

Mn-Ir/Co_{100-x}Fe_x 積層膜の交換磁気異方性と界面非補償反強磁性 スピンの相関

Correlation between exchange anisotropy and interfacial uncompensated antiferromagnetic spins in Mn-Ir/Co_{100-x}Fe_x bilayers

角田匡清^a, 中村哲也^b, 高橋宏和^a, 磯上慎二^a, 三俣千春^c
M. Tsunoda^a, T. Nakamura^b, H. Takahashi^a, S. Isogami^a, C. Mitsumata^c

^a東北大学工学研究科, ^b高輝度光科学研究センター, ^c日立金属
^aGrad. School of Engng., Tohoku University, ^bJASRI, ^cHitachi Metals

Mn-Ir/Co-Fe 積層膜の交換磁気異方性のメカニズムを明らかにすることを目的として、強磁性層組成を系統的に変化させた場合の一方異方性定数 (J_K) の大きさと、界面誘導非補償反強磁性スピンとの相関について、透過法 XMCD により検討した。非補償スピンの大きさは、 J_K が最大となる Co₇₅Fe₂₅ で最大となる一方、Co₂₃Fe₇₇ 付近でその符号が変化することが明らかとなった。

In order to clarify the mechanism of exchange anisotropy of Mn-Ir/Co-Fe bilayers, correlation between unidirectional anisotropy constant, J_K , and interfacial induced uncompensated antiferromagnetic (UC-AFM) spins was investigated with transmission XMCD method, as a function of the ferromagnetic layer composition. The magnitude of UC-AFM takes the maximum value with Co₇₅Fe₂₅, accompanying with the maximum value of J_K . The change of sign of UC-AFM was also observed around Co₂₃Fe₇₇.

キーワード：次世代磁気記録、スピンバルブ、MR AM、交換磁気異方性、X線磁気円二色性

1. 研究背景と目的

強磁性／反強磁性積層膜で観測される交換磁気異方性は、磁気ランダムアクセスメモリ (MRAM) を始めとするスピントロニクスデバイスや超高密度磁気記録用スピンバルブヘッド等に実用化され、記録密度の増大に伴って、より大きな交換磁気異方性を導出することが求められている。交換磁気異方性の大きさ（一方異方性定数, J_K ）を増大するための一つの手法として、強磁性層の組成を変化させることが知られ、Mn-Ir を反強磁性層に用いた交換結合膜においては、強磁性 Co-Fe 層の組成に対して、 J_K は Fig.1 に示すように系統的に変化する[1]。交換磁気異方性は、主に反強磁性層内部に導入される‘磁場反転に対して非対称な’反強磁性スピンのねじれ構造によって誘導されると考えられるため[2]、同じ反強磁性層を有する積層膜で、強磁性層組成に対して J_K が系統的に変化する現象は容易には理解できない。一方、SPRING-8 BL25SU を利用した著者らのこれまでの研究により、Mn-Ir/Co-Fe 積層膜においては、積層界面の 1~2ML の範囲に非補償反強磁性スピン成分が誘起され、交換磁気異方性の大きさを支配する要因となることが明らかとなって

おり[3]、界面の交換結合を通じて、強磁性層組成が交換磁気異方性に影響を及ぼすメカニズムの一端が明らかとなっている。そこで、本研究では、Co-Fe 強磁性層の組成を系統的に変化させた Mn-Ir/Co-Fe 積層膜について、軟 X 線 MCD 分光の手法によって、サブナノメートル厚の界面層に誘起された非補償反強磁性スピンの計測を行い、同積層膜に誘導された交換磁気異方性の大きさとその相関について検討を行った。

2. 実験方法

Si-N メンブレン上に成膜した Ta(4)/Ru(5)/Mn₇₆Ir₂₄(10)/Co_{100-x}Fe_x(4)/Ru(1)/Ta(1nm) の構造の積層膜について、透過法により Fe, Co, Mn の各元素 L 吸収端近傍の吸収スペクトルならびに MCD スペクトルを測定した。各元素について、L₃ 吸収端における MCD の大きさを、共鳴吸収ピーク (white line) の大きさを規格化し、原子当たりの局所あるいは誘導磁気モーメントの大きさの指標とした。

3. 実験結果と考察

Fe-Co 層の組成に対して、各元素の規格化 MCD の大きさをプロットした結果を Fig.2 に示す。Co の規格化 MCD の大きさは、Fe=5~95 at% の広い組成領域で、±10% の範囲では

ば一定値を示すのに対して、Feの規格化MCDの大きさは、Fe=100at%から30at%へ濃度が低下するに従って、直線的に増大し、およそ1.5倍の大きさとなることが判る。これは、中性子線回折により調べられたFe-Co合金中の各元素の局所磁気モーメントの大きさの変化[4]と定性的に良く一致する結果であり、本研究における計測の妥当性を示している。

一方、Mnの規格化MCDの大きさはFe-Co層の組成に対して、系統的に変化するが、Fe=77at%付近においてその符号が変化することが判った。Mn-MCDの大きさならびに符号の変化は、強磁性層組成によって積層界面の反強磁性スピンの構造が変化していることを意味し、観測された非補償Mnスピンの、強磁性層と反強磁性層の界面における交換結合によって誘起されていることを示唆している。Fig.1に示した J_K のFe-Co組成依存性と、Mnの規格化MCDの大きさを比較すると、 J_K が最も大きくなる $\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$ 付近でMCDの大きさも最大となっており、両者の間には相関関係が存在することが示唆される。より詳細にMCDスペクトルを見ると、富Co組成の積層膜のMn- L_3 のMCDピーク位置と、富Fe組成の積層膜のMn- L_3 のMCDピーク位置とでは、およそ0.25eVのズレが存在することが判った (Fig.3)。本実験結果のより詳細なスペクトル解析ならびに理論計算との対比検証を行うことで、交換磁気異方性の大きさと、界面誘起非補償反強磁性スピン成分の大きさとの相関関係が明確化されることが期待できる。

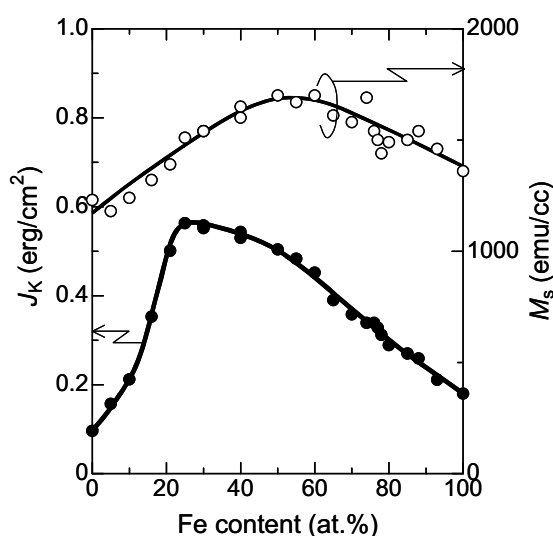


Fig.1 Unidirectional anisotropy constant, J_K , and saturation magnetization, M_s , of $\text{Mn}_{76}\text{Ir}_{24} / \text{Co}_{100-x}\text{Fe}_x$ bilayers, as a function of Fe content in Co-Fe layer.

4. 今後の課題

本課題によって、XMCDによる界面誘導非補償反強磁性スピンの計測が、積層界面における異種原子間の交換結合の状況を知る上で有効な手法であることが判った。今後は、積層膜の組成範囲をさらに広げ、より統一的な交換磁気異方性のメカニズム解明につながる実験を計画する。

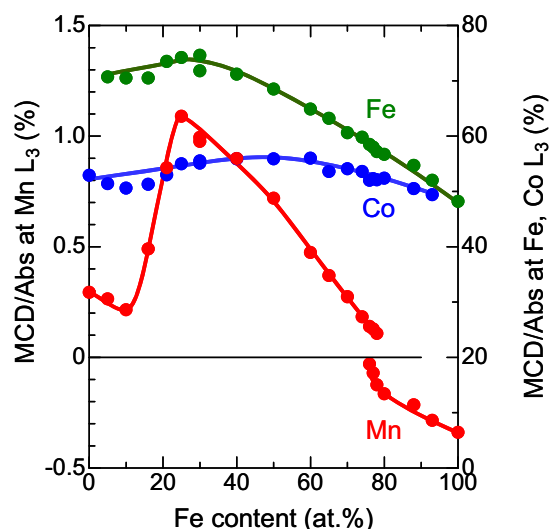


Fig.2 Normalized MCD amplitude of Fe, Co, Mn in $\text{Mn}_{76}\text{Ir}_{24} / \text{Co}_{100-x}\text{Fe}_x$ bilayers at the respective L_3 -edge, as a function of Fe content in Co-Fe layer.

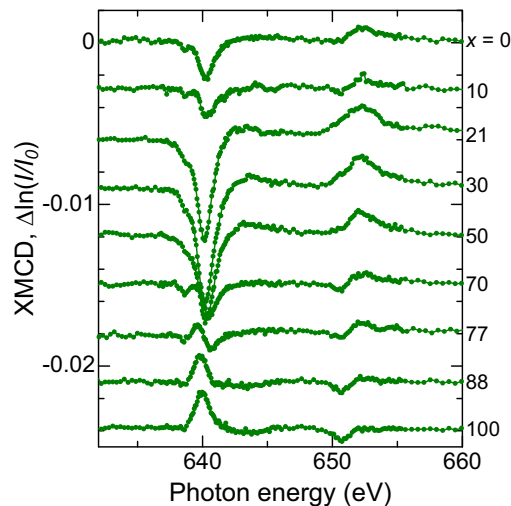


Fig.3 MCD spectra near Mn L -edge of $\text{Mn}_{76}\text{Ir}_{24} / \text{Co}_{100-x}\text{Fe}_x$ bilayers.

参考文献：

- [1] M. Tsunoda et al., J. Magn. Magn. Mater., **239**, 182 (2002).
- [2] C. Mitsumata et al., Phys. Rev. B **68**, 014437 (2003).
- [3] M. Tsunoda et al., J. Appl. Phys., **101**, 09E510 (2007).
- [4] M. F. Collins et al., Phil. Mag. **8** (1963) 401.