

Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜の室温下レーザー照射固相エピタキシーにおける膜厚や緩衝層の影響Effect of film thickness and buffer layer on solid phase epitaxy of Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> by laser annealing東工大物質理工<sup>1</sup>、(株)豊島製作所<sup>2</sup>、神奈川県産総研<sup>3</sup>○(B) 森田 公之<sup>1</sup>, (M2) 中村 稀星<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. Materials<sup>1</sup>, TOSHIMA Manu.<sup>2</sup>, KISTEC<sup>3</sup>°H. Morita<sup>1</sup>, K. Nakamura<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: morita.h.ad@m.titech.ac.jp

【はじめに】β型酸化ガリウム (β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) は SiC や GaN より大きい約 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、深紫外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ている<sup>[1]</sup>。我々のグループではこれまでに、エピタキシャル薄膜の表面平坦性や界面急峻性の向上を狙い、酸化ニッケル (NiO) 緩衝層による格子ミスマッチの低減、また室温エキシマレーザーアニーリング (ELA) による β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> エピタキシャル薄膜の低温・室温合成などについて報告してきた<sup>[2,3]</sup>。パルスレーザーを用いる ELA プロセスはバンドギャップに応じた光子エネルギー、すなわち波長を選択することによる半導体の効率的な吸収と、短パルスによるアニーリングにより、極短時間の結晶化を誘起することが可能となる。一方で、ELA プロセスを用いた β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> エピタキシャル薄膜の低温合成において、膜厚や緩衝層—薄膜界面など前駆体状態は、レーザー吸収や核形成といった固相結晶化過程に重要であり、その知見を得ることは β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の構造制御や p/n ドーピングなどデバイス応用にむけて貢献できる。本研究では、ELA プロセスによる β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の低温・室温固相エピタキシーと前駆体薄膜との相関を明らかにすることを目的として、膜厚や緩衝層が β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> エピタキシャル薄膜の結晶性・配向性など構造や電子・光学特性などにおよぼす影響について検討した。

【実験及び結果】まず、緩衝層となる NiO および前駆体となる非晶質 Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜をパルスレーザー堆積法 (PLD) により作製した。KrF エキシマレーザー (λ=248 nm、d=20 ns、1.5 J/cm<sup>2</sup>) を用いて NiO と β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 焼結体ターゲットをレーザーアブレーションし、希薄 O<sub>2</sub> 中 (1.0×10<sup>-3</sup> Pa) ・室温 (基板非加熱) で、エピタキシャル NiO 緩衝層 (~5 nm) と非晶質 Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (10–150 nm) を原子ステップ超平坦 α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0001) 基板上に堆積した。次に、前駆体である Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/NiO (111)/α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0001) に対して、Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> バンドギャップに相当する波長をもつ KrF エキシマレーザー (0.25 J/cm<sup>2</sup>) を大気中・室温で 500 パルス照射し、ELA を行った。Fig.1 に示した RHEED 及び XRD 結果から、本研究の ELA 条件では前駆体 Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の膜厚 20 nm では表面は非晶質のままであった一方、30 nm では表面まで一軸配向結晶化し、70 nm では面内異方性を示すエピタキシャル膜が得られた。Fig.2 は膜厚 70 nm の前駆体 Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の λ=248 nm における吸収係数から、ランベルト・ベールの法則を用いて求めた光吸収率の膜厚依存性である。ELA プロセスにおける前駆体 Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜全体によるエネルギー吸収量もエピタキシャル固相結晶化に影響していることが分かった。ELA による β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜の構造変化や、エピタキシャル成長の膜厚依存性なども詳細に報告する。

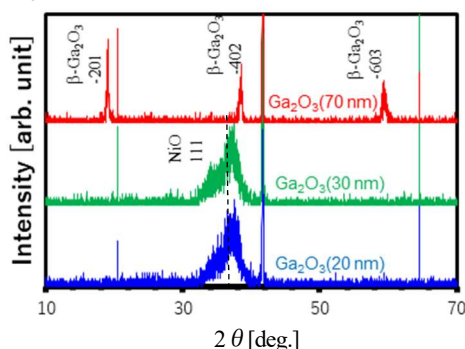


Fig.1 XRD 2θ/ω pattern and RHEED image of Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(20–70 nm thick)/NiO(111)/α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0001) after ELA (0.25 mJ/cm<sup>2</sup>, 500 pulses in Air).

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

[2] D. Shiojiri, et al, Crystal Growth 424 (2015) 38.

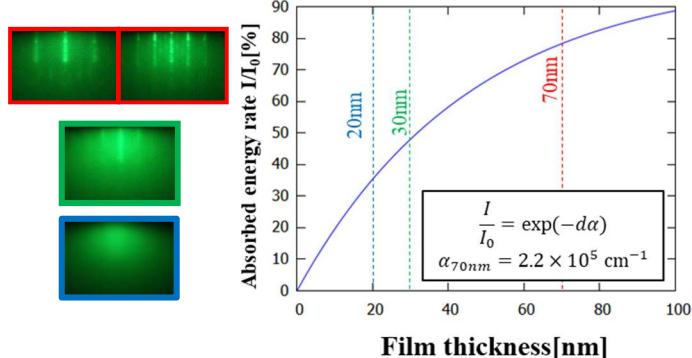


Fig.2 Calculated absorption rate of laser energy to film thickness of amorphous Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

[3] 内田啓貴他、第 63 回応用物理学会春季学術講演会。