

論文審査の結果の要旨

氏名 新井邦明

反強磁性体の磁区構造と強磁性体反強磁性界面での磁気相互作用は、磁性発現機構を解明するために重要であるばかりでなく、微小な磁気デバイス開発に向けた基礎学理としても興味を持たれている。本論文は、放射光光電子顕微鏡を用いて、反強磁性体の NiO(100)面の磁区構造および鉄薄膜と NiO(100)面の界面近傍の磁区構造を明らかにした。論文は全6章からなる。

第1章は序論で、本研究の背景として、反強磁性体の磁区構造および反強磁性体と強磁性体の界面近傍における磁区構造の特徴とその起源に関して、これまで行われた研究が説明されている。そして、研究目的と本研究で対象とする NiO(100)面およびそれと鉄薄膜との界面に注目した理由が述べられている。第2章では、本研究の基礎となる反強磁性体と強磁性体の磁区構造について説明されている。

第3章では、この研究で行った実験手法が説明されている。測定装置である光電子顕微鏡 (PEEM) と磁区を調べる手法である円偏光を用いた X線磁気二色性 (XMCD) および直線偏光を用いた非磁性二色性 (XLD) の詳細が述べている。そして、これらを組み合わせることにより磁区構造が観察できる原理についてまとめられている。

第4章では、NiO(100)面での磁区観察結果とそれを用いた解析および考察が述べられている。ここでの第一の成果は、ニッケル L_2 吸収端の XMCD と酸素 K 吸収端の XLD の顕微観察によって、反強磁性スピン容易軸が異なる磁区 (S ドメイン) と磁化容易面の方位が異なる磁区 (T ドメイン) を識別したことである。そして、結晶対称性と原子間の相互作用を考慮した理論計算の結果と観察結果とを比較することにより、合計12種類ある磁区におけるニッケルスピンの向きを決定した。この際、T ドメインの XLD 強度が、入射光の偏光ベクトルと T ドメイン内の磁化容易面のなす角度に依存することをみだし、XLD を用いて直接 T ドメインを決定する独自の手法を確立した。第二の成果は、磁区の境界である磁壁におけるスピン回転方向を決定したことである。異なる T ドメインの境界

にある磁壁(T 磁壁)では、スピン方向は磁化容易面に存在しない。一方、S ドメイン境界にある磁壁では、スピン方向は磁化容易面に存在している。また、全ての種類の磁壁幅は数100 nmであった。さらに、複数存在するT 磁壁の分布が熱サイクルによって変化することから、 $\langle 100 \rangle$ 方向と $\langle 110 \rangle$ 方向の二つのT 磁壁のエネルギーに差異があることを明らかにした。

第5章では、NiO(100)表面上に蒸着した鉄薄膜からなる系を対象とした実験結果と考察が述べられている。鉄とNiOの界面近傍の強磁性磁区構造および反強磁性磁区構造は、それぞれ鉄 L_3 吸収端およびニッケル L_3 吸収端のXMCDを用いて観察された。そして、界面では鉄スピンの向きとニッケルスピンの向きが共直線性を示すことを明らかにした。界面におけるスピン交換結合のために、鉄薄膜の磁区構造は基板NiOの磁区構造を反映して形成される。その結果、鉄薄膜は $\langle 100 \rangle$ 方向と $\langle 110 \rangle$ 方向の2種類の磁化容易軸をもつ。界面でのニッケルスピンの向きとNiO結晶内部でのスピン向きが異なるという観測結果は、界面から結晶内部に向かってスピンが回転するモデルを用いて定性的に説明できる。また、鉄薄膜の磁化過程において、NiOのSドメインのスピン方向に依存した磁区反転が観察され、界面スピン交換結合により鉄薄膜の保磁力が磁区ごとに異なるようすが明らかとなった。第6章では、研究結果がまとめられている。

以上のように、本論文は、反強磁性体とその上に強磁性金属薄膜を形成した系の磁区構造を元素選択的に顕微鏡手法によって観察した結果を、新たに発展した理論と比較して解析し、反強磁性体の磁区および磁壁内のスピン方向、磁壁幅および磁壁エネルギーの差異、そして強磁性体と反強磁性体の界面での相互作用に関する新しい知見を与えたものである。これらは、反強磁性磁区構造の形成機構および交換結合系における界面の磁気状態を理解する上で重要な結果である。

なお、本論文の第4および5章は木下豊彦氏、柿崎明人氏らとの共同研究であるが、論文提出者が主体となって実験、結果の解析、考察を行ったものであり、本論文が示す研究成果に関して論文提出者の寄与が十分であると判断する。

以上の理由により、博士(理学)の学位を授与できると認める。