

論文審査の結果の要旨

氏名 阿部 仁

磁性薄膜はバルク磁性体では見られない特殊な磁気異方性を示すことが知られている。本研究では、磁性薄膜の磁気異方性を詳細に検討し、面直磁化やスピン再配列転移(SRT)の起源に関する問題を取り扱っている。

本論文は10章から成っている。

第1章は序論であり、磁性薄膜における磁気異方性の現象論的な解釈、その起源における磁気モーメントの異方性の重要性について述べている。具体的には、Fe/Cu(001), Ni/Cu(001), Fe/Ni/Cu(001), Fe/Pd(111), Co/Pd(111)系の過去の研究について触れている。

第2章は、第1章の序論を踏まえて、本論文の目的について述べている。

第3章は実験手法に関する説明である。内殻分光法であるX線吸収分光法(XAS)・X線磁気円二色性(XMCD)について、その原理、得られる情報について概説している。特に、XMCDの磁気異方性研究における利点(元素選択性、スピン・軌道磁気モーメントを別々に定量可)が示されている。深さ分解XMCD法についても概説している。

第4章は、実験装置、及び測定に関する説明である。用いた実験装置や試料の準備・作製方法、ビームラインについて概説している。

第5章は、深さ分解XMCDのデータ解析について、検出深度やモデルを立てる上での注意点について解説している。

第6章は、Cu(001)単結晶基板上に成長させたFe/Ni薄膜の磁気異方性、及びそれぞれの磁気モーメントについて、深さ分解XMCDを用いて調べている。1ML以下という極少量のFeを面内磁化のNi薄膜に蒸着することによって面直磁化へと変わるSRTを起こすこと、さらに蒸着しFe2ML程度では再び面内磁化へとSRTを起こすこと、を見出している。XMCDの解析から、Fe1ML以下では面直磁気異方性が大きいこと、2MLの平均としてはその異方性が消失することを明らかにしている。また、2MLでも、表面層は1ML以下の時と同様の面直磁気異方性を示し、界面層が面内磁気異方性を示すために膜平均としては異方性が見られないことも明らかにしている。これらから、観測されたSRTを説明することに成功している。

第7章は、Pd(111)単結晶基板上に成長させたCo薄膜の上へ成長させたFe薄膜について、その磁気異方性をXMCDによって調べている。Fe/Ni/Cu(001)におけるFeと同様

に、1 ML 以下の面直磁化の際には大きな軌道・スピン磁気モーメント比を、面内磁化の際には小さな値を得ている。1 ML 以下の Fe は、Ni/Cu(001) 上の Fe に限らず、Co/Pd(111) 上でも大きな面直磁気異方性を示すことから、環境によらず Fe 自身の性質に由来する磁気異方性であることを強く示唆している。

第 8 章は、典型的な磁性薄膜である Cu(001) 単結晶基板上に成長させた Fe 薄膜の磁気異方性について詳細に検討している。現象論的に磁気異方性を理解する際に、磁気異方性エネルギーを、表面、内部、界面、と分けて議論するが、これらの磁気異方性エネルギーはこれまで正確に求められていない。試料作製の工夫等により、これらを全て求めることに成功し、Fe/Cu(001) 薄膜の磁性、特に面直磁化の起源について、最表面層の大きな面直磁気異方性が膜全体の面直磁化を安定化していることを明らかにしている。

第 9 章は、Fe/Cu(001) の表面と吸着分子との相互作用について調べている。Fe(2 ML)/Cu(001) では、CO 吸着前後でスピン磁気モーメントの大きさは変わらず、磁化方向も面直磁化のままである一方、CO/Fe(4 ML)/Cu(001) では、CO 吸着前は面直磁化であったものが面内磁化へと SRT し、見かけのスピン磁気モーメントが半減することを見出している。深さ分解 XMCD より、CO/Fe(4 ML)/Cu(001) では、表面 2 層の磁化が消失し、Cu 基板との界面側の 2 層にのみ磁化が残っていることを明らかにした。CO が最大 2 層の磁化を消す力を持つ一方、Cu(001) は隣接する 2 層の磁化を常に保持する力を持つと推論している。CO/Fe(4 ML)/Cu(001) では、CO によって上側 2 層の磁化が消され、表面層の面直磁気異方性が消失し、残った磁化が面内磁化へと転移する。一方、CO/Fe(2 ML)/Cu(001) では、Cu(001) 基板によって磁化が保持され、表面の面直磁気異方性も残るので面直磁化のままであると結論している。また、CO の脱離・解離過程を XPS で観察することで、上記のように磁気構造の異なる CO/Fe(2 ML)/Cu(001) と CO/Fe(4 ML)/Cu(001) とでは、表面構造にも違いがあることを見出している。

第 10 章は結論と要約である。

以上のように、本論文は、XMCD や XPS などの分光学的な手法を駆使し、磁性薄膜における磁気異方性を詳細に調べ、得られた磁気異方性エネルギーの値から、磁性薄膜の面直磁化や SRT などの起源・機構を明らかにしている。これらの研究は理学の発展に大きく寄与する成果であり、博士（理学）取得を目的とする学術研究として十分な意義を有する。尚、本論文における各章の研究は他の複数の研究者との共同研究によるものであるが、論文提出者が主体となって実験、解析、考察を行ったものであり、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。