

β 型 $\text{Ga}_2\text{O}_3(010)$ 基板上 $(\text{AlGa})_2\text{O}_3$ 層の臨界膜厚

Critical Layer Thickness of $(\text{AlGa})_2\text{O}_3$ Layers on $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3(010)$ Substrates

筑波大院数物¹ ◦奥村 宏典¹

Univ. of Tsukuba¹ ◦Hironori Okumura¹

E-mail: okumura.hironori.gm@u.tsukuba.ac.jp

地球温暖化抑制に向けて、低消費電力を担う高出力素子の普及が急務である。 β 型 Ga_2O_3 は、絶縁破壊電界強度が高く (8 MV/cm)、高出力素子用材料として高い潜在力を持つ。また、熔融成長によりバルク結晶を作製可能であるため、低価格かつ大面積化が可能である。 Ga_2O_3 層に Al_2O_3 を混ぜることで、更なる高耐圧化が期待できる。Sn 添加 $\beta\text{-}(\text{Al}_{0.16}\text{Ga}_{0.84})_2\text{O}_3$ 層をチャネルとする電界効果トランジスタ (MESFET) では、900 V を超える耐圧が報告されている [1]。しかし、チャネル層の不純物濃度および膜厚制御が不十分であるため、本来の性能を十分に引き出せているとは言えない。今回、更なる高性能化を目指し、 β 型 Ga_2O_3 基板上 $(\text{AlGa})_2\text{O}_3$ 層の臨界膜厚について調べた。

プラズマ援用分子線エピタキシー法を用いて β 型 $\text{Ga}_2\text{O}_3(010)$ 基板上に $(\text{AlGa})_2\text{O}_3$ 層を結晶成長させた。基板温度 (730°C)、酸素流量 (0.5 sccm)、酸素プラズマ出力 (200 W)、Ga フラックス (9×10^{-6} Pa) を一定とし、Al フラックスを $2 \times 10^{-7} \sim 2 \times 10^{-6}$ Pa の間で変化させることで Al 組成を制御した。これは酸素過剰条件に相当する。成長速度は ~ 7 nm/min である。 $(\text{AlGa})_2\text{O}_3$ 層の Al 組成は、X 線回折 $2\theta/\omega$ スキャンおよび逆格子マッピングにより調べた。

Al フラックスを変えることで、ほぼ比例して Al 組成が増大し、Al 組成 19% の $\beta\text{-}(\text{AlGa})_2\text{O}_3$ 結晶成長に成功した。さらに高い Al フラックスを用いると、急激に Al 組成が低減した。MBE 法では、低温で結晶成長を行うため、固溶限界に達したと考えられる。膜厚 200 nm 以下の $\beta\text{-}(\text{AlGa})_2\text{O}_3$ 層は全て、 $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 基板上にコヒーレントに成長した。更なる厚膜成長では、1050 nm 厚 $(\text{Al}_{0.12}\text{Ga}_{0.88})_2\text{O}_3$ 層および 420 nm 厚 $(\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85})_2\text{O}_3$ 層のコヒーレント成長に成功した。Al 組成と膜厚の関係を図 1 に示す。コヒーレント成長した試料を白丸、格子緩和した試料を黒丸で表している。Fischer モデルを用いて臨界膜厚の理論計算を試みたところ、 $\{10\bar{2}\}$ スリップ面を用いることで、歪みと膜厚の関係が比較的良好に一致した。今後、透過型電子顕微鏡を用いた詳細な検討が必要である。本研究は、旭硝子財団の助成を受けたものである。

[1] H. Okumura *et. al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **58**, SBBD12 (2019).

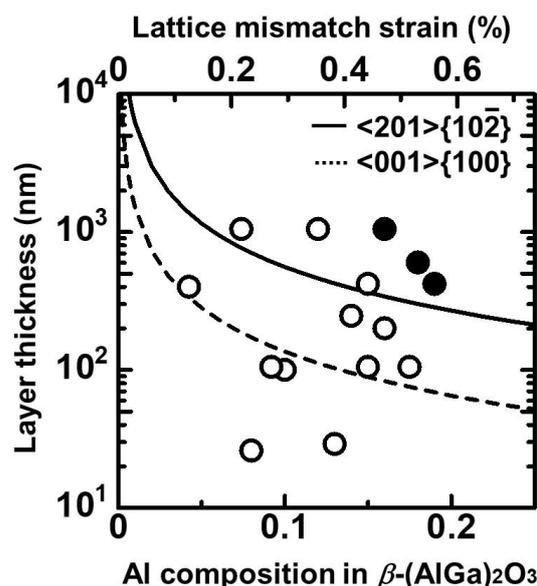


Fig. 1: Relation of layer thickness via Al composition in partially relaxed (black circles) and coherently grown (white circles) $\beta\text{-}(\text{AlGa})_2\text{O}_3(010)$ layers. Solid line is the critical layer thickness calculated from the Fisher model.