

## 審査の結果の要旨

氏名 千早 宏昭

近年の薄膜作製技術の進歩に伴い、物質を原子レベルまで薄膜化することで多くの新しい物性や機能が発現している。その中でも金属多層膜は薄膜物性分野における主要な研究対象と言える。金属多層膜は磁気メモリの記録密度向上に貢献してきたが、更なる発展のためには超常磁性限界を克服しなくてはならず、磁気ヘッド側の感度の向上やヘッド自身の小型化、及びヘッド自身の超常磁性対策が必要不可欠である。

磁気ヘッド材料の特性向上のためには、主に二種類のアプローチがある。一つは結晶構造制御であり、もう一つは磁気構造制御である。多層膜に見られる諸現象は異種金属界面での電子間の相互作用によって生じるため、界面・配向面等の結晶構造制御が重要である。更に電子の伝導現象では、多層膜内部のスピン配列等が電子の散乱を制御するため、磁気構造制御即ち内部のスピン配列を制御することができれば、結晶構造制御と同様に、あるいはより直接的な形で物性向上に寄与することが可能である。このような結晶構造及び磁気構造の制御は金属多層膜を実用材料として発展させるための両輪であり、それぞれが重要な役割を担っている。

本論文の目的は、多層膜の構造制御により磁気特性を向上させ、スピンエレクトロニクス分野の発展に寄与することであるとしている。具体的には、シーディッドエピタキシー法及び層間交換結合層を用いることで多層膜の結晶構造及び磁気構造を制御し、磁気記録密度の更なる向上を目的としたものであり、全六章で構成される。

第一章において、金属薄膜・多層膜に関するこれまでの研究を主に物性研究の観点から概観し、多層膜において現れる諸現象のうち、主に巨大磁気抵抗効果及び垂直磁気異方性に焦点を当て、シーディッドエピタキシー法の研究の歴史と共にその概略について説明している。

第二章では、薄膜作製法及び金属薄膜・多層膜の構造解析、組成解析及び物性解析手法について説明している。

第三章以降は、本研究の結果である。まず第三章ではTi シード層を用いて作製したCo/Cu多層膜について、Ti 層厚の増加に伴う結晶構造や配向面、及び磁気特性の変化についての比較及び考察を行っている。Ti シード層を用いることで低温での配向面制御に成功し、更に層厚の増加と共にシャント効果の抑制によって3%程度のMR比の向上を見出している。そ

の結果、同手法が簡便且つ効果的な物性制御手法であると結論付けている。

第四章では、Co/Pd多層膜に対してシーディッドエピタキシー法を適用し、Coシード層が下地層及び多層膜の結晶構造、配向面、磁気特性に与える効果について考察している。シード層を用いることで下地層の面内配向性を制御し、表面の平方平均自乗ラフネスで約2.3nmから0.2nm程度にまで平坦化する事ができた。その結果、主に界面の平坦化により、界面結晶磁気異方性が $0.67 \pm 0.01 \text{ emu/cm}^2$ から $0.83 \pm 0.02 \text{ emu/cm}^2$ まで増加し、多層膜の垂直磁気異方性を向上させることができたと結論している。更に、基板-下地層界面の電子状態を解析することにより、配向面制御のためには基板とのd-p相互作用が重要であるとし、シード層の選択指針として使用できると提案している。

第五章は、本研究の主要な結果と言える。本章では、Co/Pd及びCo/Au垂直磁気異方性多層膜について、Ru層により反強磁性層間結合を導入することにより磁気構造制御を行い、それが磁気特性及び磁気抵抗率に及ぼす影響について研究を行っている。その結果、Ru層を用いない場合には異方性磁気抵抗効果のみが観察されたのに対して、Ru層を用いた試料では層間結合により小多層膜内部に反強磁性磁化配列を生じ、垂直磁気異方性多層膜自体の巨大磁気抵抗効果を見出している。

第六章は本研究の結論である。

以上を要するに、本研究はシード層及び層間交換結合層を用いることにより、金属多層膜の結晶構造制御及び磁気構造制御を行うことにより、超常磁性対策として効果的な磁気抵抗比の向上及び垂直磁気異方性多層膜における磁気抵抗効果の発現を図ったものである。これら一連の研究結果は、金属材料物性工学分野の発展に大きく寄与するものである。

よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。