

二次元多素子検出器を用いる X線磁気回折実験による  
Co/Pd 多層膜の磁気形状因子測定  
Magnetic form factor of a Co/Pd multilayer measured by  
X-ray magnetic diffraction experiments using a 2D-multielement detector

高嶋雅仁<sup>1</sup>, 加藤康平<sup>1</sup>, 大沢冬樹子<sup>1</sup>, 下山秀文<sup>1</sup>  
鈴木宏輔<sup>1</sup>, 桜井浩<sup>1</sup>, 平野馨一<sup>2</sup>, 伊藤正久<sup>1</sup>

<sup>1</sup>群馬大学大学院理工学府, 〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1 丁目 5-1

<sup>2</sup>KEK 物質構造科学研究所, 〒305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1

Takashima Masahito<sup>1</sup>, Kohei Kato<sup>1</sup>, Tokiko Osawa<sup>1</sup>, Hidehumi Shimoyama<sup>1</sup>,  
Kosuke Suzuki<sup>1</sup>, Hiroshi Sakurai<sup>1</sup>, Keiichi Hirano<sup>2</sup> and Masahisa Ito<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Sci. and Tech., Gunma Univ., 1-5-1 Tenjincho, Kiryu, Gunma 376-8515, Japan

<sup>2</sup>KEK, IMSS, 1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki 305-0801, Japan

### 1 はじめに

X線磁気回折(XMD)実験は、従来主として単結晶に適用され、遷移金属や希土類の磁性原子のスピンの軌道磁気形状因子の測定が行われてきた。本研究では、XMD 実験を多層膜へ適用し、多層膜中の磁性原子の磁気形状因子測定を目指した。

### 2 実験

試料は高周波スパッター法にて作製した Co(8Å)/Pd(32Å)である。粉末回折計により回折強度プロファイルを測定し、多層膜構造に由来する衛星反射を確認し、さらに、多層膜回折強度シミュレーションと実測の比較より Co, Pd 層それぞれの積層数が  $n_{\text{Co}}=4$ ,  $n_{\text{Pd}}=15$  と評価された[1]。

XMD 実験では二次元多素子検出器 PILATUS を利用し、新たに作成した測定プログラム[2]を用いた。蓄積リング電子軌道面の斜め上(試料位置にて +0.5mm) および下(同-0.5mm) に放射される左および右回り楕円偏光 X 線を利用し、磁化反転に伴う回折強度の相対変化(flipping ratio)  $R$  を測定した。本研究では磁化のスピンのみを測定する実験配置を採用し、スピン磁気形状因子を測定した。

### 3 結果および考察

PILATUS にて観測された本多層膜の回折像は縦長の筋状であり[1]、60 時間の測定にて観測された全回折強度の  $R$  は、軌道面上および下において、 $R_U=(2.9\pm 0.6)\times 10^{-4}$  および  $R_D=(-1.8\pm 0.6)\times 10^{-4}$  であった。この統計精度は、以前半導体検出器(Ge-SSD)により回折像の中心部のみで測定された結果[3]に比べ、一桁程度向上している。

$R$  から、 $\mu_S(s)=F(s)R/(\gamma f_p)$ にてスピン磁気形状因子  $\mu_S(s)$ が得られる。ここで  $s=\sin\theta/\lambda$ ,  $F(s)$ は構造因子、 $\gamma=E/E_0$  ( $E$ は X 線の、 $E_0$ は電子静止質量のエネルギー)、 $f_p$ は X 線偏光因子である。本研究では上記  $n_{\text{Co}}$ ,  $n_{\text{Pd}}$ を用いて多層膜構造因子を評価した。本回折像は縦長のため、回折像を PILATUS の各素子ブ

ック(縦方向に8ブロックに分かれている: Fig. 1 参照)毎に flipping ratio を求め、さらに、各ブロック毎に偏光因子を補正して  $\mu_S(s)$ を求めた後、それらを平均して Co/Pd 多層膜の  $\mu_S(s)$ を導出した。

導出された本多層膜のスピン磁気形状因子  $\mu_S(s)$ を Fig. 2 に示す。これは XMD 実験により初めて実測された多層膜の磁気形状因子であり、以前測定された単結晶  $\text{Pd}_{3.2}\text{Co}_{0.8}$ [4]と同程度の値が観測された。

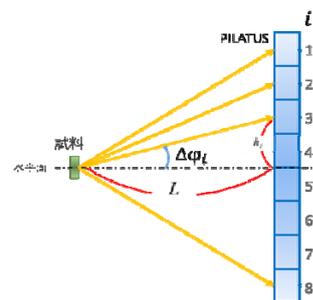


Fig. 1 PILATUS の 8 個の素子ブロック

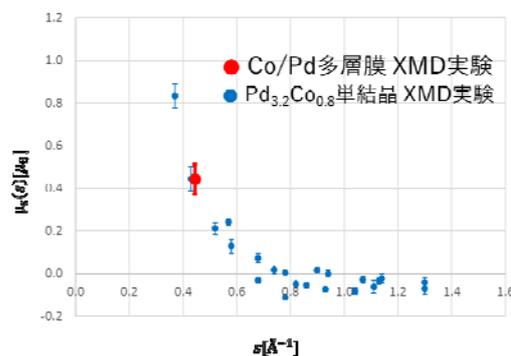


Fig. 2 多層膜 Co(8Å)/Pd(32Å)および単結晶  $\text{Pd}_{3.2}\text{Co}_{0.8}$  のスピン磁気形状因子

### 参考文献

- [1] 大沢冬樹子, 平成 27 年度群馬大学修士論文.
- [2] K. Kato et al., PF Act. Rep. 2016 #34 (2017).
- [3] H. Shimoyama et al., Key Eng. Mater. **698** 3 (2016).
- [4] M. Ito et al., Key Eng. Mater. **459** 3 (2011).

\* itom\_phys@gunma-u.ac.jp