

PILATUS を用いる多層膜 X 線磁気回折実験のための 自動測定ならびにデータ解析プログラム開発 Development of programs of automated measurements and data analyses for X-ray magnetic diffraction experiments using PILATUS

加藤康平¹, 高嶋雅仁¹, 大沢冬樹子¹, 下山秀文¹, 平野馨一², 永谷康子², 小菅隆²,
亀沢知夏³, Wolfgang Voegeli³, 荒川悦雄³, 鈴木宏輔¹, 桜井浩¹, 伊藤正久¹

¹群馬大大学院理工学府, 〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5

²物質構造科学研究所, 〒305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1

³東京学芸大学, 〒184-8501 東京都小金井市貫井北町 4-1-1

Kohei Kato¹, Masahito Takashima¹, Tokiko Osawa¹, Hidefumi Shimoyama¹,

Keiichi Hirano², Yasuko Nagatani², Takashi Kosuge²,

Chika Kamezawa³, Wolfgang Voegeli³, Etsuo Arakawa³,

Kosuke Suzuki¹, Hiroshi Sakurai¹, Masahisa Ito¹

¹Gunma Univ., 1-5-1 Tenjincho, Kiryu, Gunma 376-8515, Japan

²KEK IMSS, 1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki 305-0801, Japan

³Tokyo Gakugei Univ., 4-1-1 Nukuikita, Koganei, Tokyo 184-8501, Japan

1 はじめに

当グループは強磁性体を対象とする X 線磁気回折 (XMD) 実験を行なっている。従来は主に単結晶が対象であったが、課題 2012G643 から多層膜試料への適用を目指している。当初は従来用いていた Ge 半導体検出器を使用していたが、多層膜回折像が広範囲にわたるため、より広い検出面積を持つ二次元多素子検出器 PILATUS を利用することとした。本検出器にて得られる X 線回折強度は二次元画像データであるため、従来の測定プログラムをほぼ全て書き換えることとなった。以下に実際に作成した各種プログラムを示す。なお、制御 PC と PILATUS および回折計との間の通信は、KEK の STARS インターフェイスを利用している[1]。

2 作成プログラム

2-1. XMD 自動測定プログラム

以下の手順に従い、実験開始から終了までの XMD 実験の全自動測定を可能にするプログラムである。

(1) 軌道面位置検出

XMD 実験においては蓄積リングの電子軌道面位置 (鉛直方向) を特定する必要がある。散乱角 90° を採用する本実験では回折強度が軌道面位置で極小となる。この極小位置特定を、回折計の鉛直位置(Z) と PILATUS の露光を連動して実行する。測定開始時ならびに電子ビーム入射検知後等に行なう。

(2) 軌道面上方での磁場反転測定

(1)で軌道面位置検出後、軌道面上方の特定の位置 (通常+0.5mm、左回り楕円偏光を利用) に移動し、そこで、磁場反転を 10 秒毎に繰り返しながら、磁場正方向および負方向のそれぞれの PILATUS 画像を取り込む。1 時間程度測定を行なう。

(3) 軌道面下方での磁場反転測定

軌道面下方の特定の位置 (通常-0.5mm、右回り楕円偏光を利用) に移動し、(2)と同様の測定を行なう。以後、(2)と(3)の手順を繰り返す。

2-2. Fe 単結晶用の測定プログラム

Fe 単結晶の特定の回折格子面 ((220), (200)等) の XMD 実験を回折計の Z 位置を変えながら行なう。この実験結果は X 線の偏光因子解析に用いられる。

2-3. 解析支援プログラム

(1) TIFF ビュアー

PILATUS の二次元画像データとして得られる X 線強度分布を、強 (赤) ~弱 (青) で色表示するプログラムである。さらに、特定の軸 (x 軸) に沿った一軸強度分布グラフ、および、y 軸方向へ積分した強度分布を x 軸にそってグラフ表示する機能も備えている。

(2) TIFF to CSV

PILATUS の二次元画像データを EXCEL 等の表計算ソフトで取り込むことが出来るように CSV ファイルへ変換するプログラムである。

(3) 複数画像一括解析

十秒毎に取り込まれる画像データの特定の関心領域(ROD)の積分強度値を時系列に沿って CSV 形式で出力する。

3 結果および考察

作成したプログラムを Co/Pd および Fe/MgO の二種類の多層膜の XMD 実験へ適用し、それぞれ回折強度の有意な磁気効果を得た[2,3]。よって作成されたプログラムは有効に機能していると判断される。

参考文献

[1] K. Kato *et al.*, PF Act. Rep. 2015 #33 200 (2016).

[2] M. Takashima *et al.*, PF Act. Rep.2015#33 201 (2016).

[3] T. Fukasawa *et al.*, PF Act. Rep. 2016 (2017).

* itom_phys@gunma-u.ac.jp