

高エネルギーX線非弾性散乱BLの高度化

財)高輝度光科学研究センター 伊藤真義 Andrzej Andrejczuk 櫻井吉晴

Advancement of Inelastic X-ray scattering Beamline

JASRI : Masayoshi Itou, Andrzej Andrejczuk, Yoshiharu Sakurai

SPring-8 BL08W は高エネルギーX線非弾性散乱BLとして運用されており、毎年約20件程度のコンプトン散乱実験が行われている。コンプトン散乱実験は、その散乱断面積の小ささや、使用できる単色高エネルギーX線のフラックスの制限により、通常1プロファイルの測定に数時間から数日のビームタイムを必要としている。より統計精度の高い測定や、微小試料の測定、また、多くの実験課題数を受け入れ可能にするため、本BLではX線集光光学系の開発や、ペクトロメーターの測定効率の改善を行っており、これらを最近の実験結果とともに報告する。

X線屈折レンズ[1]

実験ハッチAにおける磁気コンプトン散乱実験での使用を目的として、175 keV-X線用X線屈折レンズを試作、評価した。実験ハッチAでは、水平方向の集光は湾曲モノクロメーターにて実現しており、本レンズは垂直方向のみ集光を行なう。レンズの形状は、中央に放物線状の溝をつけたプレート上をしており、十分な屈折を得るために540枚重ねて使用している。(Fig.1)。材質は鉄である。X線レンズ後方での垂直方向でのビーム形状は、Fig.2のようにレンズから離れるに従い集光をした。これは、作成したレンズの湾曲度(実測値)から予想値とほぼ一致する。ただし、Fig.2に示されている $d = 4.5$ mにおいても、まだ集光点には達していない。実際の設計段階での集光点は4 mであったが、溝のプレス後のプレートの裏面研磨の問題など工作精度に不十分な点があったためである。現在、これらの問題を解決したレンズを作成中である。

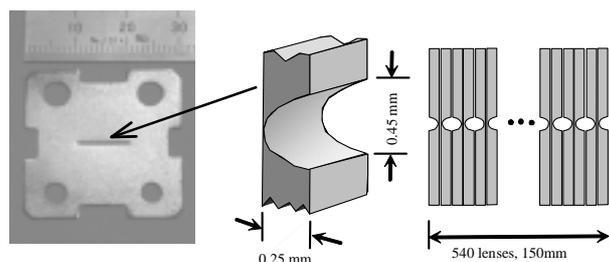


Fig. 1. Layout of the lens. Photograph on the left shows single lens. Drawing in the center displays cross section of parabolic groove. Drawing on the right shows how lenses were stacked to one compound lens. [1]

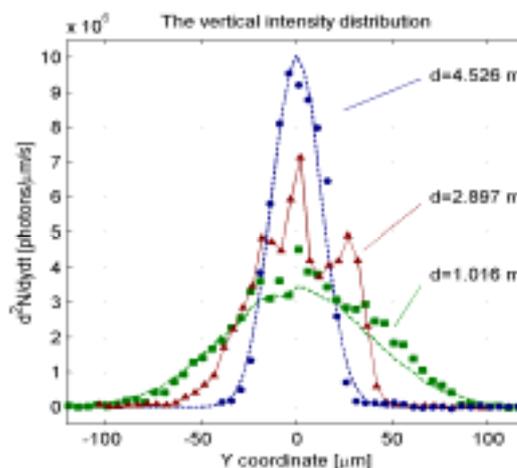


Fig. 2. The vertical intensity distribution for different distances d from the lens. The points represent experimental values. Filled rectangles (green), filled triangles (red) and filled circles (blue) represent data collected at 1.016, 2.897 and 4.526 m from the lens respectively. [1]

高分解能コンプトン散乱スペクトロメーター

BL08W に設置されているスペクトロメーターは Cauchois-type のスペクトロメーターであり、これは湾曲分光結晶と、2次元検出器から構成されている。2次元X線検出器として、X線イメージインテンシファイア+CCDカメラシステムを採用し、フォトンカウンティングモードで計測している[2]。また、分光結晶は、三連のSi[620]結晶(t 1.5+2.0+2.0mm)を使用していたが、これをGe[620](t 1.0mm)1枚に変更した。これにより、結晶の厚さや結晶のアライメントに由来する分解能の劣化を緩和させ、効率は同程度のままエネルギー分解能を約20%向上させることに成功した。また、このスペクトロメーターの単純化により調整時間が大きく短縮され、ビームタイムの大部分を試料の測定に用いることができるようになったのも大きな利点である。

これらの改良により、高分解能コンプトン散乱測定における測定効率は大幅に改善され、磁気コンプトン散乱測定の高分解能測定や、三次元再構成実験が妥当なビームタイムで実行できるようになった。Fig.3 は Fe[001] の磁気コンプトンプロファイルを高分解能スペクトロメーターで観測したものである[3]。運動量分解能は0.14 atomic unit であり、ビームタイムは18シフト(6日間)であった。得られたプロファイルは、図中実線で示したFLAPWによる理論計算とよい一致を示した。また、Dugdale らにより、Ni_{0.52}Al_{0.38} のフェルミ面の観測が行われた(Fig.4)。この実験では、18シフトのビームタイムで24方位のプロファイルの測定を行い再構成を行っている。各プロファイルのコンプトンピークでの積算カウントは約30万カウント/0.025a.u.である

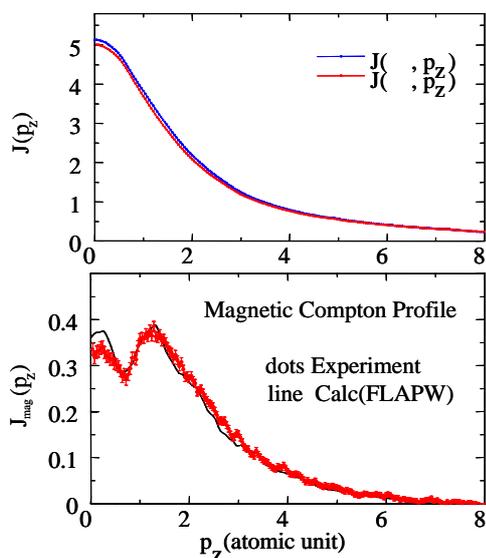


Fig. 3. Charge and Magnetic Compton Profiles of Iron with 0.14 atomic unit momentum resolution. The solid line represents the theory calculated by Kubo and Asano [4]. The statistical accuracy is approximately 4% at $p_z=0$. [3]

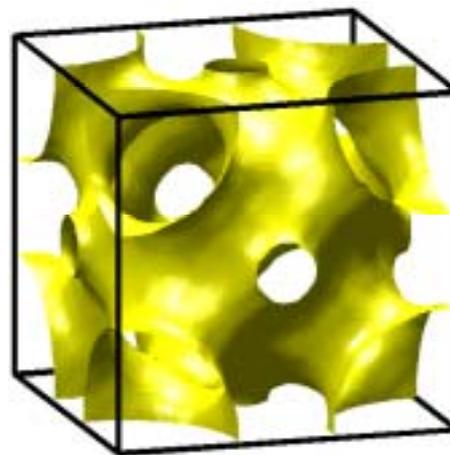


Fig. 4. The experimental Fermi surface of Ni_{0.68}Al_{0.32}, determined from the momentum density reconstruction of 24 Compton profiles along different crystallographic directions. [5]

[1] Andrzej Andrejczuk, et. al., The 8th International Conference on X-ray Microscopy, Himeji, August 2005

[2] Masayoshi ITOU, et. al., AIP Conference Proceedings, 705, (2004) 901

[3] Masayoshi ITOU, et. al., XX Congress of IUCr, Florence, August 2005

[4] Y. Kubo and S. Asano, Phys. Rev. B, 1990, **42**, 4431.

[5] S. B. Dugdale, et. al., Physical Review Letters, in press