

## (5) 「真空技術による半導体薄膜の低温成膜プロセスに関する研究」

(平成 24 年度～平成 26 年度)

### 1. 研究のねらい

真空技術はエレクトロニクス分野において重要な技術として知られており、例えば半導体材料の微細加工や電極の形成に応用されている。いくつもの薄膜を重ねた構造の電子デバイスでは、各層の機能を低下させないように、作製プロセスの改善が要望されている。機能低下の要因の一つである熱によるダメージを最小限にするためには、低温成膜技術が不可欠である。真空蒸着法の中でもスパッタリング法は、簡便で大面積に成膜でき、研究開発に適した成膜法である。しかしながらスパッタ成膜は、ターゲットへのアルゴンイオン衝突過程、ターゲットから基板までのスパッタ粒子の飛行過程、基板上でのスパッタ粒子同士の衝突と結晶化過程から成り、大変複雑な薄膜プロセスである。そのため工業的に重要な成膜法ではあるが、薄膜特性を十分コントロールするには至っておらず、多くの課題が残っている。

函館地域においては、真空技術を用いて製品を製造している電子部品メーカーや真空応用機器を製造・販売する装置関連企業があることから、真空技術に関する研究は重要と考えられる。

本研究では、機能性半導体材料の低温成膜技術について、主にプラズマを利用した成膜方法を詳細に研究する。成膜した試料の構造解析や電氣的・光学的特性測定結果から、薄膜や成膜プロセスを評価し、低温成膜への応用の可能性について検討する。将来は地元企業との共同研究や技術支援へ展開してゆく。

### 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) スパッタリング法を用いた半導体薄膜の作製条件と膜組成
- 2) 半導体薄膜の光学的特性に及ぼすアルゴンガス圧力の効果

### 3. 研究成果の概要

- 1) スパッタリング法を用いた半導体薄膜の作製条件と膜組成

本研究では機能性半導体材料として酸化スズを選択し、薄膜を作製するために純度 99.99 %の酸化第一スズを原料とし、直径 4 インチのスパッタ用ターゲットを入手した。基板には石英ガラス、スパッタガスにはアルゴン (Ar) ガスを使用し、成膜時の Ar ガス圧力を 0.13 Pa から 2.13 Pa まで変化させ、高周波電力を 25 W 一定として室温で 100 min スパッタした。ターゲットと基板との距離は 70 mm とした。スパッタ成膜の結果、成膜速度は 5.0～10.8 nm/min 程度で、Ar ガス圧力が高くなるにしたがって成膜速度は低下する傾向が見られた。成膜速度の低下の原因としては、Ar ガス圧力が高くなると、ターゲット

から飛び出したスパッタ粒子が基板に到達する途中で、Ar 原子と衝突・散乱する確率が増え、その結果、基板に到達するスパッタ粒子が減少したためと考えられる。

次に、成膜した試料の組成をエネルギー分散 X 線分光 (EDS) 分析により解析した。その結果、成膜時の Ar ガス圧力が低いときは酸素とスズの原子数%はほぼ同じであった。一方、Ar ガス圧力が 0.53 Pa を超えて高くなると酸素濃度は高くなり、スズ濃度は減少する傾向が認められた。試料の酸素濃度が高くなる理由としては、Ar ガス圧力が高くなるにしたがって、基板上における表面マイグレーションエネルギーが低下し、基板表面から再離脱する酸素原子の割合が低下したことが考えられる。これらの結果から、成膜時の Ar ガス圧力を変化させることで、薄膜の酸素、スズの組成比を制御できることが分かった。

## 2) 半導体薄膜の光学的特性に及ぼすアルゴンガス圧力の効果

非加熱の基板にスパッタリング法で作製した酸化スズ薄膜は、Ar ガス圧力が低いときは茶褐色となり、試料の光透過スペクトルの吸収端波長から求めた光学的バンドギャップは約 2.8 eV を示した。膜の光学的バンドギャップと組成分析結果から、Ar ガス圧力が低い試料については、酸化第一スズが作製されているものと考えられる。一方、Ar ガス圧力 2.13 Pa の試料は可視光領域で 80 %以上の優れた透明性を示し、光学的バンドギャップは 3.4 eV 程度と測定された。光学的バンドギャップと組成分析結果によると、Ar ガス圧力を高くすることで酸化第二スズが成膜されたものと考えられる。今後、最適な成膜条件を把握するために、X 線回折測定や SEM 観察による評価を行い、薄膜の結晶性と Ar ガス圧力との関連性について分析する予定である。

担当者 菅原智明、高村 巧、田谷嘉浩、小西靖之