

偏光変調法共鳴硬 X 線磁気反射率測定による MnIr/CoFe 交換
 バイアス二層膜における非補償 Mn 磁化の界面磁気構造
**Magnetic Structure of Uncompensated Mn Magnetization near the
 Interface Region in the Exchange-Biased MnIr/CoFe Bilayer by
 Resonant Hard X-ray Magnetic Reflectivity Measurements with
 Helicity Modulation Technique**

細糸 信好^a, 山岸 隆一郎^a, 佐野 公則^a, 児玉 謙司^b, 角田 匡清^c, 高橋 宏和^c
 Nobuyoshi Hosoi^a, Ryuichiro Yamagishi^a, Kiminori Sano^a, Kenji Kodama^b,
 Masakiyo Tsunoda^c, Hirokazu Takahashi^c

^a奈良先端科学技術大学院大学, ^b高輝度光科学研究センター, ^c東北大学
^aNAIST, ^bJASRI, ^cTohoku University

強磁性 Co₇₀Fe₃₀/反強磁性 Mn₇₃Ir₂₇ 膜が示す大きな交換バイアス効果の原因を調べるため、共鳴 X 線磁気散乱法を用いて、反強磁性層に誘起された非補償磁化の深さ分布を元素選択的、軌道選択的に調べた。偏光変調法を用いて磁気散乱の検出感度を向上することにより、Mn K 吸収端で磁気散乱プロファイルの測定が可能になった。Mn 4p 電子の非補償磁化が界面付近だけに生じているというモデルでは、測定結果を再現できないことが明らかになった。

In order to make clear the origin of large exchange bias effect observed in the ferromagnetic Co₇₀Fe₃₀/antiferromagnetic Mn₇₃Ir₂₇ film, the depth distribution of uncompensated magnetization induced in the antiferromagnetic layer is element- and orbital-selectively investigated by resonant X-ray magnetic scattering. The improved sensitivity in the detection of magnetic scattering by helicity modulation technique makes it possible to measure magnetic scattering profiles at the Mn K absorption edge. It is found that the observed magnetic scattering profiles cannot be reproduced with a model that the uncompensated magnetization of Mn 4p electrons is induced only at the interface region.

キーワード：交換バイアス効果、共鳴 X 線磁気散乱、偏光変調法、非補償磁化、CoFe/MnIr

背景と目的： 強磁性 Co₇₀Fe₃₀/反強磁性 Mn₇₃Ir₂₇ 膜は大きな交換バイアス効果を示す。しかし、反強磁性 MnIr(111)面の Mn 磁化は補償されており、この状態では交換バイアス効果を生じない。Mn L_{2,3} 吸収端の X 線磁気円二色性 (XMCD) 測定から、CoFe/ MnIr 膜の界面近傍の Mn 原子に非補償磁化が生じていることが分かっている。¹⁾ 我々は交換バイアス効果の原因を明らかにするため、共鳴 X 線磁気散乱法を用いて反強磁性 MnIr 層内に誘起される非補償磁化の深さ分布を元素選択的、軌道選択的に調べている。この報告では Mn 4p 軌道に誘起された非補償磁化について報告する。

実験： Mn K 吸収端の磁気散乱強度は電荷散乱強度の 10⁻⁵ 程度の大きさであり、通常のヘリシティ反転法による測定は困難である。Mn K 端磁気散乱を測定するため、高感度な XMCD 測定法として知られている偏光変調法²⁾を散乱配置の測定に適用した。XMCD 測定からの変更点は、試料と電磁石を Huber ゴニオメータに取付けたこと、散乱 X 線の検出に Si フォトダイオード (PD) 検出器を用いたこと、測定シグナルを散乱 X 線強度/入射 X 線強度としたことなどである。測定用プログラムは自作した。散乱 X 線強度測定に用いた Si PD 検出器は、通常の磁気散乱測定に用い

るアバランシェフォトダイオード検出器に比べると、X線強度に対するダイナミックレンジが小さい。このため、測定条件を最適化するように角度範囲を分割して磁気散乱を測定した。

結果および考察： 磁気散乱測定は強磁性 CoFe 層が飽和するように ± 2000 Oe の磁場を印加して行なった。あらかじめ磁気散乱強度の X 線エネルギー依存性の測定を行ない、磁気散乱プロファイル測定のエネギーを 6543 eV と決めた。磁気散乱強度に相当するロックインアンプ出力 V_{ac} は通常、磁場反転に対して符号を反転するが、本測定では磁気散乱強度が非常に弱いため反転しなかった。しかし、 \pm 磁場に対する差強度 $V_{ac}(+H) - V_{ac}(-H)$ は再現性よく得られたので、この差を磁気散乱強度としてデータ処理を行なった。得られた磁気散乱プロファイルを Fig. 1 に示す。異なった色は異なった条件下での測定であることを示す。電荷散乱強度の包絡線で規格化した磁気散乱プロファイルはきれいにつながっており、電荷散乱強度の 10^{-5} 程度の磁気散乱が分離できたと考えられる。反強磁性 MnIr 層の界面 Mn 原子にのみ非補償磁化が生じているというモデルでシミュレーションを行なうと、Fig. 2 の赤線のプロファイルが得られた。 $2\theta < 1.8^\circ$ の角度範囲では測定結果を再現するがより高角側の一致はよくない。このことは、MnIr 層の内部にも非補償磁化が生じていることを示唆している。

今後の課題： 本測定により反強磁性 MnIr 層の Mn 4p 電子に生じる微少な非補償磁化の測定が可能になった。今後は、強磁性 $\text{Co}_x\text{Fe}_{1-x}$

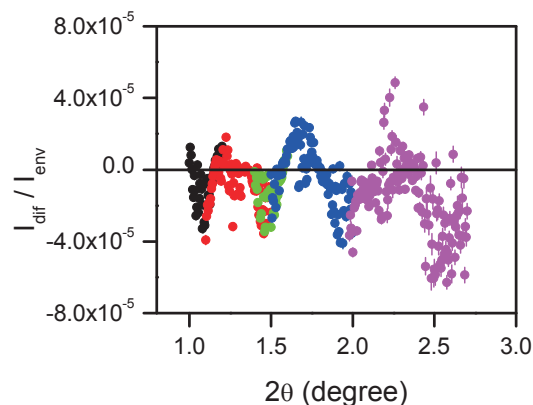


Fig. 1. Magnetic Scattering profiles scaled to the envelope of charge scattering intensity measured near the Mn K absorption edge by helicity modulation technique.

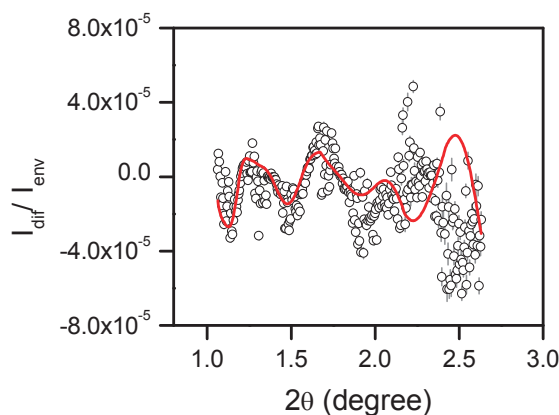


Fig. 2. Comparison of the observed and simulated magnetic scattering profiles.

層の組成と Mn 4p 電子の誘起磁化の深さ分布の関係などを調べる。また、Mn $L_{2,3}$ 吸収端磁気散乱から得られる Mn 3d 電子の誘起磁化分布を本測定から得られる Mn 4p 電磁の誘起磁化分布と比較し、交換バイアス効果における Mn 3d および 4p 非補償磁化の役割を検討する。

参考文献

- 1) M. Tsunoda, S. Yoshitaki, Y. Ashizawa, C. Mitsumata, T. Nakamura, H. Osawa, T. Hirono, D. Y. Kim, and M. Takahashi, J. Appl. Phys. **101** (2007) 09E510.
- 2) M. Suzuki, N. Kawamura, M. Mizumaki, A. Urata, H. Maruyama, S. Goto, and T. Ishikawa, Jpn. J. Appl. Phys. **37** (1998) L1488.