

Ar プラズマ処理による ZnO 薄膜の電気特性の向上

1200058 駒瀬 弥生 (機能性薄膜工学研究室)

(指導教員 牧野 久雄 教授)

1. 研究背景・目的

透明導電膜材料の中でも ITO 薄膜はその非常に優れた光学特性と電気特性により現在最も広く用いられている材料である。しかし ITO 薄膜に使用されるインジウムは資源の枯渇が懸念されており、価格の高騰や安定な供給に懸念がある。そこで ITO に替わる材料として注目されているのが酸化亜鉛 (ZnO) である。ZnO 薄膜は Ar プラズマ処理により移動度やキャリア密度が増加し、光電気特性が向上することが分かっており、その原因としてプラズマ処理装置に残留する H₂O もしくは H₂ の混入が考えられている。[1]

本研究では、2 つの異なるプラズマ処理装置を用いて ZnO 薄膜に Ar プラズマ処理を行い、またその際にチャンパー内のガスを調べることで、Ar プラズマ処理により ZnO 薄膜の電気特性が向上する原因を明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

本研究では、RF マグネトロンスパッタ法を用いてガラス基板に ZnO 膜を成膜した。到達真空度 10⁻⁵ Pa のマグネトロンスパッタ装置 (ULVAC CS-L) と、到達真空度 5 Pa のプラズマ処理装置 (ヤマトマテリアル PiPi) の 2 つの装置を用いてプラズマ処理を行った。またその際に、質量分析法と発光分光法によってプラズマ処理直前のチャンパー内のガスと、プラズマ発光を調べた。また ZnO 薄膜は Hall 効果測定をすることにより電気特性を調べた。そしてプラズマ処理前後の電気特性と 2 つの分析法で得られた結果を比較、考察した。また以下では、到達真空度の高い装置を高真空装置、低い装置を低真空装置とする。

3. 実験結果と考察

3.1 質量分析法

高真空装置でのプラズマ処理では、移動度は増加したがキャリア密度はほぼ変わらなかった。また低真空装置では移動度、キャリア密度ともに増加した。

次に、質量分析法で得られた H₂O 分圧と移動度の関係を図 1 に示す。プラズマ処理直前のチャンパー内は H₂O 分圧の比率が大きく、また、イオンゲージ圧力が大きくなるほど H₂O 分圧も大きくなっていった。図 1 を見ると、同じ H₂O 分圧であるにも関わらず異なる移動度の 3 点が確認できた。この原因として壁からのたたき出しの影響が考えられる。図中 6 番の点は大気開放をしてから排気、1 番はベーキングをしてロードロックで搬送直後、5 番はまず 4 番で大気開放後にプラズマ処理を行った後にロードロックで搬送し、プラズマ処理を行った。大気開放によりチャンパー内壁に H₂O が付着し、プラズマ処理中に壁からたたき出されるため、処理直前の H₂O 分圧はほぼ同じであるが移動度に違いが生じたと考えられる。

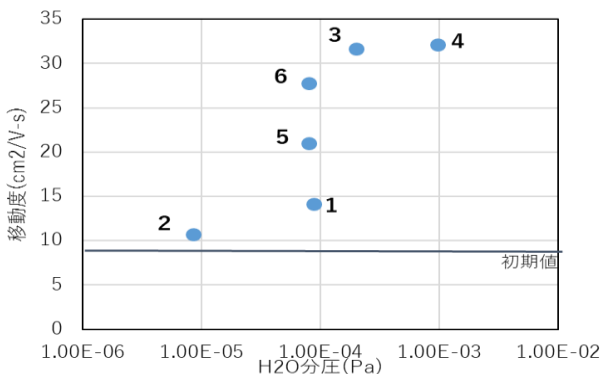


図 1 H₂O 分圧と移動度の関係

3.2 発光分光法

図 1 に示した結果のプラズマ処理と同様の条件下で発光分光法でプラズマ発光を計測しながらプラズマ処理を行った。得られたスペクトルで、特にピークに特徴がみられた波長範囲のスペクトルを図 2、3 に示す。なお、Ar 由来で波長 751 nm の最も強いピークで規格化した。

図 2、3 に示すように、波長 310 nm と 656 nm に特徴的なピークが確認できた。これはそれぞれ OH と H を示すピークである[2]。

図 2、3 に示す IG:2.3E-4 Pa と IG:2.2E-4 Pa のスペクトルはそれぞれ図 1 に示すデータ番号の 1 と 6 のプラズマ処理条件に対応している。図 1、2 を比較すると、同じ圧力でも高い移動度を示した 6 番は強い強度で OH のピークが確認できたが、低い移動度を示した 1 番では OH のピークの強度は小さかった。これより、移動度の増加には OH が影響を与えている可能性があり、たたき出しによる影響であったと考えられる。

図 3 では、低真空装置によるプラズマ発光にのみ H のピークが確認できた。低真空装置ではキャリア密度が増加し、高真空装置では減少したことから、キャリア密度の増加には H が影響を与えていると考えられる。

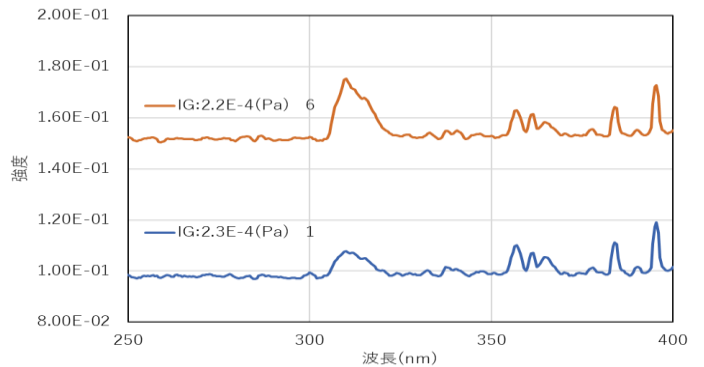


図 2 波長 310 nm 付近のスペクトル(規格化)

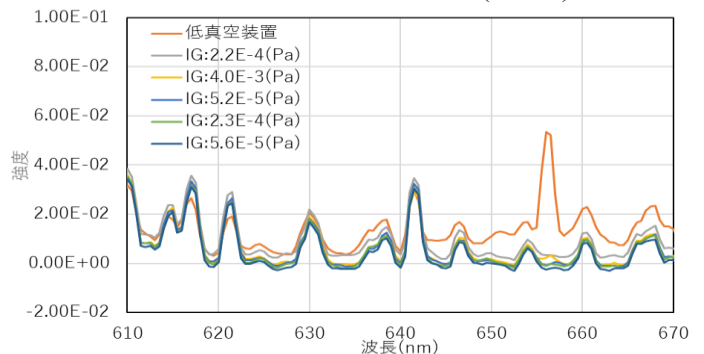


図 3 波長 650 nm 付近のスペクトル(規格化)

4. まとめ

本研究では質量分析法と発光分光法でプラズマ処理直前のチャンパー内とプラズマ発光を調べながらプラズマ処理を行うことにより、Ar プラズマ処理による ZnO 薄膜の電気特性の向上の原因について調査した。実験の結果、プラズマ処理による移動度、キャリア密度の増加にはそれぞれ OH と H が影響を与えていると考えた。

参考文献

- [1] Hoa T.Dao, "Materials Science in Semiconductor Processing,"96(2019)46-52
- [2] 安岡康一,前原常弘,佐藤正之, " J. Plasma Fusion Res." Vol.84, No.10 (2008)679-684