

BL39XU 磁性材料

1. 概要

BL39XUは2009年度も安定にユーザー利用に供することができた。ビームライン高度化としては、(1) 高圧下X線磁気分光用集光ミラーの導入・評価、(2) 超高圧下X線磁気円二色性測定用高圧セル（ダイヤモンド・アンビル・セル）の開発、および(3) 硬X線顕微磁気分光用100 nm集光ミラーの導入・評価を行った。

本稿では、上記項目の内容を記述するとともに、2010年3月時点のBL39XUの状況を示す。

2. 高圧下X線磁気分光用X線集光ミラーの導入・評価

超高圧下でのX線磁気円二色性(XMCD)、X線吸収分光およびX線発光分光測定の高感度化および高効率化を目的として、KB(Kirkpatrick-Baez)集光ミラーシステムを導入し、その評価を行った。本KBミラーは、高フラックスの10 μm オーダーの集光X線を形成し、かつ広い試料空間を確保するためにミラー下流端から集光点までの距離が360 mmになるよう設計されている。図1に、試料位置でのX線集光プロファイルを示す。

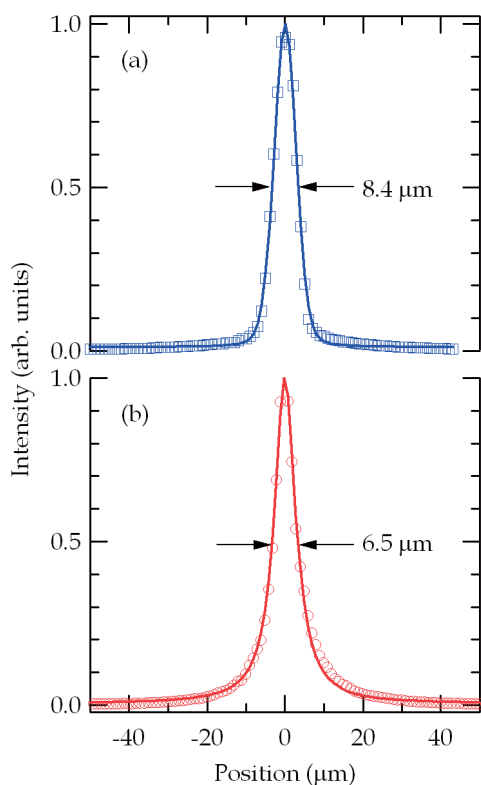


図1 高圧下X線磁気分光測定用X線集光ミラーによる(a) 横方向、および(b) 縦方向のビームプロファイル(FEスリット横0.2 mm × 縦0.5 mm、X線エネルギー：7.7 keV)。

イルを示す。FEスリット横0.2 mm × 縦0.5 mmの条件において、横6.5 μm × 縦8.4 μm (FWHM) に集光されており、設計値^[1] (横15 μm × 縦15 μm) を上回っている。この理由としては、横方向については仮想光源であるFEスリット横開口幅を設計値(0.5 mm)よりも狭めたこと、また縦方向については仮想光源が設計時に考えていたFEスリット位置よりも実際には上流にあることが考えられる。7.7 keVにおいて、ミラー2枚によるX線反射率70%、試料位置での光子数 3.2×10^{12} photons/s、高次光除去率 10^{-7} 以下と、ほぼ設計性能が達成されている^[2]。本ミラーシステムは2009A期から共用開始されており、多くの高圧下XMCD実験に利用されている。

3. 超高圧下X線磁気円二色性測定用ダイヤモンド・アンビル・セルの開発

高圧下XMCD測定における最大圧力は50 GPa程度であった。前項で述べたKBミラーを用いた集光ビームを用いると、試料体積を小さくできるため、より高い圧力を負荷することが可能となる。そこで、100 GPa以上の超高圧下XMCD測定の実現を目指したダイヤモンド・アンビル・セル(DAC)の開発を行った(図2(a))。超高圧発生のために、XMCD測定に特化したベベル付ダイヤモンド・アンビル(キュレット径400 μm 、先端径75 μm 、ベベル角 8° 、高さ1 mm)を新たに設計した(図2(b))。超高圧DACのピストンのストローク量に依存した発生圧力の測定結果を図3に示す。この結果から、150 GPa以上の圧力発生に成功したことが確認された。本DACは、160 GPaでの超高圧下XMCD測定に既に適用されており^[3]、今後、超高圧領域での磁性研究への応用が期待されている。更に、より幅広い温度および磁場での多重極限定への展開も目指している。

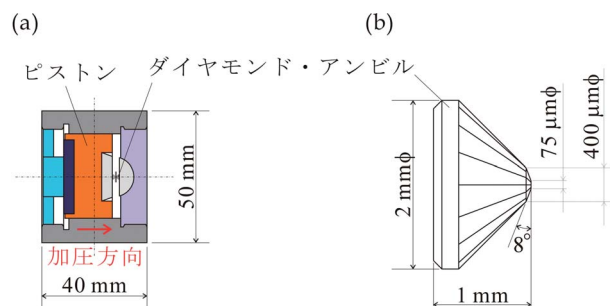


図2 (a) 超高圧DACの外観図、および(b) ベベル付ダイヤモンド・アンビル。

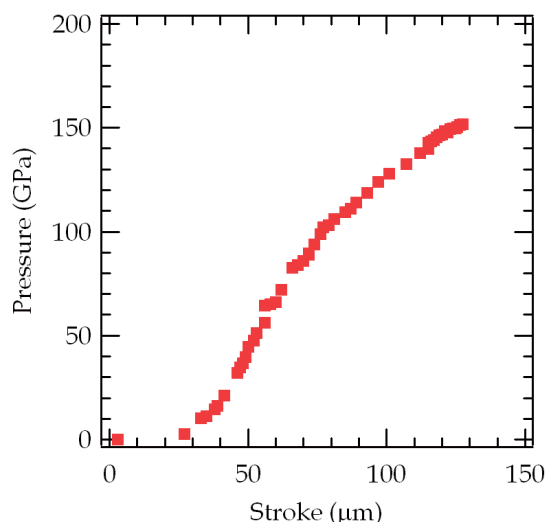


図3 超高压DACにおけるピストンのストローク量と発生圧力の関係。ピストンのストローク量は、加圧治具の目盛から換算。圧力はダイヤモンド・アンビルのラマンスペクトル一次微分のedge位置から決定^[4]。

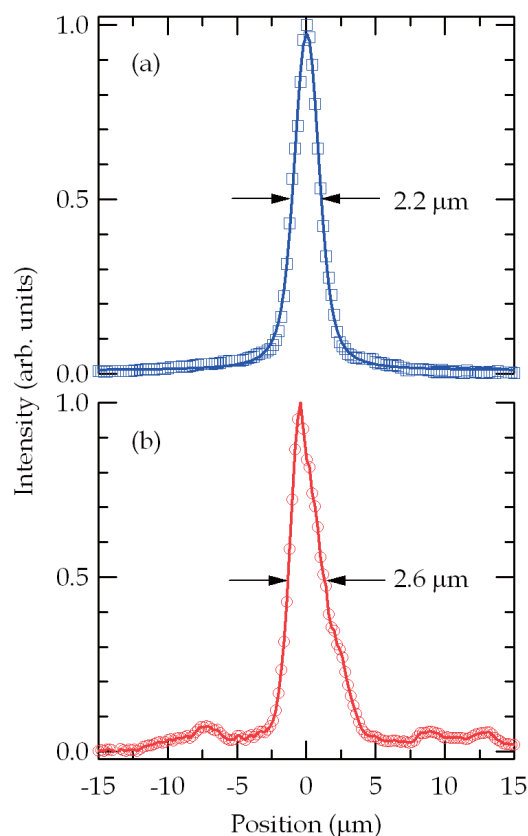


図4 硬X線顕微磁気分光用100 nm集光ミラーによる(a)横方向、および(b)縦方向のビームプロファイル (FEスリット横0.2 mm×縦0.5 mm、X線エネルギー：11.56 keV)。

4. 硬X線顕微磁気分光用100 nm集光ミラーの導入・評価

100 nm空間分解能での硬X線顕微磁気分光測定を目指したKBミラーシステムを導入し、その評価を行った。図4に、試料位置でのX線集光プロファイルを示す。FEスリット横0.2 mm×縦0.5 mmの条件において、横 $2.2\ \mu\text{m}$ ×縦 $2.6\ \mu\text{m}$ (FWHM) に集光されていることが確認された。また、11.56 keVにおいて、ミラー2枚によるX線反射率80%、光子数 3.1×10^{12} photons/sが得られ、従来利用していたKBミラーと比較して光子密度が30倍も向上した。横方向の仮想光源をFEスリット位置 (ミラーから20 m) で幅 $50\ \mu\text{m}$ 、縦方向の仮想光源をTCスリット位置 (ミラーから6 m) で幅 $12\ \mu\text{m}$ とした場合、集光ビームサイズは横 $1.4\ \mu\text{m}$ ×縦 $0.9\ \mu\text{m}$ (FWHM)、光子数 2.2×10^{10} photons/sが得られている。本ミラーシステムは2009B期から共用を開始しており、顕微XMCD測定に対する効率と感度の格段の向上によって測定時間が大幅に短縮されている。本ミラーは80 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、2010年度に建設が計画されている新規実験ハッチにおいて、縦横100 nmの集光スポットに 10^{10} photons/s以上のフラックスが得られることが期待される。

参考文献

- [1] SPring-8年報, 2008年度, pp. 81-82.
- [2] H. Yumoto *et al.*: Proc. of SPIE **7448** (2009) 74480Z.
- [3] 石松直樹, 他: 日本物理学会 第65回年次大会, 岡山大, 2010年3月, 22pHL-3.
- [4] Y. Akahama and H. Kawamura: J. Appl. Phys. **96** (2004) 3748.

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