

BL39XU 磁性材料

1. 概要

2008年4月から2009年3月にかけて、BL39XUでは、(1) 5 keV近傍のX線発光分光用Si 400結晶の導入と評価、(2) 高圧下X線磁気分光用集光ミラーシステムの設計と製作、および(3) 硬X線顕微磁気分光用100 nm集光ミラーシステムの設計と製作が行われた。

本稿では、上記高度化の内容を記述するとともに、BL39XUの2009年3月現在の状況を示す。

2. X線発光分光用Si 400結晶の導入

軽3d遷移金属元素、および軽希土類元素を対象としたX線発光分光測定を可能とするために、円筒面湾曲型のSi 400結晶を導入した。この結晶を、BL39XUの分散型X線発光分光器に設置し、Ti K β 線(～4.93 keV)を用いて評価を行った。スペクトルの計測には、2次元検出器PILATUSを用いた。試料に入射したX線エネルギーは4.9834 keV、ビームサイズは縦0.5 mm×横0.2 mmであった。試料から発するTiの蛍光X線をSi 400反射を用いて水平方向で分光し、縦方向で円筒面による集光を行った。図1(a)にPILATUS上で2次元画像として測定した分光後のビームプロファイルを示す。この2次元画像を縦方向に切り出すことによって、図1(b)のような集光プロファイルを得ることがで

きた。集光サイズは0.7 mmと評価され、試料位置での縦方向のビームサイズと同程度であった。また、弾性散乱(図1には示していない)の線幅から見積もったエネルギー分解能は0.5 eV以下であった。これらの結果から、本Si 400結晶は良好な分光性能を有することが確認された。図1(a)の縦方向の6ピクセル分を積分して得られたTi K β 線のスペクトルプロファイルを図1(c)に示す。この結果から高いS/N比をもつX線発光スペクトルが得られていることがわかる。本分光結晶の導入により、4.65～5.23 keVに位置するTi K $\beta_{1,3}$ 線、V～Cr K $\alpha_{1,2}$ 線、La～Nd L $\alpha_{1,2}$ 線等のX線発光分光が可能となり、これらの元素を含む試料に対するX線発光分光測定の適用範囲が大きく広がった。

3. 高圧下X線磁気分光用X線集光ミラーシステムの導入

100 GPa以上の超高圧領域でのXMCDやXAFS測定およびその高効率化を目指し、専用のX線集光ミラーシステムの設計および製作を行った。図2に、本ミラーシステムの外観を、表1に集光ミラー本体の仕様を示す。本ミラーシステムの特長は、最大限のスループットを追求した点である。すなわち、モノクロメータからの単色X線のフットプリントすべて(縦0.6 mm×横0.6 mm (FWHM))を取りこ

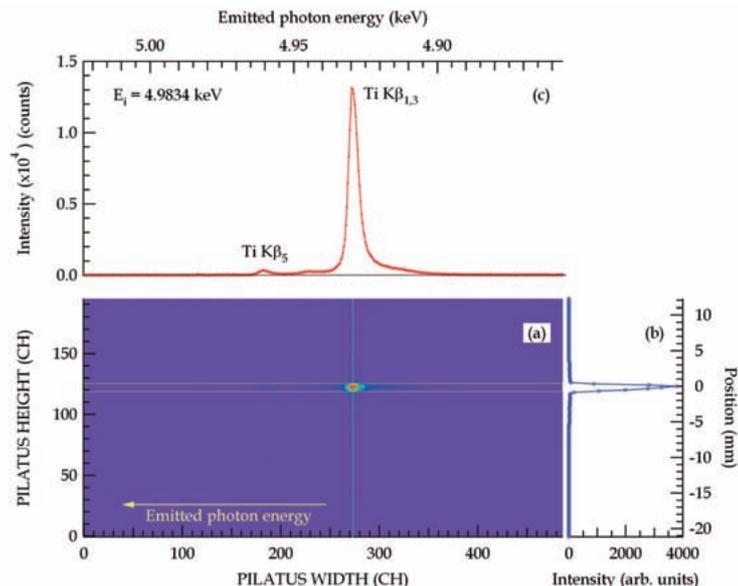


図1 (a) Si 400円筒面湾曲結晶を用いたTi K β 線のX線発光スペクトルに対するPILATUS検出器上での2次元画像。(b) 点線に沿って縦方向に切り出した集光プロファイル。(c) 四角で囲まれた領域の縦方向6ピクセル分を積分したX線発光スペクトルの結果。



図2 BL39XU実験ハッチ内最上流に設置された、高圧下X線磁気分光用X線集光ミラーユニット。

表1 高圧下X線磁気分光用X線集光ミラーの仕様

X線エネルギー	5~11 keV
ミラー長さ (垂直 / 水平)	150 / 200 mm
表面形状	楕円筒面
コーティング / 基板	Rh / Cr / SiO ₂
視射角 (垂直 / 水平)	5.5 / 5.5 mrad
開口サイズ (垂直 / 水平)	0.825 / 1.10 mm
ワーキング・ディスタンス	360 mm
目標集光サイズ (垂直 / 水平)	15 / 15 μm
カットオフ・エネルギー	11.5 keV

ばすことなくミラー開口で受け止め、縦15 μm×横15 μmの領域に集光することで、試料位置で10¹² photons/s以上の光子数を得ることを設計段階での目標とした。また、光学ハッチ内の水平偏向ミラーと組み合わせることによって、高次光成分の1次光成分に対する比率が10⁻⁸以下に抑制できるように入射角およびコーティングが選択されている。これにより、1次光成分の吸収が大きいダイヤモンド・アンビル・セルを用いた高圧測定に対しても、高次光成分が無視できるため、高精度のスペクトルが得られることが期待される。本ミラーシステムについては、2009A期に調整およびスタディを行い、2009B期から共用を開始する。

4. 硬X線顕微磁気分光用100 nm集光ミラーシステムの導入

100 nm空間分解能での硬X線顕微磁気分光測定を目指して、専用のX線集光ミラーシステムの設計および製作を行った。表2に集光ミラーの仕様を示す。既存の顕微用集光ミラーと比べて、コーティング、入射角、ミラー形状が改善されており、30倍ものスループットの向上が期待できる。本ミラーは100 m長のビームラインに最適化された設計がなされており、将来、ビームラインをこの長さまで延長することで、縦横100 nmの集光スポットに

表2 硬X線顕微磁気分光用100 nm集光ミラーの仕様

X線エネルギー	5~15 keV
ミラー長さ (垂直 / 水平)	300 / 200 mm
表面形状	楕円筒面
コーティング / 基板	Rh / Cr / Si
視射角 (垂直 / 水平)	4.0 / 3.8 mrad
開口サイズ (垂直 / 水平)	1.20 / 0.76 mm
ワーキング・ディスタンス	100 mm
目標集光サイズ (垂直 / 水平)	100 / 100 nm
カットオフ・エネルギー	16 keV

10¹⁰ photons/s以上のフラックスが得られることが期待される。本ミラーシステムを既存の実験ハッチ（光源から45 m）で用いた場合にも、2 μm領域に10¹² photons/s台のフラックスが得られる。これにより、顕微XMCD測定の効率や感度が格段に向上し、測定時間も大幅に短縮できるため、パターン磁気記録媒体や磁気ヘッド材料等の評価が、より精密かつ効率的に行えると期待できる。本ミラーシステムについては2009B期から調整およびスタディを行い、2010A期から供用を開始する。

利用研究促進部門

分光物性 I グループ・MCDチーム

河村 直己、鈴木 基寛

水牧 仁一朗