

サファイア基板上 α -($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}$) $_2\text{O}_3$ 薄膜の熱的安定性

Thermal Stability of α -($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}$) $_2\text{O}_3$ films on Sapphire Substrates

京大院工 °神野 莉衣奈*, 金子 健太郎**, 藤田 静雄***

Kyoto Univ., °Riena Jinno, Kentaro Kaneko, Shizuo Fujita

E-mail: rjinno@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

コランダム構造酸化アルミニウムガリウム (α -($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}$) $_2\text{O}_3$) は、Al 組成 x の変化により 5.4~8.8 eV の高エネルギー領域でバンドギャップ (E_g) 変調可能な超ワイドバンドギャップ材料である。第一原理計算から $E_g \sim 7.5$ eV ($x \sim 0.7$) まで Si が浅いドナーとなることが報告されており [1]、 α -($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}$) $_2\text{O}_3$ を用いた超ワイドバンドギャップ半導体の応用が期待されている。 Al_2O_3 と Ga_2O_3 の最安定相はそれぞれ α 相と β 相と異なるため、($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}$) $_2\text{O}_3$ は理論的に $x < 0.7$ では β 相、 $x > 0.7$ では α 相がエネルギー的に安定である [2]。 α -($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}$) $_2\text{O}_3$ の応用において構造安定性は重要であり、本発表では、 $0 \leq x \leq 0.9$ における α -($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}$) $_2\text{O}_3$ の速度論的熱的安定性について報告する。

α -($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}$) $_2\text{O}_3$ 薄膜はミスト CVD 法により c 面サファイア基板上に 700°C で成長し、膜厚は 60-300 nm の範囲で変化させた。成長後、試料を大気雰囲気下で 30 分間アニール処理した。アニール温度 (T_A) は 600-1100°C の間で変化させた。アニール処理後、XRD $2\theta/\omega$ 測定により構造を評価した。 $x \leq 0.2$ では、膜厚の増加させることで β 相への相転移温度が低下する傾向が得られた。一方で、 $x > 0.2$ においては膜厚 300 nm 以下の範囲では相転移温度の膜厚依存性はみられなかった。 $x = 0.65, 0.8$ の試料では、 β 相への相転移は確認されなかったが、XRD $2\theta/\omega$ スキャンプロファイルにおいて 800°C 以上でのアニール処理後に α -($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}$) $_2\text{O}_3$ 0006 からの回折ピーク強度が減少する結果が得られた (Fig.1(a))。一方で、00012 からの回折ピーク強度は変化せず (Fig.1(b))、また TEM 観察の結果からも α 相を維持していることがわかった。Single Crystal を用いたシミュレーションより、 α -($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}$) $_2\text{O}_3$ の 0006 の構造因子は 00012 と比べて Al, Ga の結晶中の位置の影響を受けやすく、アニール処理により相転移は生じていないが Al, Ga の位置が変化したと考えられる。 $x > 0.6$ の高 Al 組成領域では、今回の測定範囲内では構造相転移はせず 1100°C でのアニール処理後も α 相を維持しており (Fig.2)、理論によるエネルギー安定性と一致する結果が得られた。これらの結果から α -($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}$) $_2\text{O}_3$ を用いたワイドバンドギャップ領域の開拓が今後期待できる。

[1] D. Wickramaratne, *et. al.*, Appl. Phys. Lett. **121**, 042110 (2022).

[2] H. Peelaers, *et. al.*, Appl. Phys. Lett **112**, 242101 (2018).

[3] R. Jinno, *et. al.*, JJAP **60**, SBBD13 (2020).

*現東大, **現立命館大, ***現京大産連

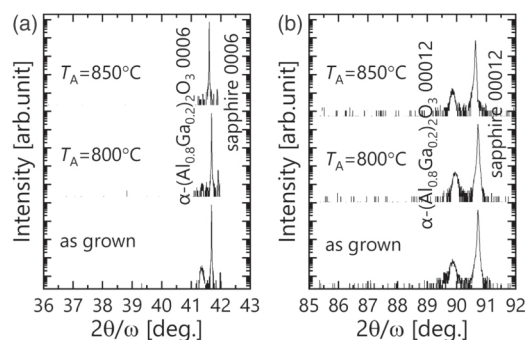


Fig.1. Symmetric XRD $2\theta/\omega$ scan profiles for the α -($\text{Al}_{0.8}\text{Ga}_{0.2}$) $_2\text{O}_3$ film with a thickness of 80 nm: (a) lower and (b) higher angle ranges [4].

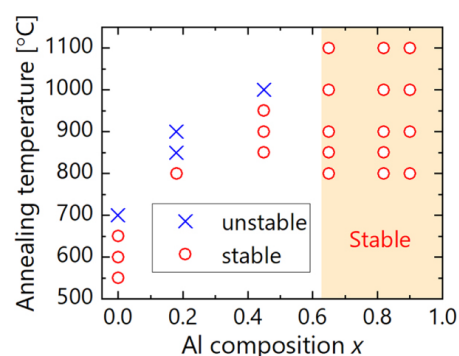


Fig.2. Phase stability of the α -($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}$) $_2\text{O}_3$ films as a function of x [4].