

軟X線利用分析ビームライン (BL12) の現状

瀬戸山寛之, 岡島敏浩, 吉村大介, 隅谷和嗣, 石地耕太郎, 平井康晴

九州シンクロトロン光研究センター

軟X線利用材料分析ビームライン (BL12) は、不等刻線間隔平面回折格子を採用した斜入射型分光器を備えた全長約 21 m のビームラインであり、エンドステーションとして光電子分光 (PES) および軟X線吸収端近傍微細構造 (XANES) 測定装置が整備されている。

ビームライン建設後、光学素子の脱ガス処理やアライメントの調整、分光器制御ソフトウェアの整備等を行い、平成 18 年 12 月のユーザー供用に至った。現時点で利用可能な軟X線のエネルギーは、光学素子の組み合わせにより (i) 40~200 eV、(ii) 200~550 eV、(iii) 500~1200 eV となっている。また、現在の光量は、リング電流 100 mA 換算で $10^9 \sim 10^{10}$ Photon/s である。なお、ビームラインのエネルギー分解能 ($E/\Delta E$) については、アルゴンガスの吸収スペクトルから約 2000@244 eV であることを確認した。

今後は、エネルギー分解能の向上を図ると共に、光電子分光装置とビームラインとの連携操作が可能となるようソフトウェアのアップデートを行っていく予定である。



軟X線利用分析ビームライン (BL12) の現状

○瀬戸山寛之、岡島敏浩、吉村大介、隅谷和嗣、石地耕太郎、平井康晴
九州シンクロトロン光研究センター(SAGA-LS)

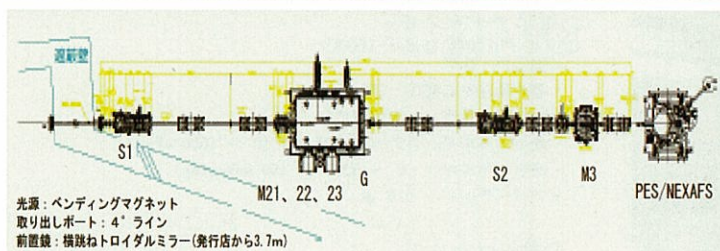
Abstract

軟X線利用分析ビームライン (BL12) は、SAGA-LS蓄積リング (1.4GeV、周長75.6m [1]) の偏向電磁石を光源とする、不等刻線間隔平面回折格子を採用した斜入射型分光器を備えた全長約21mのビームラインである。また、機能性材料の状態分析や電子構造測定等が行えるよう、エンドステーションとして、光電子分光 (PES) および軟X線吸収端近傍微細構造 (XANES) 実験装置が整備されている。

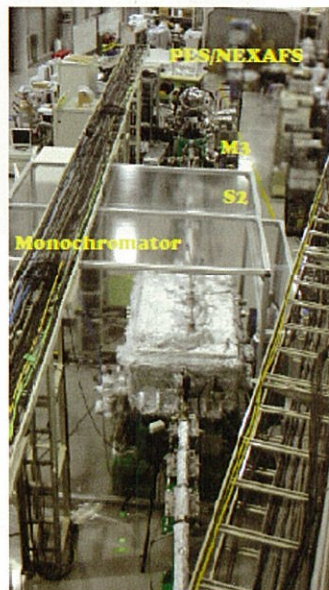
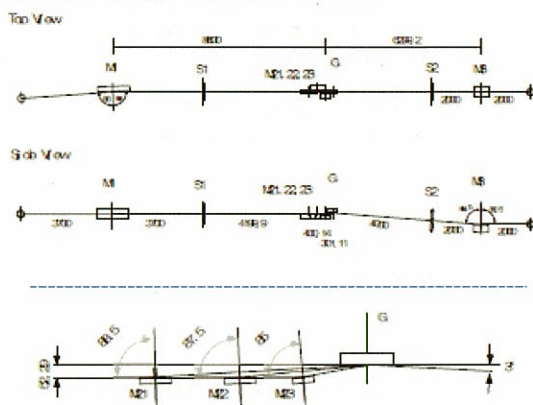
ビームライン建設後、光学素子の脱ガス処理やアライメントの調整、分光器制御ソフトウェアの整備等を行い、平成18年12月、ユーザー供用に至った。現時点で実用的に利用可能な軟X線のエネルギーは、光学素子の組み合わせにより (i) 40~200eV、(ii) 200~550eV、(iii) 500~1200eVである。

本報告では、シンクロトロン (SR) 光の産業利用を主たる目的とした軟X線利用材料分析ビームライン (BL12) の現状と、得られた測定結果の例を紹介する。

Beamline



県有BL2 (BL12) の光学デザイン[2]

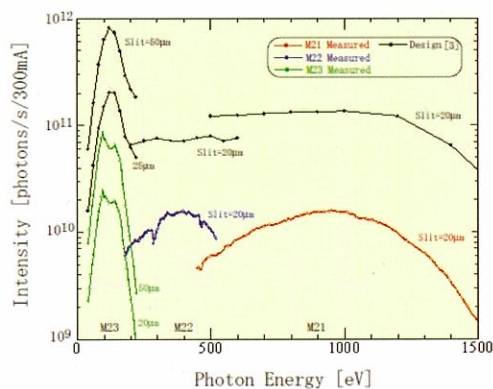
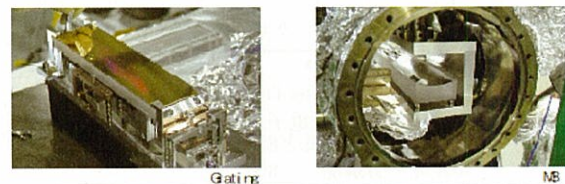
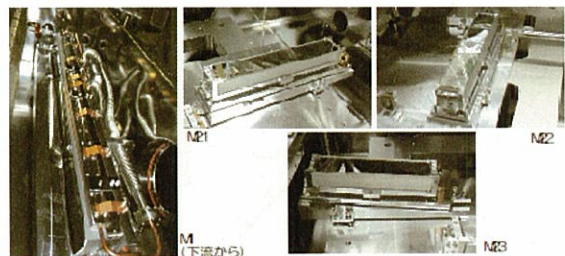


BL12(県有BL2)の外観(上流側より)

Beamline

県有BL2にて使用されている光学素子のパラメータ[2]

光学素子	形状	サイズ(mm)	偏角	パラメータ (製作値(mm))
M1	トロイダル	650L×40W×30t	176°	R=149530 r=129.33
M21	球面	300L×40W×30t	177°	R=175140
M22	球面	300L×40W×30t	175°	R=109200
M23	球面	200L×40W×30t	170°	R=52078
G	不等利線間隔 平面回折格子	200L×40W×30t	174° ifor M21) 172° ifor M22) 167° ifor M23)	N=600 1/nm
M3	トロイダル	300L×40W×30t	177°	R=76228 r=79.4

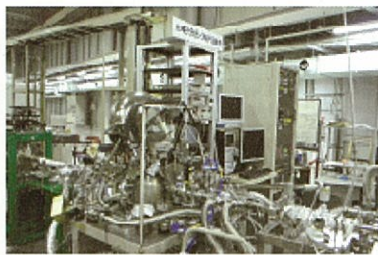


<光量測定>

- ・検出器：Siフォトダイオード (IRD社SXUV-100)
- ・測定位置：試料位置から50cm下流

◎詳細については、清水氏(九大 古屋G)の絶対光量測定の報告をご覧ください。

Experimental Station



実験装置の外観



First Light時試料位置 (0 次光)

○電子アナライザー (ULVAC Phi社製 Model-1600C)

- ・偏向角: 180°
- ・電子軌道中心直径: 279.4mm
- ・検出系: 16チャンネルMCD
- ・最小エネルギーステップ: 25 meV (0 ~ 1600 eV)
- ・掃引エネルギー: 0 ~ 3200 eV (50 meV/step)
- ・アパーチャー: 0.8 ϕ

○試料ステージ

- ・5軸 (XYZ, θ /アオリ入射角、 ϕ /試料面内回転角)
- ・試料加熱/冷却: $800^\circ\text{C} > T > -110^\circ\text{C}$ (液体窒素)
(但し、加熱冷却と試料面内回転は排他的)
- ・試料電流測定可能

○サンプルパンク付き試料導入チェンバー

- ・一度に試料ホルダーを6個、保管可能。

○ダブルイオンチェンバー: 測定可能気体についてはご相談下さい。

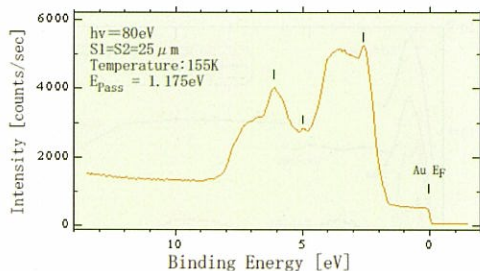
○新規NEXAFS装置

- ・全電子/部分電子収量測定: 今期導入予定
- ・蛍光X線収量測定: 来期導入申請中

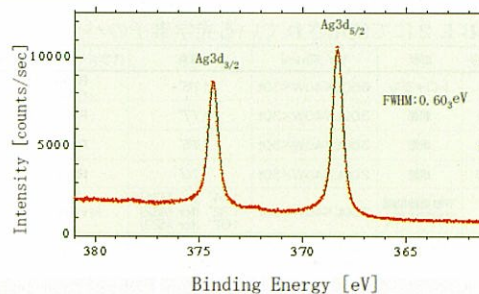
○ユーザー持ち込み装置受け入れ (要相談)

- ・福岡大学脇田グループ「大気圧XANES装置」

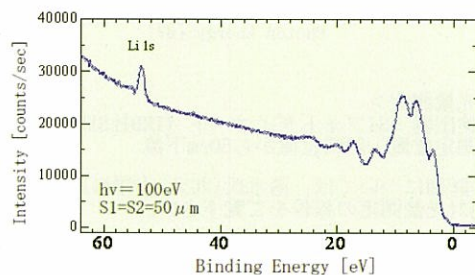
Photoelectron spectra



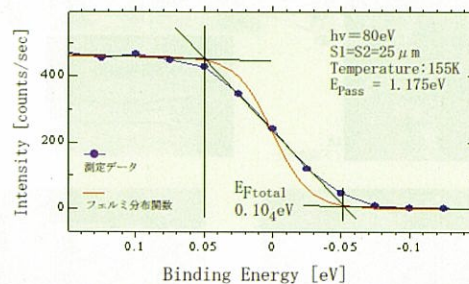
金 (Au) 基板の光電子スペクトル (価電子帯)



銀 (Ag) 基板の光電子スペクトル (Ag 3d)

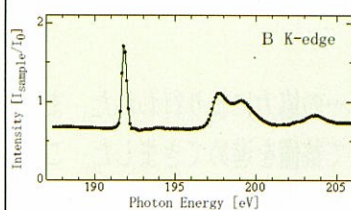


リチウムフタロシアニン (LiPc、粉末)
の光電子分光スペクトル

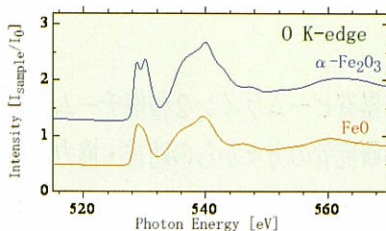


金 (Au) 基板の光電子スペクトル (フェルミ端
近傍: Au E_F). BLとESのシステム全体でのエ
ネルギー分解能: ~800.

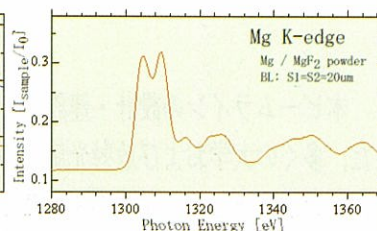
XANES(NEXAFS)spectra



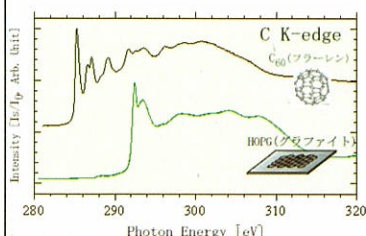
窒化ホウ素のNEXAFSスペクトル (B K-edge)
※粉末 (99%以上、粒径10 μ m、高純度化学/#14)



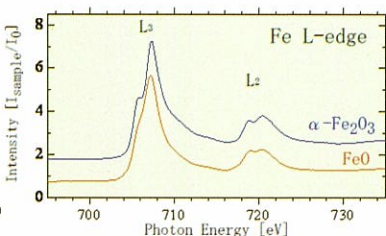
酸化鉄のNEXAFSスペクトル : O K-edge領域



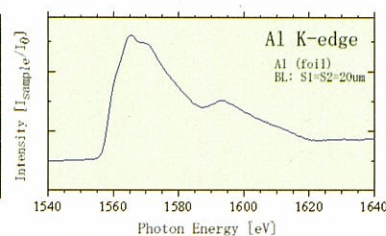
フッ化マグネシウム (粉末) のNEXAFS
スペクトル (Mg K-edge)



炭素材料 : C₆₀ (フラーレン) と高配向性
熱分解グラファイト : のNEXAFSスペクト
ル : C K-edge領域.



酸化鉄のNEXAFSスペクトル : Fe L-edge領域



アルミフォイルのNEXAFSスペクトル
(Al K-edge)

Summary

斜入射型VLS-PGMを採用したBM-BL12の立ち上げ・調整作業を行った。光学素子の組み合わせにより (i) 40~200eV、(ii) 200~550eV、(iii) 500~1200eVの利用が可能であることが確認された。また、試料の選択によってはMg K-edge (1300eV) や、Al K-edge (1560eV) のXANES測定が可能であることを確認した。

今後は、BLのエネルギー分解能向上を目指してミラー調整等を進めていくとともに、簡便な利用を目指して、測定ソフトウェアのアップデートを行っていく予定である。また、本実験装置に備えられた電子中和銃/イオン銃とを組み合わせた帯電中和システムを用いて、絶縁試料の測定条件出しを行う予定である。

Acknowledgment

本ビームラインの設計・建設は、県有ビームライン2整備チームメンバーの協力により行われた。また、多くの大学および放射光施設の研究者の方々からの助言・協力を頂いて整備を進めてきました。この場を借りまして、深く感謝いたします。また、ミラーのコンタミを最小限に抑えられたのは、丁寧な光学素子焼出し作業に快く対応して頂いた加速器グループ各位、そして事務スタッフ各位のご協力の賜であることを申し添える。

References

- [1] T. Tomimasu, et. al., Proc. PAC2003 (2003) 902.
- [2] 県有ビームライン2 仕様検討資料・検査成績書より
- [3] M. Kamada, et al., Proc. SRI2006, in press.