

深紫外透明導電膜への応用に向けた (In_xGa_{1-x})₂O₃ 混晶薄膜の成長とその評価

Growth and characterization of (In_xGa_{1-x})₂O₃ alloy thin films for transparent conductive thin films in the deep-UV region.

京工繊大¹, 京大² ○小倉 有莉¹, 新田 悠汰¹, 池之上 卓己², 西中 浩之¹, 吉本 昌広¹

Kyoto Inst. of Tech.¹, Kyoto Univ.², °Yuri Ogura¹, Yuta Arata¹,

Takumi Ikenoue², Hiroyuki Nishinaka¹, Masahiro Yoshimoto¹

E-mail: m1621015@edu.kit.ac.jp

深紫外透明導電膜は、深紫外発光ダイオードやソーラーブラインド光検出器などのオプトエレクトロニクス用途において、深紫外領域で高い透明性を有する電極として注目されている。代表的な透明導電膜としては In₂O₃, SnO₂, ZnO などがあるが、これらの材料はバンドギャップ(E_g)が 3.25–3.75eV であるため、深紫外用透明電極として使うことができない。そこで、より大きなバンドギャップを持つ Ga₂O₃ が深紫外領域の透明電極材料として検討されてきた[1]。しかし Ga₂O₃ はその導電性が十分に高くないために、深紫外透明導電膜への利用にはまだ課題がある。そこで本研究では、Ga₂O₃ に、より導電性の高い In₂O₃ を混晶させた (In_xGa_{1-x})₂O₃ に注目した。この (In_xGa_{1-x})₂O₃ は、組成によって複数の結晶構造を取ることが報告されている[2]。そこで、本検討ではミスト CVD 法を用いて AlN テンプレート上および YSZ 基板上に、全組成 x=0–1 にわたって (In_xGa_{1-x})₂O₃ 混晶薄膜を成長させた。

Fig. 1 は(a)AlN テンプレートおよび(b)YSZ 基板上に (In_xGa_{1-x})₂O₃ を成長させた試料の XRD 2θ-ω 測定結果である。この図より、In 組成が 0 から 1 に増加するにしたがって、結晶構造が直方晶(κ)→六方晶(hex)→立方晶(bcc)と変化していくことが分かった。Fig. 2 はこれらの試料の光学バンドギャップ E_g であり、In 組成

の増加につれて E_g は減少することが示された。Fig. 3 にこれらの試料の比抵抗の結果を示す。In 組成が多くなるにつれて、比抵抗が下がっている。hex-(In_xGa_{1-x})₂O₃ に注目すると、バンドギャップは 4.15 eV と大きい値でありながら、比抵抗は 0.39 Ω·cm と小さな値を示した。hex-(In_xGa_{1-x})₂O₃ の結晶成長についての報告はサファイア上に PLD 法で形成した報告例[3]はあるものの、その導電性の結果は報告されていない。このように本報告では hex-(In_xGa_{1-x})₂O₃ が高い導電性を持つことを示した。また深紫外 LED 用の電極として利用するためには、AlN や AlGaIn 上での形成が必要であるが、このように AlN 上でも高い導電性を示したことは深紫外 LED 用の透明導電膜として有望な材料であると言える。

また、この試料は不純物添加をしていないため、不純物添加によってさらなる低抵抗化が期待できる。当日はその不純物添加の結果と熱処理による低抵抗化についても報告する。

参考文献

- [1] M. Orita *et al.*, Appl. Phys. Lett. 77 (2000) 4166.
[2] M. Maccioni and V. Fiorentini, Appl. Phys. Express, 9 (2016) 041102.
[3] J. E. N. Swallow *et al.*, ACS Appl. Mater. Interfaces, 13, 2, (2021) 2807.

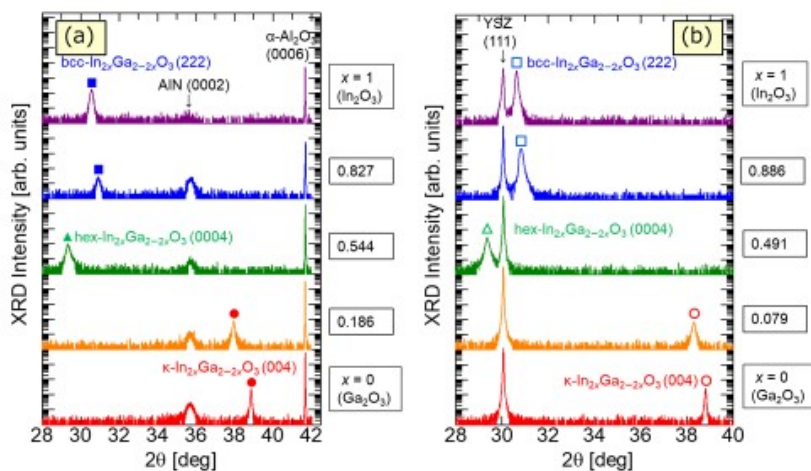


Fig. 1 X-ray diffraction 2θ-ω patterns for (In_xGa_{1-x})₂O₃ thin films grown on (a) AlN templates and (b) YSZ substrates.

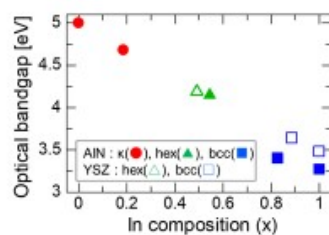


Fig. 2 Optical bandgaps of (In_xGa_{1-x})₂O₃ thin films as functions of In composition (x)

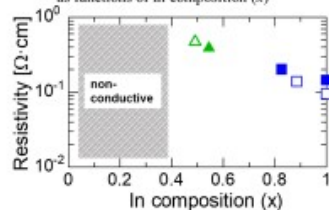


Fig. 3 Electrical resistivities of hex-(In_xGa_{1-x})₂O₃ and bcc-(In_xGa_{1-x})₂O₃ thin films as the functions of x