

PFにおける走査型透過 X 線顕微鏡の開発と サステナブル科学への応用

武市泰男
KEK-PF

走査型透過 X 線顕微鏡 (scanning transmission X-ray microscopy: STXM) は、X 線を試料上に集光して透過 X 線を検出しながら、試料を走査することで吸収イメージや局所吸収スペクトルを得る顕微分光手法である。軟 X 線領域での集光には専らフレネルゾーンプレート (FZP) が用いられ、15~100 nm 程度の空間分解能が得られている [1]。軟 X 線 STXM は、世界的に見るとすでに多くの第三世代放射光施設に導入され、有機分子・磁性体・生体・環境物質など幅広い分野の研究に用いられている。一方日本では、ごく最近まで軟 X 線 STXM は導入されていなかった [2]。

そこで我々は最近、非常にコンパクトな STXM (cSTXM) を独自開発した [3]。cSTXM では光学素子の配置は従来の STXM [1] と同様であるが、すべての粗動直進ステージに高精度 piezo 駆動ステージを採用して顕微鏡本体部分を A4 紙サイズに小型化している。小型化によって振動特性が改善したのみならず、図 1 のように FZP の仮想光源点から検出器までをひとつの光学定盤上に配置することが可能になった。その結果、ビームライン光学系や床の大規模な補修を施すこと無く 30 nm のパターンが分解可能で、原理上 PF のどこのビームラインにでも容易に設置・撤収が可能な顕微鏡を実現している。試料位置のレーザー干渉計によるモニタリング信号と X 線検出のパルス信号入力、試料走査電圧出力は FPGA (field-programmable gate array) 回路により処理され、PC とは独立に高速な走査制御を実現している。

cSTXM は現在、PF の BL-13A で運用され、C K 端から Al K 端までの軟 X 線を用いて元素マッピングや官能基マッピング、局所吸収スペクトルなどが得られている。すでに有機薄膜太陽電池のドナー・アクセプター分子の混合状態 [4] や土壌粒子中の鉱物と有機物の相互作用 [5]、鉄酸化菌のバイオリッチング機構、エアロゾル中の化学反応等の解明・観察に用いられているほか、円偏光を用いた希土類磁石の磁区構造観察 [6] への応用が予定されており、「サステナブル科学」をキーワードとして幅広い応用研究を行っている。講演では装置の詳細とこれら応用研究を紹介し、産業利用への期待について述べる。

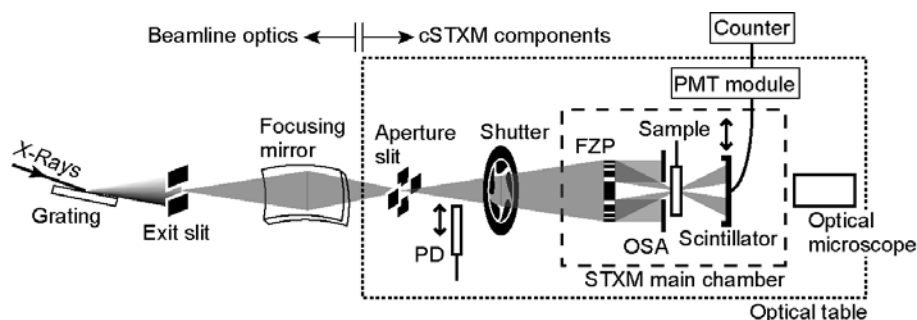


図 1: cSTXM 光学系の模式図。

- [1] A. L. D. Kilcoyne *et al.*, *J. Synchrotron Rad.* **10**, 125 (2003).
- [2] T. Ohgashi *et al.*, *J. Phys.: Conf. Ser.* **463**, 012006 (2013).
- [3] Y. Takeichi *et al.*, *Chem. Lett.* **43**, 373 (2014).
- [4] Y. Moritomo *et al.*, *Appl. Phys. Express* **7**, 052302 (2014).
- [5] H. Suga *et al.*, *Chem. Lett.* **43**, 1128 (2014).
- [6] K. Ono *et al.*, *IEEE Trans. Magn.* **47**, 2672 (2011).