

磁気ヘッド膜の反強磁性／強磁性界面における磁気構造の評価 Analysis of Interfacial magnetic structure between antiferromagnetic / ferromagnetic bilayers in TMR multilayer

平野 辰巳, 高松 大郊
Tatsumi Hiranō, Daikou Takamatsu

(株)日立製作所
Hitachi Ltd.

記録密度の高い磁気ヘッドの開発には、反強磁性／強磁性界面の磁気構造評価が重要となる。スピン反転偏極中性子反射率から、界面での交換結合に差異のある試料間では、界面磁化の回転成分に違いが見いだされた。今回、X線磁気円二色性を用いた元素選択磁気ヒステリシスの測定から、Mn磁化の回転成分に差異がある界面磁気構造モデルを支持する結果が得られた。

キーワード： XMCD、ESMH、界面磁気構造、磁気ヘッド

背景と研究目的：

記録密度の高い磁気ヘッドを開発および量産する上で解決すべき課題の一つに、反強磁性／強磁性 (AFM/FM) 間の安定した交換磁気結合の実現がある。この解決には、交換結合の起源の解明や AFM の材料系、配向、粒径などの制御因子による AFM/FM 界面における磁気構造の評価が重要である。交換結合の解明として、X線磁気円二色性 (XMCD) を用いた元素選択磁気ヒステリシス法 (ESMH) により、AFM (MnIr, MnPt) / FM (CoFe) 界面に誘起された Mn 磁化が評価された。その結果、外部磁界で反転しない、界面に固着された Mn 磁化成分は存在せず、交換結合の起源ではないことが明らかとなった [1,2]。このため、交換結合の解明には、界面に誘起された Mn 磁化の外部磁場による回転成分が鍵と考えられ、スピン反転偏極中性子反射率 (SFNR) を検討し、界面磁化の回転成分を評価した。その結果、交換結合に差異のある試料間では、界面磁化の回転成分に違いが見いだされた。SFNR では、仮定した膜構造モデルに依存するため、実際に誘起された Mn 磁化成分なのか、界面で広がった CoFe 磁化成分のねじれ成分なのかの区別ができない。そこで、本報告では、この界面磁気構造モデルの XMCD 実験による検証を目的とした。

実験：

試料は、Si 基板 / Ta(5) / Ru(5) / MnIr / CoFe(2) / Cu(1) / Ru(2) である。括弧内の数値は膜厚を表し、単位は nm である。MnIr の膜厚は、3、5nm とし、交換結合磁界 (J_k) は各々、0.15、0.55 erg/cm² であった (後述する、Co の ESMH の測定結果から算出)。

測定には SPring-8 / BL25SU の軟 X 線 MCD 装置を用いた。XMCD は、2 台の挿入光源からの左回り／右回りの円偏光 X 線を切り替える偏光反転法を利用し、全電子収量法 (TEY) で測定した。水平面内にある外部磁場 (入射 X 線) と試料表面とのなす角度は、20 度 (30 度) とした。試料の着磁方向と外部磁場が水平面内にある場合を平行配置、試料を鉛直面内で 90 度回転した場合を垂直配置とし、両配置における XMCD と ESMH を測定した。XMCD は、

$$\text{XMCD} = (\mu(+)) - \mu(-) / \mu(\text{L3 平均}) \quad (1)$$

により得た。ここで、 $\mu(+)$ 、 $\mu(-)$ は、各々左回りと右回り円偏光 X 線に対する吸収スペクトル (吸収端前のバックグラウンド差引後) である。また、 $\mu(\text{L3 平均})$ は、 $\mu(+)$ 、 $\mu(-)$ の平均で、磁性によらない平均的な吸収スペクトルにおける Co-L3 吸収端での共鳴吸収ピークの高さを表す。 $\mu(\text{L3 平均})$ を用いた規格化により、XMCD は近似的に着目元素の単位原子数あたりの磁化として扱うことが可能となる。さらに、ESMH についても、同様の規格化を行った。

結果および考察：

AFMのスピン(Mn)は本来、そのスピンの方向が打ち消しあって全磁化量は0となるが、界面で接触した強磁性層により、非打消し成分が誘起されて全磁化量は0とならない。図1に各試料のCo(上段)とMn(下段)のESMHループを示す。黒線は、試料の着磁方向と外部磁場が平行配置の容易軸ループ、赤線は、垂直配置の困難軸ループである。低 J_k 試料のCoのESMHで、 $\pm 10\text{kOe}$ におけるXMCDは、容易軸、困難軸ループで一致しており、飽和磁化の状態であることがわかる。同様に、低 J_k 試料のMn、高 J_k 試料のCoのESMHにおいても、 $\pm 10\text{kOe}$ におけるXMCDは、容易軸、困難軸ループでほぼ一致している。一方、高 J_k 試料のMnのESMHで、 $\pm 10\text{kOe}$ における困難軸のXMCDは容易軸に比べて9%程度低下しており、磁化状態が飽和していないことがわかる。これは、MnIrの膜厚が厚い高 J_k 試料では、磁壁の存在により困難軸方向で磁化が飽和しにくいと考えられる。これから、困難軸方向の外部磁場によりCo磁化および誘起されたMn磁化は磁場方向に回転するが、その回転量に差異があると推測される。これは、SFNRにおいて、Mn磁化の回転成分に差異がある界面磁気構造モデルを支持すると考えられる。

参考文献：

- [1] M. Tsunoda *et al.*, Appl. Phys. Lett., **89**, 172501 (2006).
- [2] 平野辰己他、第20回日本放射光学会年会予稿集、(2007).

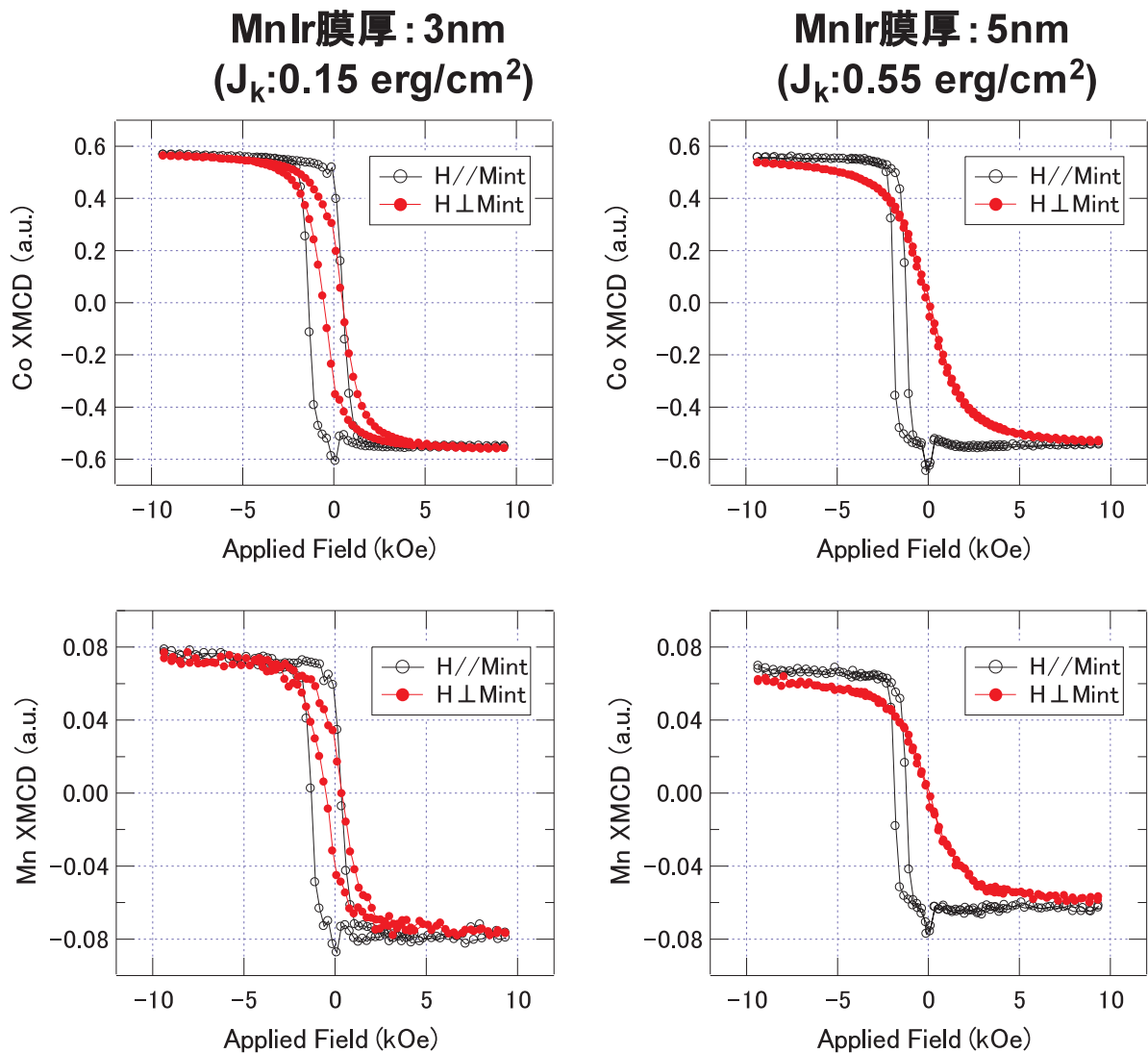


図1 CoとMnのESMH。