【実験及び結果】まず、前駆体である Ga_2O_3 非晶質薄膜をパルスレーザー堆積(PLD)法により作製した。KrF エキシマレーザー($\lambda=248$ nm、パルス幅 20 ns、1.2 J/cm²)と Mn 5 at% ドープの $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 焼結体ターゲットを用い、原子ステップ MgAl_2O_4 (100)基板上に、希薄 O_2 (1×10^{-3} Pa)中、室温(基板非加熱)で堆積した。次に、得られた非晶質薄膜に対して、非集光の KrF エキシマレーザー (Photon energy 約 5 eV、0.15 J/cm²)を大気中・室温で薄膜表面から 500 パルス照射し、ELA を行った。Fig.1 に ELA 前後の $\text{Ga}_2\text{O}_3/\text{MgAl}_2\text{O}_4$ (100) 薄膜の XRD 結果を示した。Fig.1 (a)の $2\theta/\omega$ パターンから成膜直後の非晶質膜に対する ELA により $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ (100)が配向結晶化しており、Fig.1 (b)の ϕ スキャン結果で面内四回対称性が見られたことから、 $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ (100)/ MgAl_2O_4 (100) エピタキシャル薄膜が得られたことが分かった。この結果から格子ミスマッチ抑制による Ga_2O_3 薄膜の基板直上のエピタキシャル結晶化が可能であると示された。講演では、ELA におけるレーザーの入射方位やエネルギーが薄膜の結晶相、結晶性や配向性など構造、また薄膜光学特性に与える影響についても報告する。

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

[2] T. Oshima, et al., *J. Appl. Phys.* **58**, 060910 (2019).

[3] H. Hayashi et al., *J. Mater. Res.*, **26**, 578 (2011).

[4] T. Oshima, et al., *J. Cryst. Growth* **359**, 60 (2012).

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

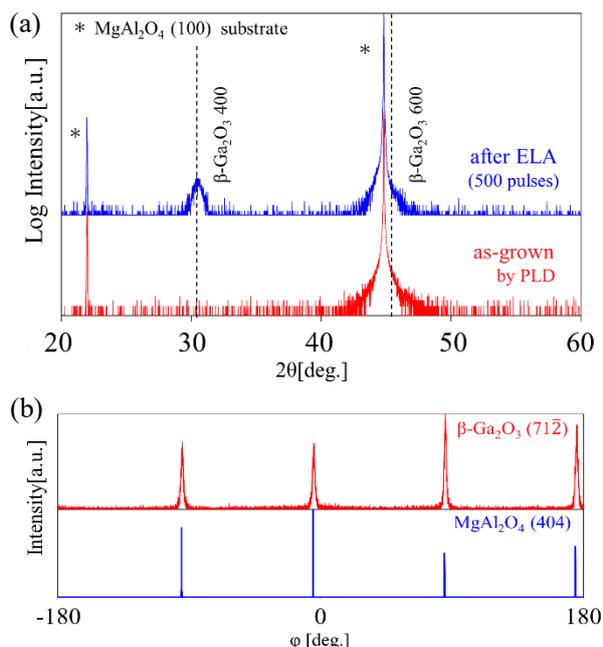


Fig.1 XRD results of Ga_2O_3 thin films on MgAl_2O_4 substrates; (a) $2\theta/\omega$ -profiles of the films as-grown and after ELA, and (b) ϕ -profiles of the film and substrate after ELA.