

不純物ドーパ非晶質 Ga_2O_3 薄膜へのエキシマレーザー照射による 室温固相結晶化と照射条件が与える構造・特性への影響

Solid-state crystallization of impurity-doped Ga_2O_3 thin films by excimer laser
irradiation at RT and the effect of irradiation conditions on the structure

東工大物質理工¹, 神奈川産技総研²

○(M2) 沼田 拓実¹, 甲斐 稜也¹, 金子 智^{2,1}, 松田 晃史¹, 吉本 護¹

Tokyo Tech¹, KISTEC²

○Takumi Numata¹, R. Kai¹, S. Kaneko^{2,1}, A. Matsuda¹, M. Yoshimoto¹

E-mail: numata.t.ad@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、約 4.9 eV という広いバンドギャップをもつ。安定相の $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ はパワーデバイスや深紫外光センサなどへの応用が期待されている^[1]。一方で準安定相 $\gamma\text{-Ga}_2\text{O}_3$ ^[2]は、欠陥スピネル構造を持ち、MODFET 等への応用研究がなされている。これまで、PLD^[3]やCVD^[4]等の手法で β 相や γ 相のエピタキシャル薄膜が報告されている。しかし、基板温度を 350°C以上の加熱が必要となり、高温ゆえの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が懸念されてきた。そこで我々は、岩塩型構造を持つ緩衝層の導入と室温大気中での紫外エキシマレーザーアニリング(ELA)により、 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 基板やポリマー基板上に $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 薄膜の室温固相結晶化を報告してきた^[5-7]。この ELA による室温結晶薄膜合成では分相析出、粗大な粒成長、およびドーパントの蒸発などを抑制した低温結晶化の促進が期待される。これまでは、250mJ/cm²程度の低いエネルギー密度での ELA 処理の報告がほとんどで、500mJ/cm²を超える比較的高いエネルギー密度での ELA 処理における結晶相や p/n 制御のための不純物置換に関する報告が少ない。本研究では、ELA のエネルギー密度に着目し、ELA を用いた Sn などの不純物をドーパした非晶質 Ga_2O_3 薄膜の室温固相結晶化およびレーザー条件が結晶構造や特性に与える影響を検討した。

[実験及び結果]不純物をドーパした Ga_2O_3 非晶質前駆体薄膜を、KrF エキシマレーザー($\lambda=248$ nm, d~20ns, E~1.5J/cm²)を用いた PLD 法により、MgO(111)緩衝層(約 2 nm)を導入した原子ステップ C 面サファイア基板上に、それぞれ室温及び 1.0×10^{-6} Pa の超高真空中で堆積した。得られた前駆体薄膜に対して、エキシマレーザーを大気中室温で、基板から 1000 パルス(5Hz)照射し、ELA を行った。それぞれのフルーエンスは 275mJ/cm²と 600mJ/cm²とした。図 1 はノンドーパ Ga_2O_3 非晶質前駆体薄膜に対して ELA 処理した試料の面直 XRD パターンである。この結果から、2 種の ELA 条件においても、 Ga_2O_3 の配向結晶化を確認した。次に、面内方向に対する薄膜 XRD を測定した。フルーエンスが 275mJ/cm²で ELA した試料は β 相、600mJ/cm²で ELA した試料は γ 相の回折ピークを確認した。講演では、ELA のパルス数や不純物のドーパが与える結晶相や特性への影響についても報告する。

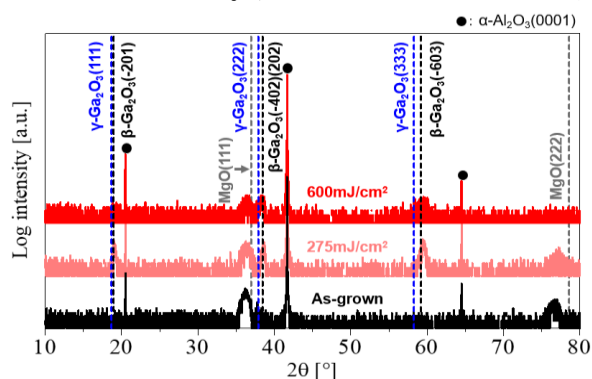


Fig. 1 XRD patterns of Ga_2O_3 films before and after ELA (275mJ/cm², 600mJ/cm²) at R.T. in air

[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). [6] H. Morita, J. Vac. Sci. Technol. A, **39**, pp. 043414-1 (2021), [7] R. Kai et al., Jpn. J. Appl. Phys. **62**, pp. 048003-1 (2023).