

論文内容の要旨

博士論文題目 磁性金属積層膜のX線散漫散乱法による界面構造とX線磁気分光・散乱法による磁気構造の研究

氏名 石地 耕太郎

(論文内容の要旨)

交換結合磁性／非磁性金属多層膜は巨大磁気抵抗効果を示し、磁気記録デバイスに多用されている。間接交換結合は非磁性層を介して強磁性層が磁氣的に相互作用する現象である。非磁性層の磁気状態が重要な役割を演じていると考えられるが、詳細は未解明である。本論文は交換結合多層膜の構造、磁性に関して実験的な研究を行なったものである。

論文は3部から構成されている。第1部は「異常分散効果を用いたX線散漫散乱法によるFe/Cr(Sn)Cr多層膜のSn層の構造」、第2部は「X線磁気分光法によるCo/Cu多層膜の間接交換結合とCu層の磁気分極」、第3部は「共鳴X線磁気散乱法によるCo/Cu多層膜の非磁性Cu層の磁気構造」と題する。

第1部では、Fe/Cr多層膜の内部磁場を測定するためCr層中にドーピングされた超薄Snの構造を調べている。異常分散効果を利用してFeとCrの散乱コントラストを制御してX線散漫散乱を測定し、そのデータをDWBA(歪波ボルン近似)理論で解析し、SnはCr層内に拡散せず層を形成し、かつ、クラスター化していないと結論している。サブモノレイヤー当量のSnの構造をX線散乱で捕らえたのは、本研究が最初である。

第2部では、Cu膜厚を変えた一連のCo/Cu多層膜試料をスパッター法で作成し、X線磁気吸収(XMCD)をCoおよびCuのK端で測定し、新しい発見をしている。すなわち、CuのXMCDは磁気抵抗比が大きくなるCu膜厚で減少する。これを説明するため、二次元系RKKY理論を適用し、Cu層の磁気分極についてモデルを得ている。Cu層の分極はきわめて微弱であるが、本研究では円偏光X線ヘリシティ・フリップ・ロックイン法を用い、Cuの磁気吸収を高精度で測定することに成功している。

第3部では、第2部で得た分極モデルを共鳴X線磁気散乱(RXMS)実験により検証している。すなわち、Cu K端のX線エネルギーを用いてCo/Cu多層膜からRXMS超格子ブラッグ反射を測定し、ピーク符号の反射次数依存性が二次元系RKKY理論で求めたCu磁気分極プロフィールから計算したものと一致することを示している。非磁性Cu層の誘起磁化によるX線散乱を測定したのは、本研究が最初である。

以上のように、本研究は新しい実験技術により、交換結合金属多層膜のナノ構造と磁気構造について新しい知見を得たものである。

(論文審査結果の要旨)

交換結合磁性／非磁性金属多層膜は巨大磁気抵抗効果を示し、磁気記録デバイスに多用されている。間接交換結合は非磁性層を介して強磁性層が磁氣的に相互作用する現象である。非磁性層の磁気状態が重要な役割を演じていると考えられるが、詳細は未解明である。本論文は交換結合多層膜の構造、磁性に関して実験的な研究を行なったものである。

論文は3部から構成されている。第1部は「異常分散効果を用いたX線散漫散乱法による Fe/Cr(Sn)Cr 多層膜の Sn 層の構造」、第2部は「X線磁気分光法による Co/Cu 多層膜の間接交換結合と Cu 層の磁気分極」、第3部は「共鳴X線磁気散乱法による Co/Cu 多層膜の非磁性 Cu 層の磁気構造」と題する。

第1部では、Fe/Cr 多層膜の内部磁場を測定するため Cr 層中にドーパされた超薄 Sn の構造を調べている。異常分散効果を利用して Fe と Cr の散乱コントラストを制御して X 線散漫散乱を測定し、そのデータを DWBA (歪波ボルン近似) 理論で解析し、Sn は Cr 層内に拡散せずに層を形成し、かつ、クラスター化していないと結論している。サブモノレイヤー当量の Sn の構造を X 線散乱で捕らえたのは、本研究が最初である。

第2部では、Cu 膜厚を変えた一連の Co/Cu 多層膜試料をスパッター法で作成し、X 線磁気吸収 (XMCD) を Co および Cu の K 端で測定し、新しい発見をしている。すなわち、Cu の XMCD は磁気抵抗比が大きくなる Cu 膜厚で減少する。これを説明するため、二次元系 RKKY 理論を適用し、Cu 層の磁気分極についてモデルを得ている。Cu 層の分極はきわめて微弱であるが、本研究では円偏光 X 線ヘリシティ・フリップ・ロックイン法を用い、Cu の磁気吸収を高精度で測定することに成功している。

第3部では、第2部で得た分極モデルを共鳴 X 線磁気散乱 (RXMS) 実験により検証している。すなわち、Cu K 端の X 線エネルギーを用いて Co/Cu 多層膜から RXMS 超格子ブラッグ反射を測定し、ピーク符号の反射次数依存性が二次元系 RKKY 理論で求めた Cu 磁気分極プロフィールから計算したものと一致することを示している。非磁性 Cu 層の誘起磁化による X 線散乱を測定したのは、本研究が最初である。

以上のように、本研究は新しい実験技術により、交換結合金属多層膜のナノ構造と磁気構造について新しい知見を得たものであり、磁性物理学、薄膜磁性、スピニエレクトロニクス材料開発にインパクトを与える。博士論文審査会および最終試験の結果、審査員一同は、石地耕太郎の本論文が博士(工学)の学位論文として高い価値を有するものであると評価し、合格と認めた。

以上