

## エキシマレーザー照射による $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ 単結晶基板上での $\text{Ga}_2\text{O}_3$ 薄膜の固相結晶化と構造評価

Crystallization of  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  thin films on  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  substrate by excimer laser irradiation

東工大物質理工<sup>1</sup>、(株)豊島製作所<sup>2</sup>、神奈川県産技総研<sup>3</sup>

○(M1)松島 拓海<sup>1</sup>, (M2)森田 公之<sup>1</sup>, 土嶺 信男<sup>2</sup>, 金子 智<sup>3,1</sup>, 松田 晃史<sup>1</sup>, 吉本 護<sup>1</sup>

Tokyo Tech<sup>1</sup>, TOSHIMA Manu.<sup>2</sup>, KISTEC<sup>3</sup>

○Takumi Matsushima<sup>1</sup>, H. Morita<sup>1</sup>, N. Tsuchimine<sup>2</sup>, S. Kaneko<sup>3,1</sup>, A. Matsuda<sup>1</sup>, M. Yoshimoto<sup>1</sup>

E-mail: matsushima.t.aa@m.titech.ac.jp

【はじめに】酸化ガリウム( $\text{Ga}_2\text{O}_3$ )は、 $\alpha\sim\epsilon$ の多形をとるワイドギャップ半導体である。低温・常圧の安定相である $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ は $\text{GaN}$ や $\text{SiC}$ を上回る広いバンドギャップ( $E_g$ )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<sup>[1]</sup>。また、準安定相の $\gamma\text{-Ga}_2\text{O}_3$ も広範囲の $E_g$ 調節が可能であるため<sup>[2]</sup>、MODFET等への応用研究がなされている。これらの薄膜ではPLD<sup>[3]</sup>やCVD<sup>[4]</sup>等の手法で $\beta, \gamma\text{-Ga}_2\text{O}_3$ のエピタキシャル薄膜が報告されているが、これまでに350℃を超える基板温度が必要とされてきた。こうした比較的高温での成膜によるドーパントの偏析や組成ずれ、積層薄膜における反応層生成などの抑制は、より微細なデバイス形成やドーピング・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、エキシマレーザーアニーリング(ELA)による $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 薄膜の室温固相エピタキシープロセスを見出した<sup>[5]</sup>。ELAプロセスでは $E_g$ に応じた光子エネルギー選択による効率的な吸収と、短パルスでのアニーリングによる、室温・短時間での結晶化や、界面反応抑制が示唆された。これまで $\text{Ga}_2\text{O}_3$ のELAでは、 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (0001)や $\text{MgO}$ (111)基板上での $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ (-201)エピタキシャル結晶化を報告してきた。本研究ではさらに、 $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ (100)との格子ミスマッチが3.4%と小さい $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ 基板に着目し、ELAを用いた $\text{Ga}_2\text{O}_3$ 薄膜のエピタキシャル固相結晶化および結晶相・配向性など構造への影響を検討した。

【実験及び結果】まず、前駆体である $\text{Ga}_2\text{O}_3$ 非晶質薄膜をパルスレーザー堆積(PLD)法により作製した。 $\text{KrF}$ エキシマレーザー( $\lambda=248\text{ nm}$ 、パルス幅20 ns、 $1.5\text{ J/cm}^2$ )と $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 焼結体ターゲットを用い、原子ステップ $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ (100)基板上に、希薄 $\text{O}_2$ ( $1\times 10^{-3}\text{ Pa}$ )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、 $\text{KrF}$ エキシマレーザー( $\lambda=248\text{ nm}$ ;  $E_g=5\text{ eV}$ 相当、 $0.20\text{ J/cm}^2$ )を大気中・室温において非集光で薄膜表面から500パルス照射し、ELAを行った。Fig.1にELA後の $\text{Ga}_2\text{O}_3/\text{MgAl}_2\text{O}_4$ (100)薄膜のXRD及びRHEED像を示した。XRD結果より $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ (100)結晶配向成長が確認され、またRHEED像に面内四回対称性が見られたことから、 $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ (100)/ $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ (100)エピタキシャル薄膜が得られたことが分かった。講演では異なる基板結晶面や、ELAにおけるレーザー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).

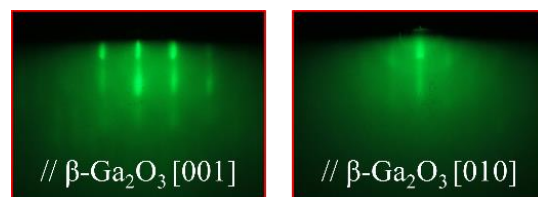
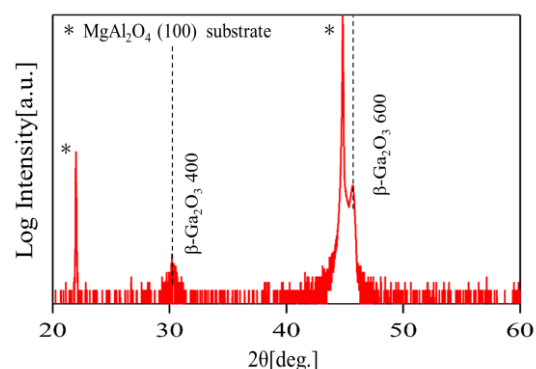


Fig.1 XRD  $2\theta/\omega$  profile and RHEED images of a  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  thin film after ELA grown on a  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  (100) substrate.