

RF 重畳 DC マグネトロンスパッタ法による AZO 透明導電膜への Al 下地層の効果

1220158 宮武 宏明 (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

透明導電膜とは、透明かつ導電性が高い薄膜のことである。現在は透明導電膜材料として酸化インジウムスズ(ITO)が幅広く用いられているが、インジウムがレアメタルであるため、資源枯渇や価格の高騰といった課題がある。そこでインジウムの代替材料として酸化亜鉛(ZnO)が注目されている。ZnO 透明導電膜に、Ga や Al など添加することで、高い透過性と低抵抗率を得ることができる利点を持つ。RF 重畳 DC マグネトロンスパッタ法によって Al 添加 ZnO(AZO)膜を成膜するときに、高周波供給電力(RF)と直流供給電力(DC)の電力比を変えることでサンプルの特性を制御できることが報告されている[1]。しかし、低ドーピング濃度では低い結晶性のために高移動度が得られないといった課題がある[2]。本研究では、Al 下地層がサンプルに与える効果と RF 重畳 DC マグネトロンスパッタ法での特性制御を合わせることで、さらに実用的で低ダメージなサンプルの成膜を試みた。

2. 実験方法

Al 下地層と AZO 膜は、RF 重畳 DC マグネトロンスパッタ法を用いて 10 cm 角の無アルカリガラス基板上に成膜した。まず初めに Al 下地層の成膜時間を 0 s、30 s、60 s、90 s と変え、その上に AZO 膜を基板温度 200°C、成膜時圧力 1.0 Pa、DC 電力 200 W で成膜して比較した。AZO 成膜には酸化アルミニウム添加量 AZO:Al₂O₃ が 0.5 wt% の焼結対ターゲット、Al 下地層には金属 Al ターゲットを用いた。つぎに、Al 下地層を最適な成膜時間で成膜し、その上に RF と DC の電力比を変化させて AZO を成膜した。成膜時間は先行研究の成膜レートを参考にした[2]。成膜したサンプルから、Al 下地層の効果と RF 重畳 DC マグネトロンスパッタ法の特性制御を合わせたことによる低ダメージなサンプルの成膜条件を検討した。サンプルの評価方法として、電気特性はホール効果測定、光学特性は分光透過率・反射率測定、結晶構造特性は X 線回折測定を行った。

3. 実験結果と考察

Al 下地層の成膜時間を 0 s、30 s、60 s、90 s と変えて成膜したサンプルは、60 s と 90 s のサンプルが電気特性において同程度優れていたが、90s のサンプルは黒く着色され、透過率が低くなったため、透明導電膜として適さないと判断した。0 s、30 s、60 s の 3 サンプルの結晶構造特性を調べた結果を図 1 に示す。

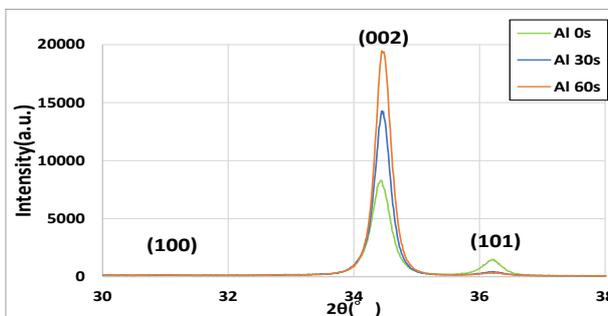


図 1. Al 下地層の結晶構造特性

Al 下地層を入れることで強度が増し、60 s 成膜において最も特性に優れた。また、Al 下地層の成膜時間を長くするにつれて 002 回折ピークは大きくなり、101 回折ピークは小さくなった。このことから、Al 下地層には結晶構造特性を向上させる効果があり、配向性がよくなったのだと考えられる。

次に、RF と DC の電力比を変えた Al 下地層あり 5 枚と Al 下地層なし 2 枚で計 7 枚のサンプルの抵抗率を比較した。その結果を図 2 に示す。

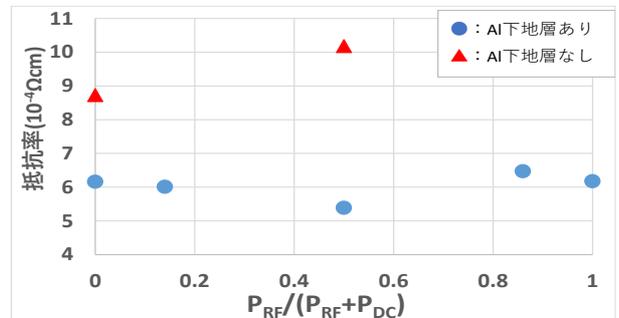


図 2. 抵抗率の比較

Al 下地層を入れることで抵抗率が大きく低下することが見て取れる。RF と DC の電力比が 0.5 のときに最も電気特性に優れていた。しかし、先行研究[1][2]と異なる振る舞いを見た。原因としてはサンプルの膜厚が 382nm~688.4nm と大きく異なるため、膜厚依存性が関係している可能性と Al 下地層の効果が考えられる。RF と DC の電力比が 0.5 のサンプルの抵抗率の基板内での面内分布を調べた結果を図 3 に示す。

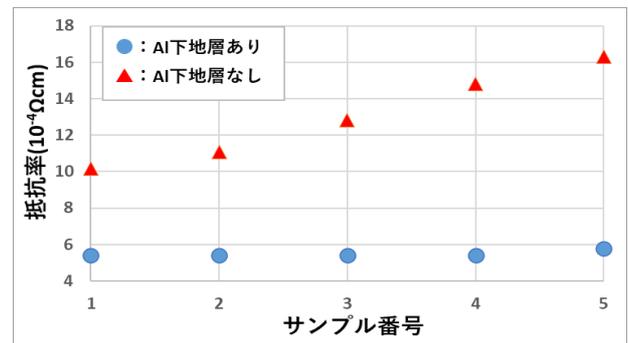


図 3. 場所依存性

Al 下地層によって 10 cm 角基板全体にわたって抵抗率が一定であり、面内分布が大きく改善することが分かった。

4. まとめ

RF 重畳 DC マグネトロンスパッタ法で AZO 薄膜を成膜する前に、成膜時間 60 s の Al 下地層を入れることで 200°C という低い成膜温度でもサンプルの特性を向上させることが分かった。また、Al 下地層によってサンプルの配向性がよくなり、結晶構造特性がよくなることが分かった。しかし、大幅な膜厚差が結果に影響を及ぼした可能性があるという課題が残る。

参考文献

- [1] 石井章壽 : 「高周波重畳直流スパッタ Al 添加 ZnO 透明導電膜の分光学的手法を用いた評価」、高知工科大学システム工学群、2017
- [2] Junichi Nomoto, Hisao Makino, and Tetsuya Yamamoto “Carrier mobility of highly transparent conductive Al-doped ZnO polycrystalline films deposited by radio-frequency, direct-current, radio-frequency-superimposed, direct-current magnetron sputtering: Grain boundary effect and scattering in the grain bulk”, JOURNAL OF APPLIED PHYSICS 117, 045304(2015)