

(5) 真空技術による光機能素子の作製に関する研究 (平成18年度～平成20年度)

研究のねらい

真空技術は、エレクトロニクス分野の製造プロセスにおいて重要な技術である。例えば半導体材料の微細加工や電極の形成には、プラズマプロセッシング技術が利用されている。光機能素子については、青色発光ダイオードに代表されるように、応用分野が広く、将来的にも重要な素子として位置づけられている。また、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・販売する真空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、工業的に重要な成膜法であるスパッタ法を用いて半導体薄膜を形成し、薄膜の結晶構造や組成を評価する。さらに、最適成膜条件を見出し、光機能素子の作製を行い、電気的光学的特性を評価する。

研究の方法

- 1) マンガン添加硫化亜鉛薄膜の低温成膜
- 2) マンガン添加硫化亜鉛薄膜の組成と結晶構造の評価

研究成果の概要

1) マンガン添加硫化亜鉛薄膜の組成

マグネトロンスパッタ法を用い、マンガン添加硫化亜鉛薄膜を石英ガラス基板へ作製した。ターゲットには、硫化マンガン(0.5 mol%)添加した硫化亜鉛(ZnS)を用い、スパッタガスには、純度99.99%のアルゴン(Ar)ガスを使用した。オージェ電子分光分析によってマンガン添加硫化亜鉛薄膜を組成分析した結果、亜鉛(Zn)と硫黄(S)については、Arガス圧力に関わらずほぼ1:1の化学量論的組成を示した。マンガン(Mn)については、全ての試料で約0.4 at%となり、ターゲットのMn濃度とほぼ一致した。

2) マンガン添加硫化亜鉛薄膜の結晶構造

Mn添加ZnS薄膜のX線回折結果から、Arガス圧力が1～2 mTorrと低いときには回折強度は低いが、8 mTorr以上ではウルツ鉱構造(002)回折線あるいは閃亜鉛鉱構造(111)回折線が非常に強くなることが分かった。硫化亜鉛のウルツ鉱構造と閃亜鉛鉱構造の回折線は重なるものが多いため、薄膜X線回折により構造の同定を試みた。その結果、ウルツ鉱構造と閃亜鉛鉱構造が混在していることが確認された。ZnSは1020 Å以下では閃亜鉛鉱構造が安定であることが知られている。成膜時の基板温度は約100 Åで十分低温であること、さらには100 Åの基板温度で作製したZnSスパッタ膜が閃亜鉛鉱構造であるという報告もあることから、試料の主な回折線は閃亜鉛鉱構造に起因するものと考えられる。

次に、閃亜鉛鉱構造(111)ピーク強度を膜厚で割った値により、薄膜の配向性を評価した。Arガス圧力(P)とターゲット-基板間距離(D)の積(P・D)をパラメータとすると、0.5 Torr・mm以上で(111)配向は急激に強くなる傾向が見られた。このとき、(111)回折線の半値幅も狭くなることから、結晶性が向上することが分かった。P・Dが0.5 Torr・mm以上のときには、ターゲットから放出されたスパッタ粒子は、基板に到達する前にAr原子に衝突してエネルギーを失い、1 eV以下の低エネルギー粒子になることが知られている。これらの結果から、スパッタ粒子のエネルギーを表面マイグレーションエネルギーにまで低下させることによって、結晶性の優れたMn添加ZnS薄膜を低温基板に形成できることを明らかにした。

続いて、(111)面間隔について解析した結果、P・Dが大きくなるにしたがって格子面間隔は一旦縮むが、0.5 Torr・mm以上では逆に広がって、JCPDSカードの値に近づくことが分かった。P・Dが小さいとき格子面間隔が縮む原因としては、Ar原子のピーニング効果の減少および結晶性の向上にともなう結晶粒同士の引っ張り力の増加が考えられる。一方、格子面間隔が伸びる傾向は、無添加ZnS薄膜には見られなかったことから、Mnが関与しており、ZnS結晶へのMnイオンの固溶が要因と考えられる。格子間に侵入したMnイオンは発光中心として機能することが知られており、発光特性の向上が期待できる。

担当者 菅原智明、田谷嘉浩、小西靖之