

Ga₂O₃ 膜の分析評価技術

表面科学研究部 中田 由彦

要 旨 SiC や GaN より大きなバンドギャップを持つ酸化ガリウム (Ga₂O₃) は新たなパワーデバイス材料として注目されている。デバイス応用に向けた薄膜成長技術の発展とともに、Ga₂O₃ 薄膜の分析評価技術の重要性は益々高まると考えられる。本稿では、サファイア基板上に作製した Ga₂O₃ 膜の結晶構造解析、および不純物、欠陥評価を行った事例について紹介する。

1. はじめに

近年、SiC や GaN よりも大きなバンドギャップを持つ酸化ガリウム (Ga₂O₃) 半導体への注目度が急速に高まりつつある。Ga₂O₃ は酸化物半導体の一種であり、最も安定な β 型のバンドギャップは 4.5eV¹⁾と報告されている。SiC や GaN の 3.3, 3.4eV と比較して大きな値を有しており、より高耐圧なパワーデバイスの実現が期待される。また Ga₂O₃ は SiC や GaN では不可能な融液成長による基板作製が可能であることから、大口径かつ高品質の基板を低コストで作製できるメリットがある。現在、国内では株式会社ノベルクリスタルテクノロジーにて 2 インチの β 型単結晶基板およびエピタキシャル膜付基板が製造・販売されている。

デバイス開発においては、2012 年に独立行政法人情報通信研究機構などにより世界ではじめて単結晶基板を用いた電界効果トランジスタ (FET) の開発が報告されている²⁾。また 2018 年には株式会社 FLOSFIA と京都大学が共同で、コランダム構造 Ga₂O₃ を用いた MOSFET のノーマリーオフ動作の実証に成功している³⁾。

今後、デバイス応用に向けた薄膜成長技術の発展とともに、薄膜の分析評価技術の重要性はますます高まると考えられる。本稿では、サファイア基板上に作製した Ga₂O₃ 薄膜の結晶構造解析、および不純物濃度、

欠陥評価を行った事例について紹介する。なお、評価に用いられた β 型 Ga₂O₃ の試料はサムコ株式会社が独自に改良したミスト CVD 装置にて作製されたものである^{4,5)}。

2. 試料

c 面サファイア基板上に CVD 法を用いて膜厚 300nm の Ga₂O₃ 薄膜を作製し、n 型ドーパントである Sn のドーピング量を変えた 4 種類の試料 (2%狙い, 0.1%狙い, 0.01%狙い, アンドープ) を用意した。Ga₂O₃ には 5 種類の結晶構造 (α, β, γ, δ, ε) が存在することが知られており、この中で最も安定な β 型は単斜晶系の構造をとる (図 1 左)。成膜温度が低い場合はサファイア基板と同じコランダム構造である α 型 (図 1 右) の Ga₂O₃ 膜が成長するが、高温での成長 (約 800°C 以上) では、熱的に安定な β 型の Ga₂O₃ 膜が成長すると考えられる。

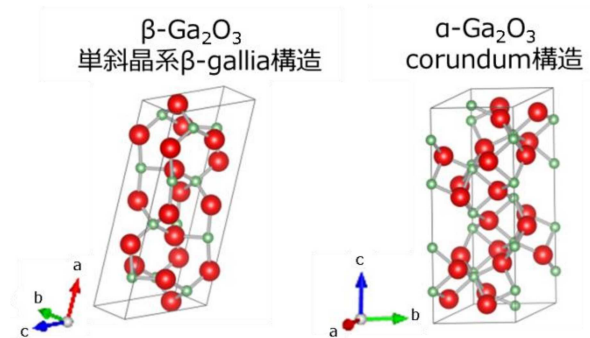


図 1 Ga₂O₃ の結晶構造