

磁気デバイス交換結合膜磁気異方性の界面処理依存性の
軟X線共鳴磁気反射率による解明
**Dependence of exchange coupled energy on interfacial treatment in an
exchange biased system studied by soft x-ray resonant magnetic reflectivity**

淡路直樹^a, 土井修一^a, 野村健二^a, 野間賢二^b, 広野等子^c, 木村洋昭^c
Naoki Awaji^a, Shuichi Doi^a, Kenji Nomura^a, Kenji Noma^b, Toko Hirono^c, Hiroaki Kimura^c

^a富士通研究所, ^b富士通(株), ^c財高輝度光科学研究センター
^a Fujitsu Laboratories Ltd., ^b Fujitsu Ltd., ^c JASRI

IrMn/CoFe 交換結合膜の界面近傍の磁気モーメントの深さ分布を評価するために、軟 X 線共鳴磁気反射率測定を行った。Mn L3 吸収端近傍での測定の結果、反強磁性配列をもつ Mn 原子について、明瞭な共鳴磁気反射率シグナルの検出に成功した。今後、共鳴磁気反射率プロファイルの詳細な解析により、磁気モーメントの深さ分布の決定および、交換結合バイアスの発現機構の考察を行う。

キーワード： 交換結合膜、X 線磁気円二色性、共鳴磁気反射率

背景と研究目的：

磁気ヘッドのスピナルブ膜やMRAM (Magnetoresistive Random Access Memory) 素子には、反強磁性/強磁性薄膜からなる交換結合膜が磁気情報の読み出し等に用いられている。近年の磁気記録密度の増大により、微小領域の磁気情報を安定に読み出すことが課題になっているが、最近、反強磁性材料として開発されたIrMn3合金膜は、他の反強磁性材料に比べて交換結合バイアスが大きく、バイアス発生の最小膜厚も薄いことなどから、ハードディスクドライブの読み取りヘッドやMRAM用のTMR膜に広く用いられはじめている。一方、交換結合バイアスの発現機構に関しては、多くの研究が行われており、反強磁性/強磁性界面に固着されたピンドスピンモデル、スピンプラストラレーションモデルなどが提唱されているが、未だ十分に解明されていない。[1],[2]

X線共鳴磁気反射率は、磁性元素の吸収端における磁気散乱効果を利用することにより、試料中の磁気モーメントの深さ分布を、元素選択的に評価することのできる手法である[3]。軟X線MCD実験ビームラインであるBL25SUでは、3d軌道への遷移を測定できるMn L3吸収端での測定が可能である。我々は、IrMn反強磁性層中のMn原子の磁気モーメント分布、特にIrMn/CoFeの界面における磁化構造を調べることにより、磁気情報読み出しの安定化などのデバイス性能の向上に加え、交換結合の起源考察および巨大Jkの発現機構の考察が可能になると考えた。

実験：

軟X線共鳴磁気反射率測定を行うために、今回の試料構造は、基板/Ru(4nm)/IrMn(4nm)/CoFe(4nm)/Ru(3nm)の構造とし、結晶規則性や結晶配向性の異なる試料3種類を準備した。準備し

た試料を、2軸ゴニオメータを内蔵するエリプソ装置[4]内に設置し、光の進行方向と平行になるように、永久磁石により磁場を印加した。左右円偏光それぞれについて、マイクロチャンネルプレート (MCP) 検出器を用いてゴニオメータの $\theta/2\theta$ 走査により $2\theta=0\sim 140^\circ$ の広い角度範囲で反射率を測定した。測定のエネルギーは622eV(非共鳴条件)、640eV(Mn L3吸収端)、及び780eV(Co L3吸収端)で行った。

結果および考察：

図1に、622eVで測定した3試料のX線反射率の測定結果を示したが、ほぼ6桁の強度範囲で良好なデータが取得できた。縦軸は見易さのために試料ごとにシフトさせている。非共鳴条件でのX線反射率は、磁気散乱効果をほとんど含まないので、その強度プロファイルから電荷散乱による膜厚や密度、表面・界面凹凸などの構造パラメータを決定することができる。図2に、MnのL3吸収端である640eV、及びCo原子のL3吸収端である780eVで測定した共鳴磁気反射率の結果を示す。共鳴磁気散乱効果は左右円偏光の反射率に対する左右円偏光の反射率強度の差として求めた。図2からIrMn反強磁性層のMn原子について、最大15%程度の共鳴磁気反射率シグナルの検出に成功した。これはIrMn/CoFe界面近傍において強磁性的な配列を持つMn原子に起因するものと考えられる。一方、CoFe強磁性層のCo原子の共鳴磁気散乱効果はMn原子よりも大きく、最大60%程度のシグナルを得た。試料間による共鳴磁気散乱プロファイルの違いは、試料中のMn原子の磁気モーメントの界面付近の深さ分布の違いを反映している可能性がある。現在、これらの測定データについて詳細な解析を行っており、その結果から、磁気モーメントの深さ分布と試料作製条件や磁気特性との関連及び、交換結合バイアスの発現機構を議論する予定である。

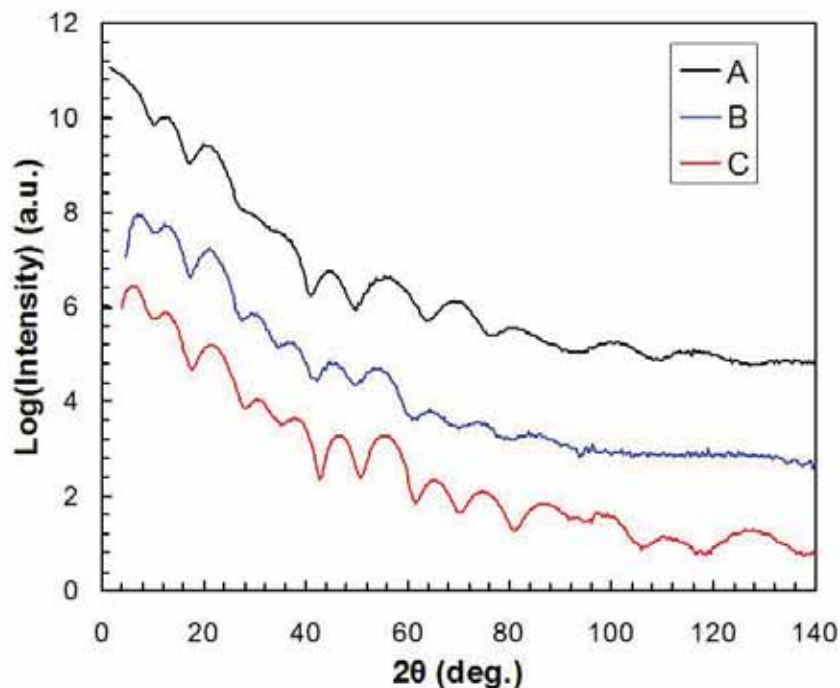


図1. 非共鳴条件 (622eV) における3試料 (A,B,C) の軟X線反射率

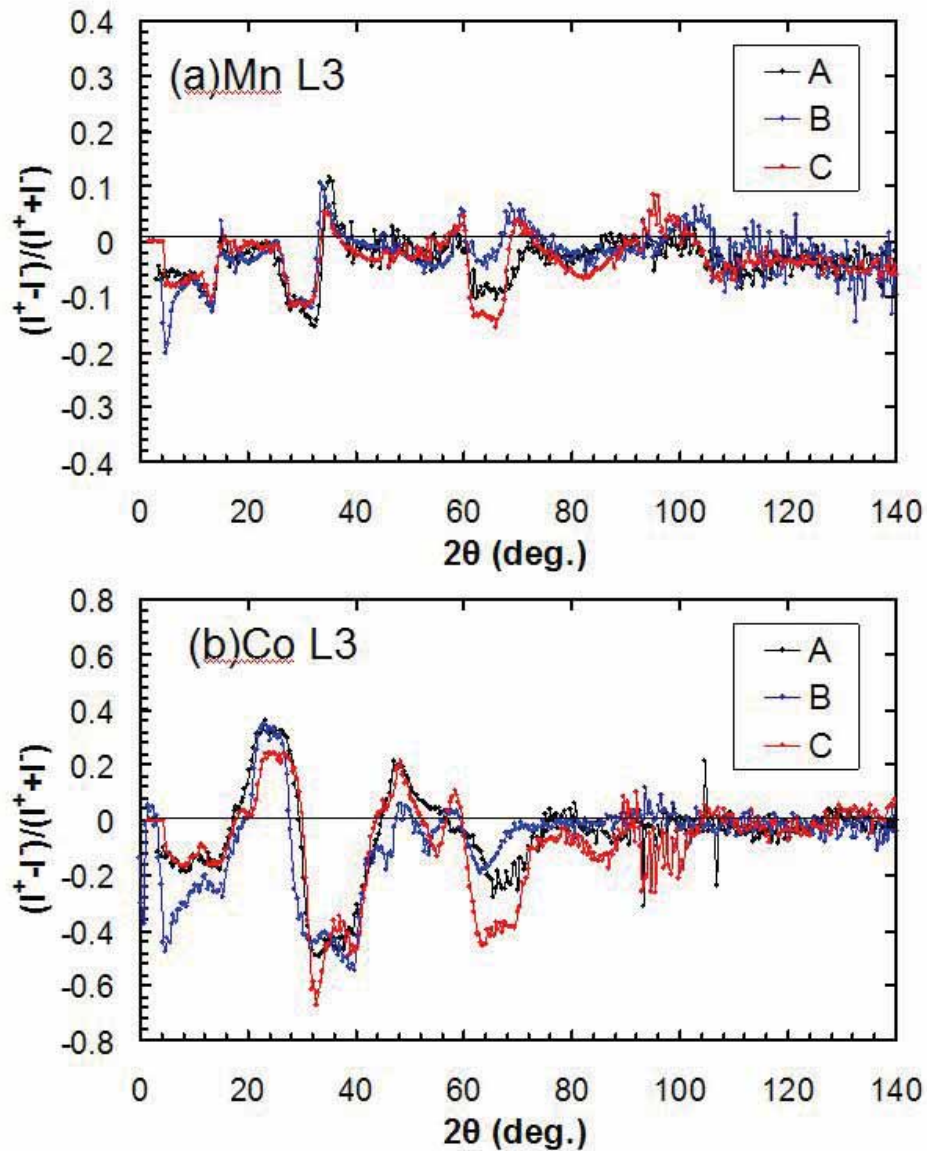


図2. 3試料 (A,B,C) のMn L3吸収端 (上図)、Co L3吸収端 (下図) での
共鳴磁気反射率プロファイル

参考文献：

- [1] D. Mauri, H. Siegmann, P. Bagus, E. Kay, J. Appl. Phys. **62** (1987) 3047
- [2] C. Mitumata, A. Sakuma, F. Fukamichi, Phys. Rev. B **68** (2003) 014437
- [3] N. Awaji, K. Noma, K. Nomura, S. Doi, T. Hirono, H. Kimura, and T. Nakamura, J. of Phys. Conf series **83** (2007) 012034
- [4] Kimura H, Hirono T, Miyahara T, Yamamoto Y and Ishikawa T, AIP Conference Proceedings, **705** (2004) 537