

## パルスエキシマレーザー照射による $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜の 室温固相エピタキシーにおける結晶化過程の評価

Investigation on solid-phase epitaxy process of  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
by pulsed excimer laser annealing at room temperature

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)森田 公之<sup>1</sup>、(M1)大賀 友瑛<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>

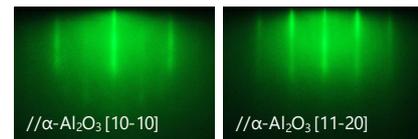
Tokyo Tech. Materials<sup>1</sup>, TOSHIMA Manu.<sup>2</sup>, KISTEC<sup>3</sup>

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

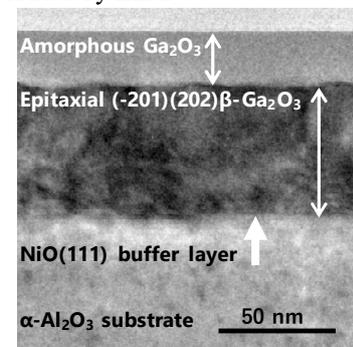
E-mail: morita.h.ad@m.titech.ac.jp

**【はじめに】**  $\beta$ 型酸化ガリウム ( $\beta$ -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、その高結晶配向性の  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜は紫外域のオプトエレクトロニクスをはじめ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>。これまでエピタキシャル  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜は MBE や CVD などの手法で 500°C 以上の高温成膜により作製されてきたが、反応層生成や粗大な粒成長を抑制するため我々は NiO 緩衝層による成膜温度の低温化や、室温エキシマレーザーアニーリング (ELA) による低温合成などについて報告してきた<sup>[2,3]</sup>。短パルス幅な紫外パルスレーザーを用いる ELA では、前駆体のバンドギャップに応じた波長を選択することによる半導体の効率的なエネルギー吸収と極短時間の結晶化を誘起することが可能となる一方で、配向性制御やドーパントによる特性制御などデバイス構造形成のためには ELA プロセスによる  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> エピタキシャル薄膜の結晶化過程評価が欠かせない。本研究では透過型電子顕微鏡 (TEM) による  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> のエピタキシャル成長の観察や、照射パルス数など ELA 条件が結晶性・配向性、表面モフォロジーに及ぼす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/cm<sup>2</sup>) を用いたパルスレーザー堆積法により希薄 O<sub>2</sub> 中 ( $10^{-3}$  Pa)・室温(基板非加熱)で、NiO(111)緩衝層( $t\sim 5$  nm)と非晶質 Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>( $t\sim 30$ , 70 nm)を原子ステップ超平坦  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0001)基板上に堆積した。続いて前駆体である amorphous-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/NiO (111)/ $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (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/cm<sup>2</sup>)を大気中・室温・非集光で基板側から 500—1500 パルス照射し、ELA を行った。ELA 後の薄膜は XRD 測定より(-201)配向していることがわかった。図 1 に示した 500 パルス照射した薄膜( $t\sim 30$  nm)の RHEED 像では 6 回対称性の streak パターンが観察され、 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> がエピタキシャル成長したことが分かった。図 2 に示した断面 TEM 像は  $t\sim 70$  nm の薄膜に 500 パルス照射した結果であり、表面近傍の $\sim 30$  nm に残留非晶質領域がみられたことから、緩衝層界面から膜表面に向かってエピタキシャル成長したことが明らかとなった。当日は高分解能 TEM 像や、膜の表面モフォロジーについても報告する。



**Fig.1** RHEED patterns of a  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> thin film ( $\sim 30$  nm) formed by ELA on NiO (111)-buffered  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0001) substrate by ELA.



**Fig.2** Cross-sectional TEM image of  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ( $\sim 70$  nm) / NiO (111) /  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0001) layered structure formed by atmospheric ELA.

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

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

[3]内田啓貴他、第 63 回応用物理学会春季学術講演会(2016).