

(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いく。

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) 反応性スパッタリング法により作製した半導体薄膜の組成と結晶構造
- 2) 半導体薄膜の光学的特性評価

3. 研究成果の概要

- 1) 反応性スパッタリング法により作製した半導体薄膜の組成と結晶構造

本研究では、純度 99.99 %のアルミニウム (Al) ターゲットと窒化アルミニウム (AlN) 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) ガスおよび窒素と Ar との混合ガスを用い、高周波電力を 50 W 一定として室温でスパッタした。ターゲットと基板との距離は 70 mm とした。成膜速度は、Ar ガスでスパッタしたときで 0.97 nm/min、混合ガスでスパッタしたときで 1.13 nm/min となり、成膜速度はほぼ同じであった。オージェ電子分光分析から、AlN ターゲットを用いて Ar ガスでスパッタした試料の組成は Al:N:O が 1.0:0.9:0.2、Al ターゲットで窒素と Ar の混合ガスで反応性スパッタした試料では Al:N:O が 1.0:0.9:0.1 であることが分かり、両者に大きな違いは見られなかった。

次に、AIN ターゲットを Ar ガスでスパッタ成膜した試料および Al ターゲットを混合ガスで反応性スパッタした試料について、X 線回折測定を行った。回折パターンは、両サンプルともにハローパターンを示した。この回折パターンは基板に用いた石英ガラスに起因していることから、本実験で低温成膜した薄膜については、Ar ガスによるスパッタ成膜、反応性スパッタ成膜ともに非晶質の膜になることが分かった。

2) 半導体薄膜の光学的特性評価

非加熱の基板にスパッタ法で作製した AIN 薄膜について、紫外・可視分光分析装置を使用し、波長 300~800nm の範囲で光透過率を測定した。測定はダブルビーム法で行い、レファレンスとして石英ガラス基板を用いた。AIN ターゲットを用いて Ar ガスでスパッタした試料は薄い膜となり、光透過率測定の結果、膜の透過率は 30~60%程度であった。一方、Al をターゲットとして窒素と Ar の混合ガスで反応性スパッタした薄膜では、光透過率が 80%以上となり、優れた透明性を示した。AIN ターゲットを Ar ガスでスパッタした試料の光透過率が低い原因として、基板に到達する Al 原子と N 原子のエネルギーが非常に大きく、成膜中の試料にダメージが生じた結果、可視光を吸収するような欠陥が形成されたことが考えられる。これに対して混合ガスで反応性スパッタした場合には、Al スパッタ粒子と低エネルギーの窒素ガスとの反応となるので、膜のダメージが緩和され、その結果、欠陥が少ない透明な AIN 薄膜が形成したものと考えられる。今後、本研究成果の低温成膜技術を PR し、電子部品材料関連企業との共同研究や技術支援へ展開してゆく予定である。

担当者 菅原智明、高村 巧、田谷嘉浩、小西靖之