

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 硬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 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, 細糸信好^c, 児玉謙司^c

Naoki Awaji^a, Shuuichi Doi^a, Kenji Nomura^a, Kenji Noma^b, Nobuyoshi Hosoito^c, Kenji Kodama^c

^a(株)富士通研究所, ^b富士通(株), ^c奈良先端技術大学院大学

^a Fujitsu Laboratories Ltd., ^b Fujitsu Ltd., ^c Nara Institute of Science and Technology(NAIST)

IrMn/CoFe 交換結合膜について、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、硬 X 線共鳴磁気反射率測定を行った。Ir L3 吸収端近傍での測定の結果、超格子ピーク周りで、明瞭な共鳴磁気反射率のピークの観測に成功した。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や交換結合バイアスの発現機構の解明が期待できる。

We performed hard x-ray resonant magnetic reflectivity experiments on IrMn/CoFe exchange biased films to study the depth profile of magnetization near the interface. From the x-ray reflectivity measurement at Ir L3 edge, we obtained x-ray resonant magnetic reflectivity profiles near the super-lattice peaks. From the analysis of the x-ray resonant magnetic reflectivity profiles, it is expected to obtain the magnetization profiles which will leads to the understanding of the origin of the exchange bias.

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： 磁気ヘッドのスピンバルブ膜や MRAM 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、スピンフラスト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。

X 線共鳴磁気反射率(X-ray Resonant Magnetic Reflectivity)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¹⁾。硬 X 線 MCD 実験ビームラインである BL39XU では、5d 軌道への遷移を測定できる Ir 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 Ir 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評価することにより、磁気情報読み出しの安定性などのデバイス性能の向

上に加え、交換結合の起源解明および巨大 Jk の発現機構の解明が可能になると考えた。

実験： 今回、IrMn/CoFe 交換結合膜界面の Ir 原子の磁気モーメント分布を精度良く評価するために、[IrMn/CoFe]を繰り返し積層し超格子構造とした試料を準備した。構造は、基板/[Ru(4nm)/IrMn(4nm)/CoFe(4nm)]×15/Al(3nm)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。Ru層は、隣接した[IrMn/CoFe]層間の磁氣的結合を切断するための非磁性層である。準備した試料を、BL39XUの2軸回折計に設置し、電磁石により±2.0kOeの磁場を試料面内平行方向に印加した。硬X線共鳴磁気反射率の測定において、ダイヤモンド位相子により左右円偏光をスイッチングしながら、回折計を $\theta/2\theta$ 走査し共鳴磁気反射率プロファイルを取得した。図1に、実験レイアウトを示す。X線エネルギーは、Ir L3吸収端近傍でMCD信号が最も大きくなる11.215keVに設定した。検出器は、高計数率の測定が可能なアバランシェフォトダイオード検出器(APD)を用いた。また、共鳴磁気反射率のピークにおいて、磁気ヒステリシス測定を行った。

結果、および、考察： 図2に、今回準備した3つの試料のX線反射率の測定結果を示す。左右円偏光それぞれで取得したX線反射率の平均値

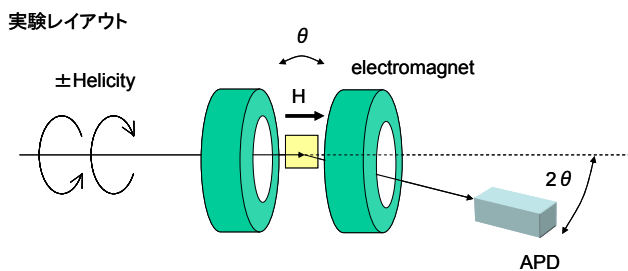


Fig. 1. Schematic diagram of experimental system.

をプロットしており、試料からの電荷散乱成分の強度プロファイルを表している。縦軸は見易さのために試料ごとにシフトさせている。図 2 より、 $2\theta = 1 \sim 4^\circ$ において超格子構造の積層周期を反映した超格子ピーク、及び全膜厚を反映した振動構造が明瞭の確認できる。このことから、今回作製した試料の超格子構造の周期性が保たれており、表面及び界面の平坦性が良いことが分かった。

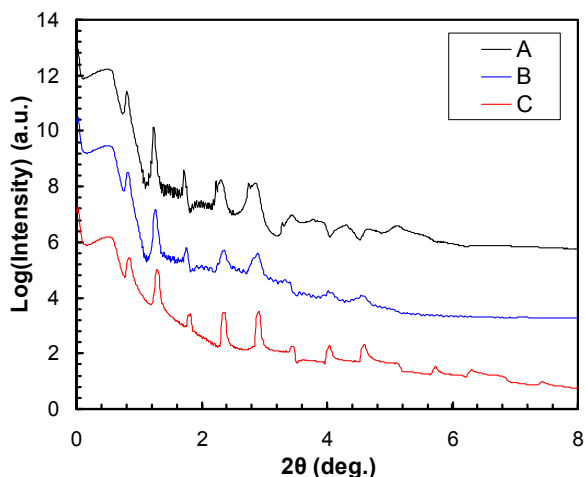


Fig. 2. Measured average X-ray reflectivity $(I^+ + I^-)/2$ at 11.215keV.

図 3(a)~(e)に、図 2 で示した 1~5 次の超格子ピークにおいて、ピーク近傍での共鳴磁気反射率のプロファイルを示す。共鳴磁気反射率は、左右円偏光各々の反射率強度の差を、超格子ピーク強度で規格化して求めた。図 3 より、それぞれの超格子ピーク位置において、IrMn/CoFe 界面の Ir 原子に起因すると考えられる共鳴磁気散乱信号の測定に成功した。試料間による共鳴磁気散乱プロファイルの違い、特に(e)5 次のピークにおける磁気散乱強度の正負の反転は、試料中の Ir 原子の磁気モーメントの界面を中心とした深さ分布の違いを反映していると考えられる。現在、上記の測定結果について解析中であり、共鳴磁気反射率プロファイルの詳細な解析により得られる磁気モーメントの深さ分布と試料条件、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。

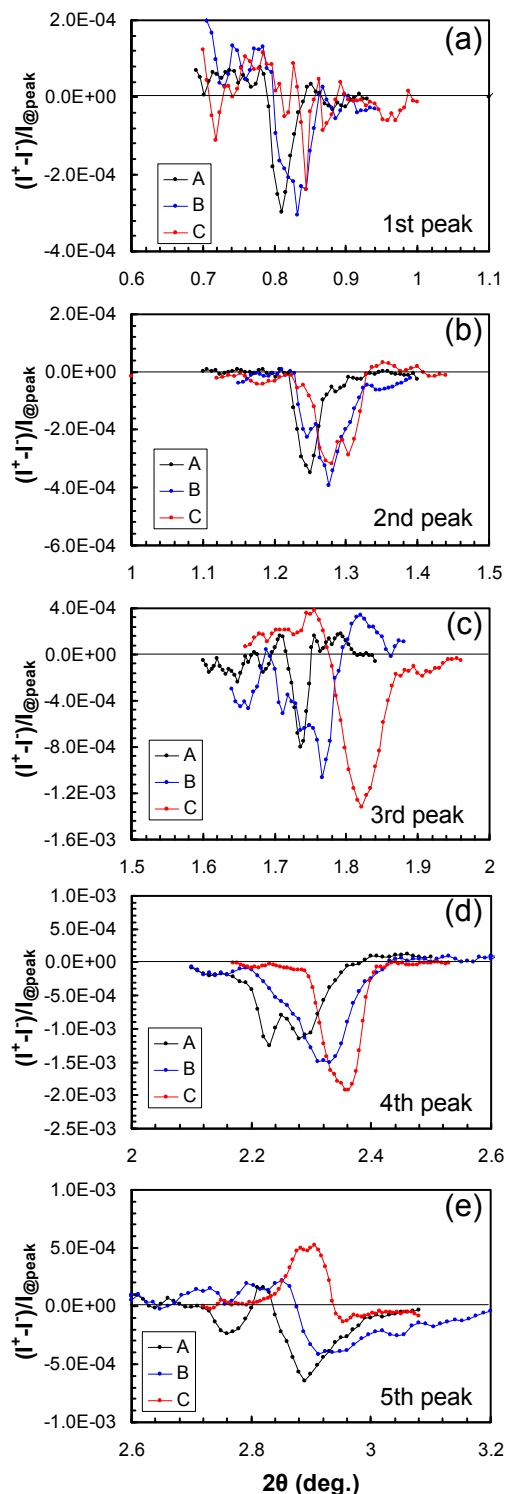


Fig. 3. Measured X-ray resonant magnetic reflectivity of each super-lattice peak of Fig.2

参考文献

- 1) N. Awaji, K. Noma, K. Nomura, S. Doi, T. Hirono, H. Kimura, and T. Nakamura, J. of Phys. Conf series **83** (2007) 012034