

紫外レーザー室温照射による β -Ga₂O₃ (-201) 薄膜合成と構造・特性制御Structural and property modification of β -Ga₂O₃ (-201) thin films

synthesized by UV laser irradiation at room-temperature

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) 森田 公之¹, (M1) 松島 拓海¹, 土嶺 信男², 金子 智^{3,1}, 松田 晃史¹, 吉本 護¹Tokyo Tech. Materials¹, TOSHIMA Manu.², KISTEC³○H. Morita¹, T. Matsushima¹, N. Tsuchimine², S. Kaneko^{3,1}, A. Matsuda¹, M. Yoshimoto¹

E-mail: morita.h.ad@m.titech.ac.jp

【はじめに】 β 型酸化ガリウム (β -Ga₂O₃) は約 4.9 eV のバンドギャップを持つワイドギャップ半導体であり、その高品質なエピタキシャル薄膜は紫外域のオプトエレクトロニクスや高耐圧パワーデバイスなどへの応用が期待される^[1]。これまでエピタキシャル β -Ga₂O₃ 薄膜は MBE や CVD などの手法で 500℃ 以上の高温成膜による作製が報告されてきた^[2]。これに対して我々は、エキシマレーザーアニーリング (ELA) や緩衝層を用いた室温プロセスでのエピタキシャル β -Ga₂O₃ 薄膜の合成について報告してきた^[3,4]。ELA では Ga₂O₃ のバンドギャップに相当する波長の紫外レーザーを用いた非平衡なエネルギー導入と短パルス幅による極短時間の結晶化が可能であり、ドーパント蒸発や分相析出を抑制し特異的なドーピングも期待できる。一方で、ELA プロセスを用いたデバイス形成においては、エピタキシャル β -Ga₂O₃ 薄膜の配向性や界面急峻性などの構造や、ドーパントによる特性の制御に関する知見が重要となる。本研究では ELA 合成における β -Ga₂O₃ 薄膜の構造・物性制御を目的として、界面に注目した構造解析やドーパントが結晶性・配向性や導電性に与える影響について検討した。

【実験及び結果】 KrF エキシマレーザー ($\lambda=248$ nm, $d=20$ ns, 1.5 J/cm²) を用いた PLD 法により NiO と β -Ga₂O₃:M (M は Mg や Sn などのドーパント) 焼結体ターゲットをアブレーションし、希薄 O₂ 中 (10^{-3} Pa) ・基板非加熱で、NiO(111)エピタキシャル緩衝層 ($t \sim 5$ nm) と非晶質前駆体である amO-Ga₂O₃:M 薄膜 ($t \sim 70$ nm) を原子ステップを有する超平坦 α -Al₂O₃ (0001) 基板上に堆積した。続いて amO-Ga₂O₃:M/NiO (111)/ α -Al₂O₃ (0001) 積層膜に対して、光子エネルギー約 5 eV 相当の波長をもつ KrF エキシマレーザー (0.25 J/cm²) を大気中・室温・非集光で基板側から 1000 パルス照射し、ELA を行った。ELA 後の β -Ga₂O₃ 薄膜は XRD 測定および RHEED から (-201)エピタキシャル配向結晶化したことがわかった。図 1 に ELA 後の pure β -Ga₂O₃/NiO/ α -Al₂O₃ 積層膜の断面 TEM 像を示す。NiO 緩衝層は拡散せずに残っており、界面粗さは 1 nm 以下であった。基板付近約 20 nm の領域においては β -Ga₂O₃ (202)配向が確認され、これは ELA の急冷効果により双晶として結晶化したと考えられる^[5]。Out of plane における 202 回折は-402 回折と同じ 2 θ 位置に現れるが、本研究の構造解析で界面近傍の構造が明らかになった。講演では TEM による構造評価や、不純物ドーパされた薄膜の導電性や光学特性についても報告する。

[1] M. Higashiwaki et al., *Appl. Phys. Lett.* **100** 013504 (2012).[2] Y. Zhuo et al., *Appl. Surf. Sci.* **420** 802–807 (2017).[3] D. Shiojiri, et al, *Crystal Growth* **424** 38 (2015).

[4] 中村 稀星他、第 64 回応用物理学会春季学術講演会(2017).

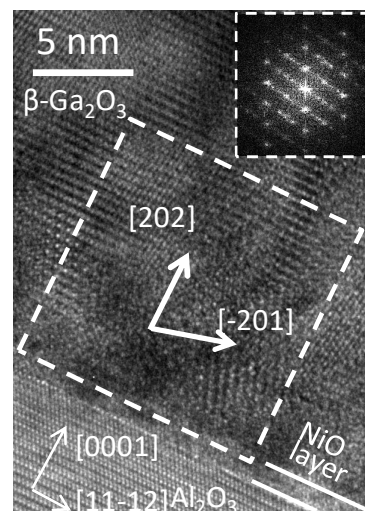
[5] Seiler, W., et al., *Thin Solid Films* **589** 556–562 (2015).

Figure 1 Cross-sectional TEM image of β -Ga₂O₃ (~ 70 nm) / NiO (111) / α -Al₂O₃ (0001) layered structure formed by 1000 pulses atmospheric ELA.