

課題番号 : F-13-YA-0013
利用形態 : 機器利用
利用課題名 (日本語) : 不純物ドーピング窒化物薄膜の作製と評価に関する研究
Program Title (English) : Fabrication and Characterization of Nitride Thin Films Doped with Impurities
利用者名 (日本語) : 甲斐 綾子
Username (English) : A. Kai
所属名 (日本語) : 山口大学大学院理工学研究科
Affiliation (English) : Graduate school of Science and Engineering, Yamaguchi University.

1. 概要 (Summary)

電子が持っている電荷とスピンの二つの自由度を利用する新しいスピントロニクス研究分野では、室温で強磁性を示す希薄磁性半導体材料の探索が課題となっている。本研究では、バンドギャップの大きいIII-V族窒化物である AlN を母結晶とし、遷移金属不純物元素をドーピングした薄膜を作製し、室温以上のキュリー温度を有する新規希薄磁性半導体材料開発を目指す。今回ドーパントとして、Mn, Co, Cu を用い、AlN 結晶成長、ドーパントの電子状態、欠陥形成、磁気特性について評価を行った。XRD 測定の結果、AlN 中での二次相形成は認められずc軸配向した結晶性の良い薄膜が作製できたが、飽和磁化の実験値はドーピング量から求めた理論値の数%と非常に低い値となった。その要因としては、Cu の場合は強磁性発現に必要な Cu^{2+} の状態でドーピングされていなかったことが考えられる。一方、Co については、0.2~0.3 at%程度しかドーピングすることができず、評価が困難であった。

2. 実験 (Experimental)

- ・利用した共用設備：触針式表面形状測定装置

マグネトロンスパッタリング装置を用いて、Si (111) と石英ガラス基板上に Cu, Mn, Co ドーピング AlN の成膜を行った。成膜試料の膜厚は、触針式表面形状測定装置で評価した。その他、結晶性は X 線回折装置 (XRD)、ドーピング量は波長分散型電子プローブマイクロアナライザー (EPMA)、光吸収端は紫外可視分光計 (UV-Vis)、磁化特性は超伝導量子干渉計 (SQUID)、電子状態と常磁性欠陥については電子スピン共鳴 (ESR) で評価を行った。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

触針式表面形状測定結果より、undoped 試料の膜厚は約 550 nm (成膜速度: 約 4.6 nm/min)、ドーピング量の増加に伴って膜厚も増加する傾向を示した。XRD 測定の結果、Cu では 5.6 at%, Mn では 9.5 at% まで c 軸配向した

AlN 結晶が成長し、AlN 以外の二次相による結晶ピークは認められなかった。格子定数は、ドーピング量とともに増加した。これは Al よりもドーパントの方が大きなイオン半径を有することに由来すると推測できる。また、UV-Vis 測定による透過光スペクトルでは、スペクトルから推定したバンドギャップはドーピング量とともに減少した。これよりドーパントによる準位がバンド端に形成されていることが示唆される。以上の結果から、ドーパントは置換型で AlN 中の Al サイトを占めていると考えられる。

SQUID 測定の結果、今回の試料ではヒステリシスは認められず、飽和磁化もドーピング量から推定される理論計算値の数%であった。ESR 測定の結果、 $g=2$ 付近に角度依存性のない信号が観察された。この信号は、undoped 試料中にも検出され、基板中には検出されないことから、基板と結晶界面の結晶の周期性が崩れた領域の欠陥の可能性が高い。一方、 Cu^{2+} と Mn^{2+} , Mn^{4+} に関連した信号は観察されなかった。今回測定した室温の ESR では、他の電子状態の測定は難しいので、Cu は Cu^+ または Cu^{3+} 、Mn は Mn^{3+} として存在している可能性が高いことがわかった。これらの電子状態と欠陥が磁気特性に影響を与えていることが考えられる。今後はこれらの関連性を明らかにしていく予定である。

4. その他・特記事項 (Others)

なし。

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

なし。

6. 関連特許 (Patent)

なし。