

# Al 添加 ZnO 透明導電膜の熱処理による劣化機構

牧野研究室 1170144 松井亨平

## 1. 研究の背景

酸化亜鉛 (ZnO) 透明導電膜は、Al や Ga などを用いたドーパントとして用いることにより、高い透過性と低抵抗率が得られるが、耐熱性に課題がある。これまでに、成膜法や熱処理雰囲気によって耐熱性が異なることが報告されているが[1]、熱処理による電気特性の劣化機構については十分に理解されていない。本研究では、DC マグネトロンスパッタ法を用いて Al 添加 ZnO 膜 (AZO 膜) と、耐熱性が高いとされる Ti 添加 ZnO 膜 (TZO 膜) [2]を成膜し、空气中及び窒素雰囲気での熱処理が電気特性に与える影響について検討した。

## 2. 実験方法

膜厚 500nm の AZO 膜と TZO 膜は、DC マグネトロンスパッタ法により、石英ガラス基板上に基板温度 200°C で成膜した。成膜後、各雰囲気において 200°C ~ 500°C で 30 分間熱処理を行い、室温まで自然冷却したものについて評価を行った。評価方法として、ホール効果測定、分光透過率・反射率測定、フォトルミネッセンス(PL)測定、X 線回折測定を行った。さらに粒界の寄与を検討するため、分光透過率・反射率から光学移動度( $\mu_{Opt}$ )を求め、ホール移動度( $\mu_{Hall}$ )と比較を行った。

## 3. 実験の結果と考察

図 1 に  $\mu_{Opt}$  と  $\mu_{Hall}$  の熱処理温度依存性を示す。 $\mu_{Opt}$  が粒内の移動度に対応すると考えると、 $\Delta\mu = \mu_{Opt} - \mu_{Hall}$  は粒界の寄与を示すものとされる。Al 濃度 0.8at% では、350°C まで  $\mu_{Opt}$  の変化は小さく、 $\mu_{Hall}$  は大きく減少している。また、PL スペクトルに変化は見られず、粒内に欠陥は生成されていない。つまり電気特性の劣化は粒界の寄与が支配的であると考えられる。高 Al 濃度 3.2at% では、300°C 以上において、格子間酸素もしくはアクセプタ型の欠陥が PL スペクトルで確認された。また  $\mu_{Hall}$  と  $\mu_{Opt}$  は熱処理温度上昇と共に低下し、粒内欠陥によるものと理解される。

このとき  $\Delta\mu > 0$  であり、粒界の寄与も確認された。TZO 膜では、粒界の寄与が小さいことが確認された。

## 4. まとめ

AZO 膜では粒内の欠陥に加え、粒界の寄与が電気特性を劣化させる要因であることが示された。また高 Al 濃度では、より低温で粒内欠陥が生成される。それに対して TZO 膜は、粒界の変化の抑制が高い耐熱性に繋がっていることが考えられる。

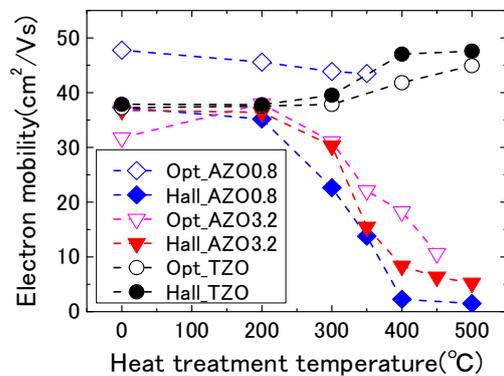


図 1. 空气中熱処理における  $\mu_{Opt}$  と  $\mu_{Hall}$

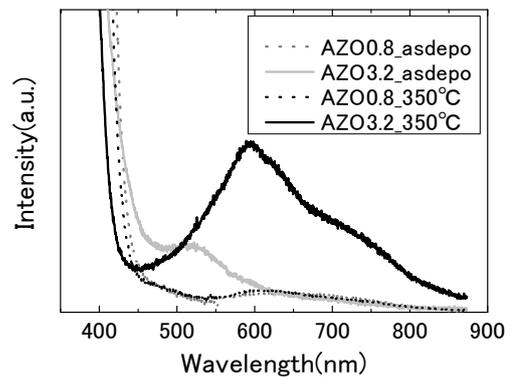


図 2. 空气中熱処理後の AZO 膜の PL 結果

## 参考文献

- [1] H. Makino et al., Thin Solid Films 518(2009) 1386.
- [2] 北尾寿貴, 高知工科大学シス工, 卒業研究報告, H.28 年.