

# AI 下地層による AZO 透明導電膜の面内分布の改善

1210150 古川 大祐(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

現在、最も広く用いられている透明導電膜材料として ITO(酸化インジウムスズ)が挙げられる。しかし、資源枯渇による価格の高騰や安全性に問題があり、安価で安全である代替材料が求められている。そこで、代替材料として ZnO(酸化亜鉛)を用いた AI 添加 ZnO(AZO) 薄膜が注目されている。先行研究により、AI 下地層の上に AZO 膜を成膜することで電気特性が向上し、さらに面内分布も改善されることが報告されている[1]。しかし、通常の成膜では基板を回転させていることから、AI 下地層が AZO 膜の面内分布を改善させるメカニズムについては理解されていない。本研究では AI 下地層が AZO 膜の電気特性の面内分布に及ぼす効果を、静止成膜によって明らかにすることを目的とする。

## 2. 実験方法

AZO 膜及び AI 下地層について、RF 重畳 DC マグネトロンスパッタリング法を用いてガラス基板上に成膜した。AZO 膜は 200°C で、ガラス基板を静止させた状態で成膜した。RF 電源による低ダメージ成膜の効果を比較するため、RFDC 比 0(DC200W)、RFDC 比 0.5(RF100W-DC100W)、RFDC 比 1(RF200W)のサンプルを成膜した。AI 下地層による効果を検討するため、それぞれのサンプルについて AI 下地層を入れたもの、入れていないものを成膜した。AI 下地層は先行研究[1]と同様に室温で 60 秒成膜した。AI 下地層の効果の面内分布をより広範囲で計測するため、二枚のガラス基板(サイズは 10 cm×10 cm と 10 cm×9 cm)を並べて成膜した。サンプルの膜厚は、通常時の成膜範囲(基板ホルダ中央の 10 cm×10 cm 部分)で 500 nm となるように成膜時間を設定した。サンプルの電気特性は、ホール効果測定により評価した。

## 3. 実験結果と考察

### 3.1 AI 下地層による低抵抗化及び抵抗率の面内分布

RFDC 比を 0.5、1 で成膜したサンプルの抵抗率を図 1 に示す。エロージョン対向部はターゲット中心から 3~4 cm の位置である。AI 下地層を入れていない RFDC 比の異なるサンプルを比較すると、RF200W で成膜したサンプルのエロージョン対向部の抵抗率が小さく抑えられていた。RF 電源による低ダメージ成膜には、エロージョン対向部において効果があると確認された。エロージョン部から離れた位置でのダメージは小さいと考えられるが、基板ホルダ中心である 9 cm から抵抗率が増加傾向であった。静止成膜ではエロージョン部から離れると成膜速度が小さくなり、膜厚依存性を加味する必要がある。12 cm 以上離れた位置では 100 nm より薄い膜が成膜されたため、抵抗率が増加したと考えられる[2]。

AI 下地層の効果として、すべての成膜位置で低抵抗化の効果が見られた。また、通常の成膜で使用する範囲内では、ターゲット中心から 6 cm の位置で AI 下地層による低抵抗化の効果が顕著であり、面内分布の改善に寄与していると考えられる。

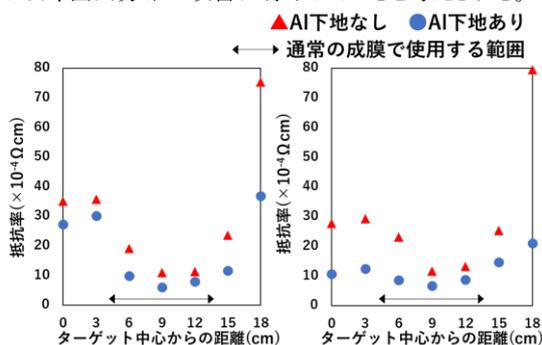


図 1 抵抗率(左:RFDC 比 0.5 右:RFDC 比 1)

### 3.2 ホール移動度とキャリア密度の面内分布

RFDC 比を 0.5 で成膜したサンプルのキャリア密度とホール移動度について図 2 に示す。エロージョン対向部において、AI 下地層によりキャリア密度を増加させる効果が見られ、通常の成膜範囲ではターゲット中心から 6 cm の位置で最も顕著に見られた。この位置でのキャリア密度の増加が、通常の成膜で使用する範囲の面内分布の改善に寄与していると考えられる。

ホール移動度について、通常の成膜範囲全体にわたって AI 下地層により増大する効果が見られた。しかし、エロージョン対向部のみ、AI 下地層によりホール移動度はわずかに低下した。具体的な原因は判明していないが、エロージョン対向部で電気特性が低下する要因は二つ挙げられる。一つは、反跳した Ar<sup>+</sup>が膜面にダメージを与え、結晶構造特性を悪化させること、もう一つは、反跳した Ar<sup>+</sup>が膜面に衝突した時、膜面に欠陥を生じさせることである[3]。このどちらか、あるいは両方の効果により、エロージョン対向部のホール移動度が低下したと考えられる。

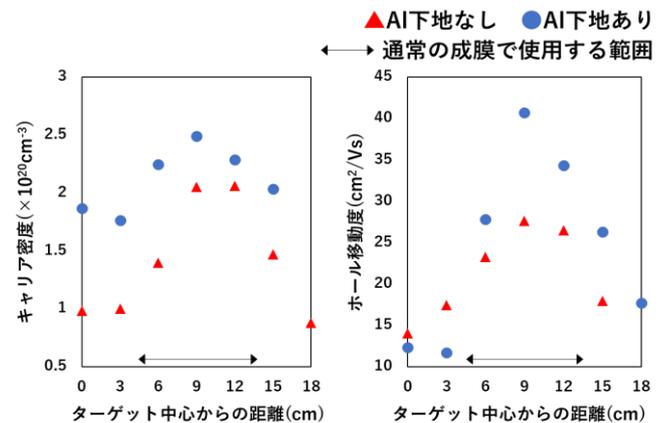


図 2 RFDC 比 0.5 のサンプルのキャリア密度とホール移動度

キャリア密度、ホール移動度はターゲット中心から 9 cm 以上離れた位置では減少傾向にある。これは抵抗率と同じく、膜厚が薄いためであると推測される。

## 4. まとめ

本研究では、マグネトロンスパッタ法による AZO 膜を静止成膜することによって、AI 下地層が電気特性の面内分布に与える効果について検討した。AI 下地層は、キャリア密度とホール移動度を増大させる効果があり、AZO 膜の電気抵抗が低下する。特に、AI 下地層を入れることでエロージョン対向部のキャリア密度が増加し、通常の成膜における面内分布の改善に寄与していると特定した。エロージョン対向部において、AI 下地層によりキャリア密度を増加させるメカニズムを解明することが課題である。

## 5. 参考文献

- [1] 宮武宏明, "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 AI 下地層の効果", 高知工科大学学士論文, 2022 年 3 月
- [2] 河鱈七瀬, "極薄 AI 膜による AI 添加 ZnO 透明導電膜の電気特性における膜厚依存性の改善", 高知工科大学学士論文, 2022 年 3 月
- [3] J. Nomoto, H. Makino, K. Inaba, et al. "Effects of the erosion zone of magnetron sputtering on the spatial distribution of structural and electrical properties of transparent conductive Al-doped ZnO polycrystalline films", Journal of Applied Physics. 124, 065304(2018)