

## 走査型透過 X 線顕微鏡の開発

井波暢人<sup>1</sup>、武市泰男<sup>1</sup>、高橋嘉夫<sup>2</sup>、小野寛太<sup>1</sup>  
(<sup>1</sup>高エネ研、<sup>2</sup>東京大学)

Scanning Transmission X-ray Microscope for Permanent Magnets  
Nobuhito Inami<sup>1</sup>, Yasuo Takeichi<sup>1</sup>, Yoshio Takahashi<sup>2</sup>, Kanta Ono<sup>1</sup>  
(<sup>1</sup>KEK, <sup>2</sup>Univ. of Tokyo)

### はじめに

永久磁石の高保磁力化に向けて、磁石結晶粒および粒界における磁性元素およびその他の構成元素が果たす役割について研究が進められている。特に、レアメタル・レアアース材料を用いる磁石材料は、それらの元素の空間分布を調べて磁気特性に与える影響を理解することが重要である。放射光による数 nm 程度の波長を持つ単色軟 X 線を用いることで、高い空間分解能を持ったイメージングを期待することができる。加えて、X 線吸収スペクトルを得ることで元素選択的に化学状態を得ることができ、また円偏光された X 線を用いることで元素選択された磁気イメージングも行うことができる。イメージング可能な X 線顕微鏡にはいくつかの方法があるが、X 線を集光して試料を走査することによりイメージを得る走査型透過 X 線顕微鏡(Scanning Transmission X-ray Microscope: STXM)は局所分析が可能であるため磁石材料の開発に向いている。<sup>1)</sup>X 線イメージング装置は磁石開発推進に有用なツールであると思われるが、コストや設置場所等の問題で、これまで国内にはほとんど導入されていなかった。海外施設にある STXM は大型装置であるため、長時間のイメージング測定において熱や振動等によるドリフトの影響が発生する。そこで我々のグループでは、そのような影響を排除するため、小型で高速な STXM の開発を行った<sup>2-4)</sup>ので報告する。

### 実装方法

図 1 に STXM 概略図を示す。X 線を集光するフレネルゾーンプレート(FZP)、高次光を選択する Order Sorting Aperture(OSA)、試料を透過した X 線を検出する PMT モジュールがハードウェアの主な構成要素である。FZP、OSA、試料、ディテクタの各ステージは、attocube 社製ポジショナーおよびスキャナーを用いることで、装置の小型化が可能となった。測定システムは、National Instruments 社製 LabVIEW を用いて構成した。試料等ステージ制御やパルスカウンタ等のリアルタイム処理、バルブ等のインターロック制御などの高速処理が必要な部分には、FPGA が搭載された NI Compact RIO を使い、LabVIEW FPGA を使用してプログラミングを行った。プログラム可能なハードウェアである FPGA を用いることで、高速処理を実現した。

### 実験結果

開発した STXM 装置の実証のため、Nd-Fe-B 焼結磁石の磁気イメージング測定を行った。測定は KEK Photon Factory のビームライン BL13A にて行った。BL13 の X 線のエネルギー範囲は、30 - 1600 eV である。偏光 X 線を発生することができるアンジュレータの更新により、円偏光の X 線を導入することが可能となった。測定した Nd M 吸収端における磁気イメージング像から、ドリフトによるノイズも見られず、明瞭な迷路磁区が得られることが分かった。本研究で開発した STXM 装置については、磁場印加や時間分解測定も開発中であり、今後の磁性材料研究に有用な実験手法となると考えられる。

### 参考文献

- 1) K. Ono, et al., IEEE Trans. Magn. 47 (2011) 2672.
- 2) Y. Takeichi, et al., J. Phys.: Conf. Ser. 502 (2014) 012009.
- 3) Y. Takeichi, et al., Chem. Lett. 43 (2014) 373.
- 4) N. Inami, et al., J. Phys.: Conf. Ser. 502 (2014) 012011.

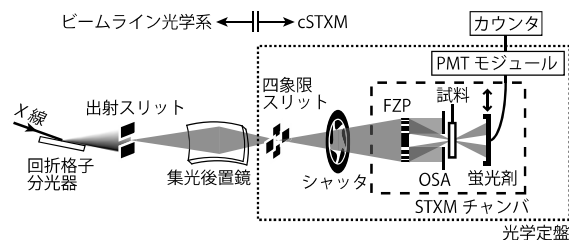


Fig. 1. Schematic image of STXM.<sup>2)</sup>