

(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) スパッタリング法により作製した半導体薄膜の結晶構造
- 2) 半導体薄膜の結晶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) スパッタリング法により作製した半導体薄膜の結晶構造

本研究では、純度 99.99 %の酸化第一スズを焼結させた直径 4 インチのターゲットを使用し、半導体薄膜を作製した。基板には石英ガラス、スパッタガスにはアルゴン (Ar) ガスを用い、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。X 線回折測定の結果、Ar ガス圧力 0.13 Pa で成膜した試料は、30 度と 20 度にブロードなピークが見られた。酸化第一スズの回折データの JCPDS カード (6-0395) から、0.13 Pa の試料の 30 度にあるピークは、酸化第一スズの (101) 回折線と一致し、配向していること

が分かった。一方、20度付近のピークは、酸化第一スズの JCPDS カード (6-0395) と酸化第二スズの JCPDS カード (21-1250) を参照したが、どちらのカードにも載っていないピークであることから、未知の複合酸化物によるピークと考えられる。成膜時の Ar ガス圧力を 0.13 Pa から 1.07 Pa まで高くしてゆくと、酸化第一スズのピークが徐々に減少し、代わりに 20度付近の未知相のピークが強くなる傾向が見られた。また Ar ガス圧力 2.13 Pa では酸化第一スズよりも未知相のピークが強くなった。EDS 分析の結果からは、Ar ガス圧力 2.13 Pa の試料の組成は Sn:O が 1:2 であったが、X線回折の結果から考察すると、2.13 Pa で形成された膜は酸化第二スズではなく、スズと酸素からなる複合酸化物と考えられる。以上のことから、成膜時の Ar ガス圧力を変化させることで、薄膜の結晶構造を制御できることが分かった。

2) 半導体薄膜の結晶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についてカソードルミネッセンス (CL) 測定を行った。CL 測定の結果、成膜時の Ar ガス圧力が 0.13 Pa と低いときはほとんど発光しないが、Ar ガス圧力を上げると波長 550~800 nm に強い発光が見られた。しかし、Ar ガス圧力を 2.13 Pa までさらに高くすると、CL 強度は急激に低下した。一般的に CL 強度が大きいほど結晶欠陥が少ないことから、Ar ガス圧力 0.27~1.07 Pa で作製した試料は結晶性がよいことが分かった。Ar ガス圧力が 0.13 Pa のときは、ターゲットから基板に到達するスパッタ粒子のエネルギーが大きすぎるため、薄膜にダメージを与え、その結果、試料の結晶性が低下し、CL 強度が弱くなったものと考えられる。今後、低温成膜プロセスをさらに改良するため、オージェ電子分光分析や SEM 観察を行い、薄膜の特性と 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