

高温スパッタリングにより成膜した MgZnO 透明電極材料の電氣的及び光学的特性

Electrical and optical properties of MgZnO transparent electrode materials deposited by high temperature sputtering.

名大院工¹, 名大未来材料・システム研究所², 名大 VBL³, 名大高等研究院⁴, 名大赤崎記念研究センター⁵,
○(M1)松原 太一¹, 久志本 真希¹, 渡邊 浩崇², 古澤 優太², 新田 州吾², 本田 善央^{2,3,4}, 天野 浩^{2,3,5}
Nagoya Univ.¹, IMaSS², VBL³, IAR⁴, Akasaki RC⁵

○(M1) T. Matsubara¹, M. Kushimoto¹, H. Watanabe², Y. Furusawa², S. Nitta², Y. Honda^{2,3,4}, and H. Amano^{2,3,5}

E-mail: matsubara.taichi@i.mbox.nagoya-u.ac.jp

【研究背景】AlGaIn 系深紫外線発光ダイオードは、光取り出し効率(LEE)が非常に低いため高出力化が困難である。LEE の改善には、透明電極が有用であるが従来の ITO は紫外光に対して不透明である。そこで、深紫外光が透過可能な酸化物材料 MgZnO^[1]に着目した。深紫外光を透過する高 Mg 組成の MgZnO は導電性が低下する課題があるが、窒素雰囲気下で高温アニールすることにより比抵抗改善が可能であることを以前報告した^[2]。しかし、アニール時に起こる再結晶化グレイン形成による組成分離により透過率が低下することから、本報告では、MgZnO の抵抗値を維持したまま、深紫外光の透過率向上を目的とし、成膜時の基板温度について検討を行った。

【実験手法】c 面 sapphire 基板の上に MgO と ZnO の組成比 1 : 2、純度 4N の焼結体 2 インチターゲットを用いた RF マグネトロンスパッタリング法にて MgZnO 薄膜を積層した。成膜条件は、Ar 雰囲気中 RF 出力 60W、成膜時間を 150 分間と固定し、基板温度を 21°C~300°C で変化させた。成膜後に窒素雰囲気下 850°C で 5 分間アニールを行った。電気特性評価のため EB 蒸着にて Ti/Al/Ti/Au を積層した。評価は、紫外可視高度分光光度計にて透過率測定を行い、van der Pauw 法にて比抵抗測定、X 線回折法にて 2θ/ω 測定を行った。

【結果と考察】各基板温度で成膜した MgZnO の吸収係数スペクトルを Fig.1(a)に示す。基板温度上昇に伴い、波長 250nm~320nm 帯での吸収係数が低減した。各基板温度で成膜した MgZnO の比抵抗を Fig.1(b)に示す。基板温度 150°C では以前の報告^[2]と同程度の比抵抗 $\rho = 8.95 \times 10^{-1} [\Omega \cdot \text{cm}]$ を示した。一方で、200°C 以上では基板温度上昇に伴い比抵抗が増加した。各基板温度で成膜した MgZnO の 2θ/ω 測定結果を Fig.2 に示す。基板加熱による成膜は室温成膜と比較して、rocksalt-MgO(rs-MgO)(111)のピーク強度が増加した。また、温度上昇に伴い wurtzite-ZnO(wz-ZnO)(0002)及び wz-ZnO(10 $\bar{1}$ 1)のピーク強度が低下した。各基板温度の Mg 組成をエネルギー分散型 X 線分析で測定をすると、 $x = 0.25 \sim 0.46$ であり、基板温度上昇に伴い組成が増加した。以上より、温度に伴い rs-MgZnO と wz-MgZnO の体積比が変化したことが示唆される。rs-MgZnO は wz-MgZnO と比較してバンドギャップは増加するが電気特性は低下する^{[3][4]}。そのため、基板温度 200°C 以上では温度上昇に伴い比抵抗が増加したと考えられる。一方、基板温度 150°C で波長 280nm における吸収係数を算出すると $\alpha = 0.71 \times 10^5 [\text{cm}^{-1}] (x = 0.33)$ あった。以前の報告では^[2] $\alpha = 1.04 \times 10^5 [\text{cm}^{-1}] (x = 0.42)$ であったため、低 Mg 組成であるが吸収係数が低減したことがわかる。

以上より、成膜時の基板加熱は MgZnO の透過率向上に有効な手段であることが分かる。

謝辞 実験遂行に当たり技術サポートをいただいた出光興産(株)、日機装技研(株)の方々に感謝いたします。

参考文献: ^[1] X. Wang *et al.*, Appl. Phys. Lett. **107**, 022111 (2015). ^[2] M. Kushimoto *et al.*, Phys. Stat.

Solidi. A **217**, 1900955 (2020). ^[3] S. Choopun *et al.*, Appl. Phys. Lett. **80**, 1529 (2002). ^[4] A. Ohtomo *et al.*,

Appl. Phys. Lett. **72**, 2466 (1998).

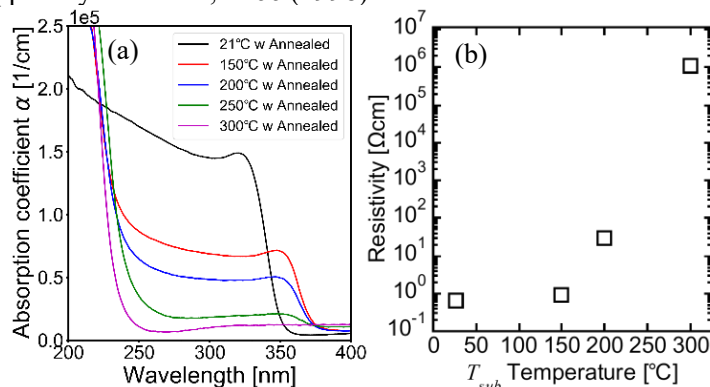


Fig.1. (a) Absorption coefficient spectra and (b) specific resistance of MgZnO for various T_{sub}

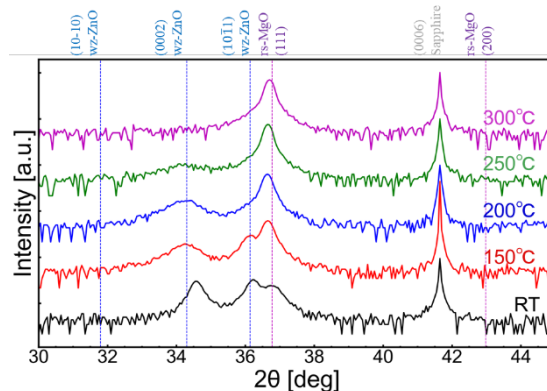


Fig.2. X-ray analysis 2θ/ω measurement of MgZnO for various T_{sub}