

# コバルトフェライト薄膜の軌道磁気モーメントと垂直磁気異方性 Measurement of orbital moment in cobalt-ferrite thin films with strong perpendicular magnetic anisotropy

柳原英人<sup>1\*</sup>, 新関智彦<sup>1</sup>, 内海優史<sup>1</sup>, 鈴木和也<sup>1</sup>, 喜多英治<sup>1</sup>, 酒巻真珠子<sup>2</sup>, 雨宮健太<sup>2</sup>

<sup>1</sup>筑波大学数理物質系物理工学域、〒305-8573 つくば市天王台 1-1-1

<sup>2</sup>高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所 〒305-0801 つくば市大穂 1-1

## 1 はじめに

薄膜形状においてその磁化の容易軸が反磁場に打ち勝ち、膜面垂直方向を向くようないわゆる垂直磁化膜は、今日ではハードディスクドライブ (HDD) の記録層や、スピントロニクスに不可欠である。その起源は薄膜と基板等との界面における対称性の低下に起因した界面磁気異方性とバルクの結晶構造そのものの低対称性に起因した結晶磁気異方性に分類される。また、基板との格子不整合によってその界面部分に導入される結晶ひずみに伴い誘起される磁気異方性もある。一般的に結晶方位と磁化の軸とは、スピン軌道相互作用で結び付いており、強い磁気異方性の発生には強いスピン軌道相互作用の存在が必要条件である。

本研究では、立方晶である Co フェライトが MgO(001) 上にエピタキシャル成長した時に現れる強い垂直磁気異方性について調べている。基板との格子不整合により、磁気弾性効果を通じて強い磁気異方性が生じると考えられているが、実際に Co イオンに残る軌道角運動量を調べた例はない。そこで Co フェライト薄膜中の Co イオンに大きな軌道角運動量が残っていることを直接検証することを目的とし、X 線磁気円二色性 (XMCD) 実験を行った。

## 2 実験

試料には、スパッタリング法を用いて MgO(001) 単結晶基板上に成膜したエピタキシャル薄膜をもちいた。Co と Fe の組成比は、化学量論比(1:2)よりも Fe が多い 1:3 となるように設計した。室温における磁化測定、磁気トルク測定を行い一軸性の垂直磁化膜であることと、その異方性定数を確認した。

XMCD 実験は PF-16A でを行い、室温において Fe および Co の L 端での左右円偏光の X 線吸収スペクトル(XAS)を測定した。全電子収量軟 X 線吸収分光法を用いて、膜面垂直方向に±12 kOe の磁場を印加することで XMCD スペクトルを得た。

## 3 結果および考察

Figure 1 に Fe および Co の L 吸収端での XAS および XMCD スペクトルを示す。Fe の XAS は、 $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜のそれとよく似た形状であった。XMCD スペクトルは、スピネル構造の A 位置と B 位置に

Fe<sup>3+</sup>が存在してそれらの磁気モーメントが相殺し、B 位置に残る僅かな Fe<sup>2+</sup>の寄与を反映したものであった。一方、Co の XMCD のスペクトルは、定性的に大きな軌道モーメントの存在を示唆するものであった。総和則を用いた予備的な解析では、Co の  $L_z$  と  $S_z$  は、1 イオンモデルから予想される値の半分以下であり、定量的にはあまり良い一致は見られなかったが、 $L_z/S_z$  はモデルから期待される値と同程度の大きさを示した。

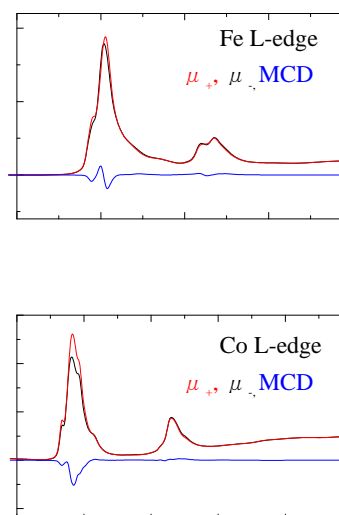


Figure 1 : Fe、Co の L 端での XAS および XMCD スペクトル

以上であることから、総和則を用いた解析では  $L_z$  と  $S_z$  が期待される値より小さくなるものと理解される。また、軟 X 線が表面敏感なプローブであることから、表面構造が薄膜内部と異なっている可能性も検討する必要がある。

## 謝辞

本研究は、文部科学省元素戦略プロジェクト「複合界面制御による白金族元素フリー機能性磁性材料の開発」の一環として行われた。