

## (5) 「スパッタ成膜技術に関する研究」

(令和3年度～令和5年度)

### 1. 研究のねらい

薄膜応用分野においてスパッタ法は、金属、酸化物、窒化物といった薄膜の形成が可能で、例えば、機械金属の耐摩耗性や防食性を高めるための表面処理に使用されている。スパッタ法の原理は、装置内でアルゴンガスをイオン化し、原料のターゲットにアルゴンイオンを衝突させ、スパッタ現象を利用して薄膜製造・表面処理を行うものである。スパッタ法には、基板と密着性のよい薄膜が作製できるという特徴がある。函館地域には、このようなスパッタ装置を設計・販売する真空メーカーがあり、当センターでは平成28年度JKA補助事業により、地元メーカーの卓上型スパッタ装置を導入した。

本研究では、地元企業が開発した卓上スパッタ装置を用い、薄膜作製条件について調査・検討を行う。本研究で得られた研究成果を広くPRすると同時に、地元企業の装置を用いた電子部品、光学部品、機械部品への応用を図る。こうした取り組みは、地域の電子部品及び光学部品を製造する企業をはじめとし、広くものづくり系企業への技術的支援に繋がり、当地域のものづくり産業にとって重要な研究テーマと考えている。

### 2. 研究の方法

本年度は、次のことについて実験・検討を実施した。

- (1) 薄膜の構造及び特性の評価について検討した。

### 3. 研究成果の概要

本研究では、アルミニウムを1wt%添加した亜鉛金属（純度99.99%）を成膜用ターゲットとして用いた。スパッタガスには、アルゴンガスに酸素ガスを10%混合したものをを用い、アルミニウム（Al）添加酸化亜鉛薄膜をガラス基板に作製した。スパッタ装置内を $7 \times 10^{-4}$  Paまで真空引きした後、スパッタガスを装置内に導入し、圧力を1.2 Pa一定として、高周波（RF）電力50 Wを投入しプラズマを発生させ、プリスパッタを5 min行った後、40 minスパッタ成膜した。

今回の実験ではスパッタガス圧力1.2 PaでAl添加酸化亜鉛薄膜を作製し、基板位置が及ぼす膜特性への影響を検討した。表1に、スパッタ条件、膜厚及び組成を示す。膜厚は、触針式表面形状測定器を用いて測定した。その結果、基板位置がターゲット中心軸から離れるほど、膜厚は減少する傾向が見られた。ターゲット中心軸からの距離が0 mmの成膜速度は約29.9 nm/min、60 mmでは約7.4 nm/minと測定された。次に、成膜した試料がAl添加酸化亜鉛（ZnO:Al）であることを確認するため、走査電子顕微鏡（SEM）を用い、エネルギー分散X線分光（EDS）分析を行って、膜の組成を分析した。なお、分析時の電子線加速電圧は5 kVとし、基板に由来する元素は検出されないようにした。EDSスペクトルから、亜鉛とアルミニウム、酸素の原子濃度を求めた結果、基板位置に依存せず、ZnとAlを加えた濃度と、酸素濃度との比はほぼ1:1となることから、作製した全ての試料は化学量論的組成と考えられる。

ZnO:Al膜の構造を評価するため、X線回折（XRD）測定を行った。その結果、試料は全てウルツ鉱構造で（002）配向したZnO薄膜であることが分かった。一方、（002）回折線の半値幅は基板位置によって1.70から0.32度まで変化し、30 mm以上で半値幅が急激に減少した。この理由として、ターゲット中心軸から離れるほど基板に入射する高エネルギースパッタ粒子が減少し、膜のダメージが抑制されたため、膜の結晶性が向上したことが考えられる。

薄膜の光学的特性について、紫外・可視分光分析装置を用いて透過率を測定した。その結果、基板位置に関係なく全ての試料において、波長380～780 nmの光可視光透過率は80%以上となり、良好な透明性を示した。

膜の電気的特性として抵抗率を調べた結果、ターゲット中心軸からの距離が30 mm以上で、導電性薄膜が得られた。基板位置が50 mmのとき抵抗率は最小となり、 $9 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ と測定された。スパッタ条件を最適化することで抵抗率のさらなる低減が期待できる。

担当者 菅原智明、高橋志郎、田谷嘉浩