

氏名(本籍)	とかのひろゆき 戸 叶 洋 之 (神奈川県)		
学位の種類	博 士 (工 学)		
学位記番号	博 甲 第 3917 号		
学位授与年月日	平成 18 年 3 月 24 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審査研究科	数理物質科学研究科		
学位論文題目	エピタキシャル Co, Ni/Rh 積層薄膜の磁気特性		
主 査	筑波大学教授	工学博士	喜 多 英 治
副 査	筑波大学教授	理学博士	秋 本 克 洋
副 査	筑波大学助教授	博士(工学)	末 益 崇
副 査	筑波大学助教授	理学博士	黒 田 眞 司
副 査	大阪大学教授	工学博士	鈴 木 義 茂

論 文 の 内 容 の 要 旨

Co/Rh 系人工格子多層膜は、最も強い反強磁性結合を示す Co/Ru 系に次ぐ強い反強磁性結合を持ち、Co 膜厚の薄い領域においては垂直磁気異方性を示すことが報告されている。これより、Rh をスペーサーとした磁性人工格子は、強い反強磁性結合と垂直磁気異方性の両方が共存する珍しい系である。磁性層を Ni とした場合の層間磁気結合の報告例は少なく、Rh をスペーサー層とした場合の層間磁気結合の有無は明らかではない。また、Ni 系人工格子の垂直磁気異方性は Ni/Cu 等で報告されており、(001) に積層した場合に Ni 膜厚の増加に伴い、面内→面垂直→面内への磁気異方性の変化が報告されている。この研究では、強磁性層と非磁性層に約 7% の大きな格子ミスマッチがある Co, Ni/Rh 系において (001) と (111) に結晶方位を変えた試料について、その層間磁気結合の強さの定量的な決定、結晶方位の違いについて議論する事を目的としている。さらに垂直磁気異方性の定量的な説明を目的として、磁性層がひずむことによる磁気弾性異方性の解析を行い、Co 層および Ni 層の磁気弾性異方性の効果が支配的であることを解明した。

試料は分子線エピタキシー (MBE) 法により作製し、(111) の試料にはサファイア (11_02) 研磨基板、(001) の試料は MgO (001) ヘキカイ基板を用いた。この実験はマスクシャッターにより蒸着中に一定の速度で動かすことによって一度の成膜で同一基板上に膜厚を変化させた試料を作製し、着目する層の膜厚だけを変化させて他の条件を一定に保った試料を作製することにより、実験の効率を向上させた。蒸着中は RHEED によるその場観察を行い、パターンを解析することにより、面内格子面間隔の変化を見積もった。このために LabView による実時間解析プログラムを開発した。その他、通常磁気測定を行ったが、特に磁気異方性を左右すると思われる軌道磁気モーメントの大きさを評価するために X 線磁気円二色性 (XMCD) 測定を高エネルギー加速器研究機構 PF-BL-11A において行った。

Co/Rh においては Co₂ ~ 12 Å/Rh (001), (111) 多層膜において RHEED と XRD によりエピタキシャル成長を確認したが、積層周期の増加にともなって多少平坦性が悪くなり (001) 膜が品質が良い。Ni/Rh については、Ni₅ ~ 15 Å/Rh (001), (111) 多層膜について、(001), (111) のどちらも Ni 層厚が増加すると膜質は極端に悪化した。Ni/Rh 多層膜においても (001) 膜の方が良質な膜である。Co/Rh 系の層間結合に

関して、(111)で5 Åにおいて、強い反強磁性結合(5 erg/cm²程度)を確認し、(100)と同程度であることを示した。Ni/Rhでは、Rh層厚6.5 Åにおいて0.34 erg/cm²でCo系に比べ1桁小さい。

Rh層厚を一定とし、Co層厚を変化させたCo/Rh多層膜の磁化測定の結果、(001)膜は4.8~20 ÅのすべてのCo膜厚において面に磁化容易軸を持つ面内磁化膜となった。(111)膜では12 Å以下では垂直磁気異方性が現れた。磁性層をNiとした場合はCoの場合と逆に(001)で垂直磁気異方性を示し、(111)で面内磁気異方性を示した。これらは界面磁気異方性と形状磁気異方性に加えて磁気弾性異方性を考慮することにより定量的に説明することができた。この結果は、垂直磁気異方性の大きさをその下地の格子定数によりコントロールすることができることを示唆している。XMCDではCo(111)試料について軌道角運動量の増大を確認し、異方性の原因となる可能性を確認した。

審査の結果の要旨

ナノメートルサイズの磁性金属と非磁性金属とを積層させた磁性人工格子は、バルク磁性体と異なる特異な物性を示すことが知られている。特に巨大磁気抵抗(GMR)効果、非磁性層を介しての磁性層間の振動的な結合、垂直磁気異方性はその物理的興味その他、応用上の観点からも重要である。この研究ではそのなかの二つ(層間結合と垂直磁気異方性)を共有する系について、結晶成長面による違いを明らかにし共存の様子を明らかにした。特にCo(111)面とNiについては最初に行われた系統的研究である。試料は注意深く単結晶状態を維持するように作製され、評価も適切に行われた。磁気異方性については、歪みが誘起する垂直異方性が格子不整合による歪みによって引き起こされることを定量的に説明した。このことは次世代の磁気記録の材料設計に対し役立つ研究といえる。またXMCDという比較的新しい測定手法を用いて軌道角運動量と磁気異方性との関係を解明しようとして一定の成果を上げた。

よって、著者は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。