

PILATUS を用いる多層膜の X 線磁気回折実験

X-ray Magnetic Diffraction Experiments of Multilayers by using PILATUS

高嶋雅仁¹, 加藤康平¹, 大沢冬樹子¹, 下山秀文¹鈴木宏輔¹, 桜井浩¹, 平野馨一², 伊藤正久¹¹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 5-1²KEK 物質構造科学研究所, 〒305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1Takashima Masahito¹, Kohei Kato¹, Tokiko Osawa¹, Hidehumi Shimoyama¹,Kosuke Suzuki¹, Hiroshi Sakurai¹, Keiichi Hirano² and Masahisa Ito¹¹Graduate School of Sci. and Tech., Gunma Univ., 1-5-1 Tenjincho, Kiryu, Gunma 376-8515, Japan²KEK, IMSS, 1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki 305-0801, Japan

1 はじめに

X線磁気回折 (X-ray Magnetic Diffraction、以下 XMD) は、楕円偏光 X 線を用いる非共鳴型 X 線磁気ブラッグ散乱であり、強磁性体の磁気構造因子のスピンの軌道モーメント成分を分離して測定できる実験方法である。

従来の XMD 実験の多くは、単結晶試料を対象に、白色 X 線と Ge 半導体検出器 (SSD、単一素子) を用いて行われてきた。今回は、多層膜試料の XMD 実験を目指した。多層膜試料の回折像は単結晶に比べ空間的に広がるため、従来の SSD では回折像の一部しか捉えられず、測定精度が著しく劣化するという弊害があった。このため、より検出範囲の広い多素子検出器 PILATUS を用い、回折像全体を捉えて XMD 実験を行うことを目的とした。

2 実験

多層膜試料は高周波スパッタ装置で作製された Co(8Å)/Pd(32Å)である¹⁾。396 層を積層させ、膜厚は約 3μm である。

多層膜 XMD 実験系の概略図を図 1 に示す。蓄積リングの電子軌道面から斜め上 (下) 方向に放射される左 (右) 回り楕円偏光白色 X 線を、Si (111) 二結晶モノクロメータにより単色化し試料へ入射した。試料部での X 線の鉛直位置は軌道面を基準とし、 $z = \pm 0.5\text{mm}$ であった。

多層膜の FCC 構造に由来する 222 回折像を PILATUS にて検出した。散乱角が 90° となるように入射 X 線の波長を 1.598Å に調整した。20 秒間隔の磁場反転毎に回折像を取り込み、回折強度の相対変化 (Flipping Ratio) を測定した。本 XMD 実験に先立ち、PILATUS、電磁石、回折計を統合制御する XMD 測定プログラムを整備した²⁾。

3 結果および考察

測定された Flipping Ratio は以下のとおりである。軌道面より 0.5mm 上および下のものを、それぞれ、 R_U および R_D として、 $R_U = (0.61 \pm 0.11) \times 10^{-3}$ 、 $R_D = (-0.44 \pm 0.11) \times 10^{-3}$ であった。測定時間は 20 時間であった。この測定結果を図 2 に赤丸(●)で示す³⁾。

図 2 には以前 SSD (単一素子) にて 60 時間で測定された Flipping Ratio¹⁾ を青丸(●)で示してある。SSD にて行われた実験に比べ、今回の PILATUS を用いた実験では、測定時間は 1/3 と短く、かつ、統計誤差は 1/6 と小さくなっている、同一測定時間に換算すると、概ね 20 倍程度、測定精度が向上したことになる。また、軌道面上下での Flipping Ratio の符号の反転も明瞭に観測されている。以上のことから、PILATUS を用いる多層膜 XMD 実験に成功したといえる。

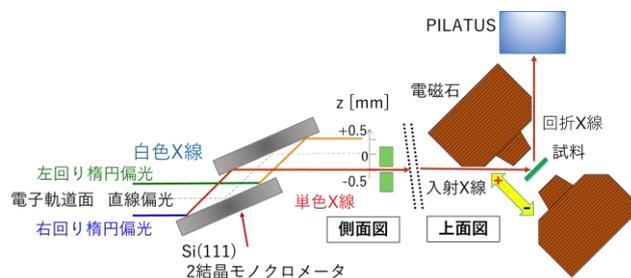


図 1 実験装置概略図

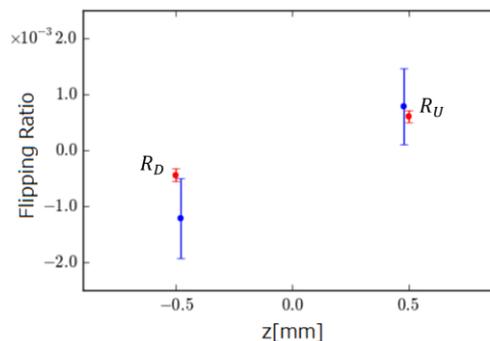


図 2 Co/Pd 多層膜の 222 回折の Flipping Ratio

参考文献

- 1) 下山秀文, 平成 26 年度 群馬大学大学院 修士論文.
- 2) 加藤康平他, PF Act. Rep. 2015 (2016).
- 3) 大沢冬樹子, 平成 27 年度 群馬大学大学院 修士論文.
*itom_phys@gunma-u.ac.jp