

# Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(酸化ガリウム)を利用した 深紫外発光ダイオード用透明導電膜の作製

SATテクノロジー・ショーケース2024

## ■ はじめに

波長 200 ~ 300 nm の深紫外光による菌やウイルスへの殺菌効果が衛生、医療分野で利用されている。現在は光源として水銀ランプなどの放電管が用いられており、水銀による環境負荷や光源の大型化が課題となっている。対して、深紫外発光ダイオード (LED) は上記課題を解決できる有望な光源として期待されている。一方で、LED 内部の深紫外透過性が低く、光取り出し効率が低い課題がある。<sup>1)</sup>本研究では、ワイドバンドギャップの酸化ガリウムを透明電極として応用することを目的に、課題である低い電気伝導を Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> と同じ価数で透明電極材料として広く認知されている酸化インジウム (In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) と混合する事で改善を図った。

## ■ 活動内容

### 1. 試料作製

本研究では高周波マグネトロンスパッタリング法によりガラス基板に無加熱で膜厚約 100 nm の薄膜を成膜した。ターゲットには Ga 組成 : Ga/(In+Ga) を 0 から 60 % まで変化させた焼結体ターゲットを使用した。

作製した薄膜試料はホール測定により電気特性: 抵抗率 ( $\rho$ )、キャリア密度 ( $N$ )、Hall 移動度 ( $\mu_H$ )、X線回折 (XRD) により結晶構造、分光測定により透過率を評価した。

### 2. 結果

XRD による構造評価の結果から Ga 組成が 0 % の試料、すなわち In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜の XRD パターンにはハローパターンと共に In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 立方晶ビクスマイトの回折ピークが確認され、非晶質相と結晶相とが混合した構造であることが示唆された。一方で、Ga 組成が 20 % 以上の薄膜の XRD パターンからはハローパターンのみが確認され非晶質であった。Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の混合は結晶化エネルギーを増大したためだと考えられる。また、確認されたハローパターンは Ga 組成が増加することで高角度側にシフトした。

表 1 に Ga 組成を変化させた焼結体ターゲットを用いて成膜した薄膜の電気特性を示す。Ga 組成が 0 ~ 40 % の薄膜では基板温度 650 °C で結晶化された (InGa)<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の薄膜の既報よりキャリア密度が一桁以上高く、それに伴い抵抗率が既報より低い値が得られた。<sup>2)</sup>対して Ga 組成が 60 % の薄膜では 40 % の薄膜よりキャリア密度が二桁低下し、Hall 移動度も一桁まで低下した。

図 1 に各試料の透過率スペクトルを示す。図 1 より使

用する Ga 組成が増加することで、透過率の低下が始まる吸収端の位置が約 400 nm 付近から約 370 nm 付近までシフトした。Ga 組成の増大によりバンドギャップが増加していると考えられる。また Ga 組成が 40 % から 60 % での吸収端のシフトは 0 ~ 40 % までのシフトより大きく変化した。

## ■ 参考文献

- 1) Y Nagashima, M Fukumoto, M Tsuchii, Y Sugisawa, D Sekiba, T Hasegawa, and Y Hirose  
Chemistry of Materials 2022 34 (24), 10842-10848
- 2) Z Yang, W Chen, S Kuang, Z Sheng, J Shi, D Chen, M Cui, H Qi, and Kelvin H. L. Zhang  
Crystal Growth & Design 2022 22 (12), 7325-7330

表 1 Ga 組成 0 ~ 60 % 薄膜のホール測定結果

Ga組成 (%)	$\rho$ ( $\Omega \cdot \text{cm}$ )	$N$ ( $\text{cm}^{-3}$ )	$\mu_H$ ( $\text{cm}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$ )
0	$4.63 \times 10^{-4}$	$5.30 \times 10^{20}$	25.4
20	$5.36 \times 10^{-4}$	$3.29 \times 10^{20}$	35.4
40	$1.89 \times 10^{-3}$	$1.65 \times 10^{20}$	20.0
60	$7.37 \times 10^{-1}$	$1.01 \times 10^{18}$	8.38

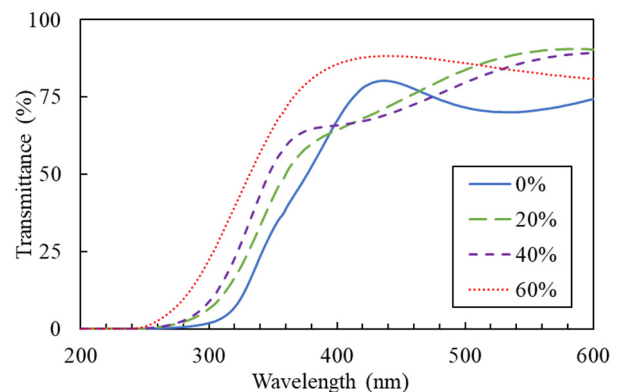


図 1 Ga 組成 0 ~ 60 % 薄膜の透過率

代表発表者 **福川 菜都(ふくがわ かと)**  
 所属 **千葉工業大学 工学研究科 応用化学専攻  
 産業技術総合研究所 製造技術研究部門  
 リマニュファクチャリング研究グループ**  
 問合せ先 〒275-0061 千葉県習志野市津田沼 2-17-1  
 TEL:047-475-2111  
 E-mail:s19A6100PK@s.chibakoudai.jp

■キーワード: (1) Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
 (2) スパッタ  
 (3) 透明導電膜  
 ■共同研究者: 野本 淳一 (産業技術総合研究所)  
 五十嵐 香 (千葉工業大学)