

エキシマレーザーアニーリングを用いたポリマー基板上における Ga₂O₃ 薄膜の固相結晶化

Solid-phase crystallization of Ga₂O₃ thin films on polymers by excimer laser annealing

東工大物質理工¹, 神奈川県産技総研²

○(M1) 甲斐 稜也¹, 渡邊 一樹¹, 大賀 友瑛¹, 金子 智^{2,1}, 松田 晃史¹, 吉本 護¹

Tokyo Tech¹, KISTEC²

○Ryoya Kai¹, K. Watanabe¹, T. Oga¹, S. Kaneko^{2,1}, A. Matsuda¹, M. Yoshimoto¹

E-mail: kai.r.ab@m.titech.ac.jp

【はじめに】酸化ガリウム (Ga₂O₃) は、 $\alpha \sim \epsilon$ 型の 5 つの多形をもち、約 5.0 eV の広いバンドギャップを持つことから、ワイドギャップ半導体として深紫外光センサーやパワーデバイスなどへの応用が期待されている。これまでに、デバイス特性制御のためエピタキシャル Ga₂O₃ 薄膜が α -Al₂O₃(0001) や MgAl₂O₄(111) などの単結晶基板上に 500°C 以上の基板温度や熱処理を用いて作製されてきた^{[1][2]}。こうしたワイドギャップ半導体を用いたフレキシブルデバイスを形成することにより応用発展が期待できるが、フレキシブル・大面積などの特長をもつポリマー基板上に結晶性の Ga₂O₃ 薄膜を作製した研究例は少ない。ポリマー基板は比較的低いガラス転移温度をもつため、より低温における Ga₂O₃ 薄膜の結晶化プロセスが求められる。一方で我々のグループは、エキシマレーザーアニーリング (ELA) による単結晶基板上 Ga₂O₃ 薄膜の室温エピタキシャル合成プロセスを見出した^[3]。ELA は高温成膜や電気炉によるアニーリングと比べて、ごく短時間のプロセスであるため、フレキシブルなポリマー基板上への熱影響を抑制した結晶化が期待できる^[4]。本研究では、ポリマー基板上における高結晶性の酸化物半導体の作製を目的とし、ELA プロセスを用いたポリマー基板上 Ga₂O₃ 薄膜の固相結晶化を検討した。

【実験と結果】本研究ではフレキシブル基板として、シクロオレフィンポリマー (COP, ZF16-188, 日本ゼオン、 $T_g=163^\circ\text{C}$, $t=188\ \mu\text{m}$) を用いた。まず、COP シートに真空紫外光 ($\lambda=172\ \text{nm}$, $65\ \text{mW}/\text{cm}^2$) を大気中、室温で距離 0.5 mm において照射し平坦化した。次に、KrF エキシマレーザー ($\lambda=248\ \text{nm}$, $d=20\ \text{ns}$, $E \sim 1.2\ \text{J}/\text{cm}^2$) を用いた PLD 法により、膜厚 2.5 μm の Ga₂O₃ 非晶質薄膜を堆積した。続いて、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 ($E \sim 0.15\ \text{J}/\text{cm}^2$) を大気中、室温で薄膜表面から 100 パルス照射して ELA を行った。図 1 は、Ga₂O₃/COP 薄膜について ELA 前後の AFM 図であり、ELA により RMS 粗さは 0.16 nm から 2.8 nm に増大した。ELA による Ga₂O₃ の結晶化、および熱過程を伴うことによる基板表面のわずかな変形を示唆していると考えられる。図 2 は、Ga₂O₃/COP 薄膜について ELA 前後の微小角入射 X 線回折 (GI-XRD) の結果である。ELA 後の薄膜において Ga₂O₃ の β 相に帰属される回折がみられ、室温レーザープロセスによるフレキシブル基板上 β -Ga₂O₃ 薄膜の固相結晶化が示された。

- [1] Zeng Liu et al., *J. Phys. D: Appl. Phys.*, **52**, 2951042019 (2019).
- [2] Lin Chen et al., *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **11**, 29078 (2019).
- [3] D. Shiojiri et al., *J. Cryst. Growth*, **424**, 38 (2015).
- [4] M. Nishikawa et al., *Jpn. J. Appl. Phys.*, **50**, 01BE04 (2011).

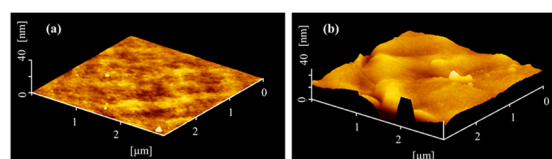


Fig. 1 AFM images of Ga₂O₃/COP thin films (a) as grown by PLD, and (b) after ELA (0.15 J/cm², 100 pulses at R.T. in Air).

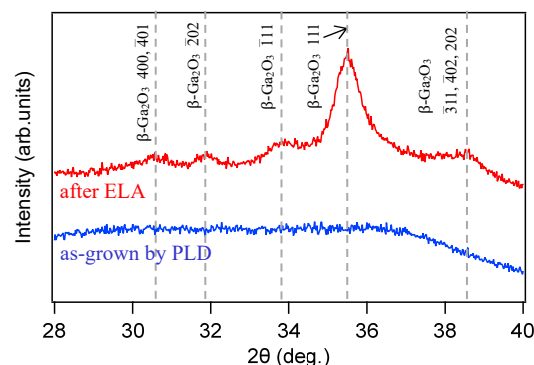


Fig. 2 GI-XRD patterns of Ga₂O₃/COP thin films as grown by PLD, and after ELA (0.15 J/cm², 100 pulses at R.T. in Air).