

SAGA-LS アンジュレータ利用軟 X 線ビームライン(BL10)

吉村大介・瀬戸山寛之・岡島敏浩
九州シンクロトロン光研究センター(SAGA-LS)

佐賀県立九州シンクロトロン光研究センター(SAGA Light Source)では、県有ビームライン整備の第Ⅱ期計画に基づき、平成 20 年度に可変偏光型アンジュレータを備える軟 X 線利用ビームライン(BL10)の建設を行った。その後、ビームライン及びエンドステーション実験装置等の立ち上げ・調整期間を経て、平成 22 年度より一般ユーザーへの供用を開始している。

BL10 の特徴としては、アンジュレータに可変偏光タイプの APPLE-II 型を採用し、4 列からなる磁極列の配置を変更することで水平～円～垂直といった多様な偏光を持つ光を選択して利用することが可能である点、そして、アンジュレータからの光を分光するために、不等刻線間隔平面回折格子(VLS-PGM)と可変偏角方式を組み合わせた斜入射分光器を採用し、広いエネルギー範囲での利用を可能とした点を挙げることができる。また、エンドステーションの実験装置として、光電子顕微鏡(PEEM)と高分解能角度分解光電子分光装置(ARPES)を常設し、可変偏光であるという特徴を生かした実験に対応することが可能である。

昨年度の発表では、ビームラインの詳細デザインや建設時の様子について報告を行ったが、本年度は建設完了後の立ち上げ・調整作業やビームラインの性能評価の結果について報告する。

SAGA-LSアンジュレータ利用軟X線ビームライン(BL10)

吉村大介, 瀬戸山 寛之, 岡島敏浩
九州シンクロtron光研究センター(SAGA Light Source :SAGA-LS)



Outline

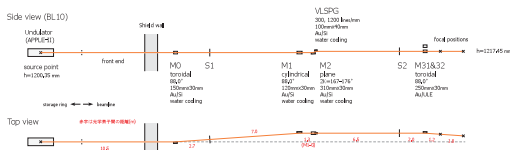
佐賀県立九州シンクロtron光研究センター(SAGA Light Source)では、県有ビームライン整備の第Ⅱ期計画に基づき、平成20年度に可変偏光型アンジュレータを備える軟X線利用ビームライン(BL10)の建設を行った。その後、ビームライン及びエンドステーション実験装置等の立ち上げ・調整期間を経て、平成22年度より一般ユーザーへの供用を開始している。

BL10では、アンジュレータに可変偏光タイプのAPPLE-II型を採用し、水平～円～垂直といった多様な偏光を持つ光を選択して利用することが可能である。また、不等刻線間隔平面回折格子(VLS-PGM)と可変偏角方式を組み合わせた斜入射分光器を採用し、広いエネルギー範囲での利用が可能である。エンドステーションの実験装置としては、光電子顕微鏡(PEEM)と高分解能角度分解光電子分光装置(ARPES)を常設し、可変偏光であるという特徴を生かした実験に対応することが可能となっている。本発表では、BL10の現状と性能評価の結果について報告する。

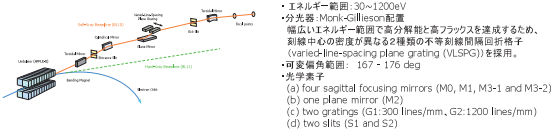
Optical Design of BL10



Layout of the optical components



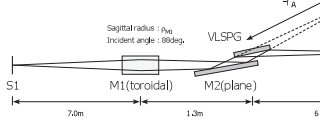
Schematic view of the BL10



Monochromator

Monk-Gillieson配置, 偏角可変型不等刻線間隔平面回折格子(VLS-PGM)

Schematic view of the monochromator

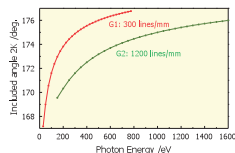


The optimized parameters of the VLSPPGs

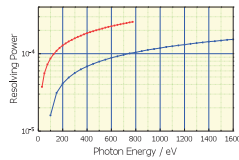
(刻線密度) $= N_0(1 + a_1w + a_2w^2 + a_3w^3 + \dots)$
 N_0 : 回折格子中心での刻線密度
 w : 回折格子上のビーム軸方向の距離
 K : Akemiya and T. Chiba, J. Synchrotron Rad. 11, 171 (2004)

	G1	G2
N_0 (lines/mm)	300	1200
a_1 (mm ⁻¹)	-3.047E-04	-3.054E-04
a_2 (mm ⁻²)	6.9187E-08	6.9813E-08
a_3 (mm ⁻³)	-2.4188E-11	-1.7415E-11
r_A (m)	-8.2310	-8.2307
Δr_{G1} (m)	0.2604	0.2604

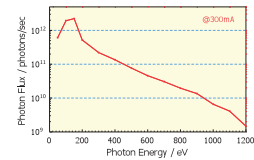
Energy vs. Included angle



Resolving Power



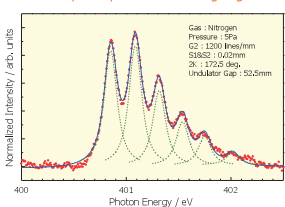
Photon Flux (calc.)



ミラーパラメータの最適化や分解能、集光点でのスポットサイズ等はレイトリングプログラムによる光学シミュレーションで見積もった。分解能(左)とフォトンフラックス(右)の計算結果を示す。分解能およびフォトンフラックスは回折格子や角度等に大きく依存する。

Performance checks of the beamline

Absorption spectrum of Nitrogen gas



【エネルギー分解能】
 窒素ガス吸収スペクトルを測定して、エネルギー分解能評価を行った。

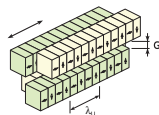
- 測定条件
 - アンジュレータ: 水平偏光モード
 - アンジュレータ磁場強度: 52.5mm, 3次光使用
 - キヤリブレーションは各ビームを401.1eVにして行った。
 - フォワード散乱を用いたピークフィッティングにより実施した。
- エネルギー分解能(ΔE/ΔE) ~ 約7500

- 【フォトンフラックス】
 シリコンフォトダイオード(Si-PV, IPD社)を用いて計測した。
 測定時のエネルギー: 400eV
 回折格子: G1 (300 lines/mm) を使用
 1.1 × 10¹⁰ photons/sec (各種電流値300mA運転時換算)

APPLE-II Undulator

Schematic view of the APPLE-II undulator

4つの磁極列の位置を任意に移動させることで、水平・垂直・横円・円と様々な偏光状態の軟X線を得る。

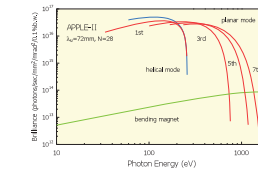


S. Saeki, Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. A347, 83 (1994)

The APPLE-II undulator at SAGA-LS



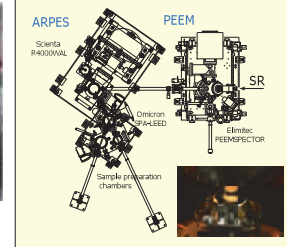
Spectra of the SAGA-LS (calc.)



Storage ring: 1.4GeV
 Beam current: 300mA
 Undulator gap: 30~200mm
 Number of periods: 28
 Period length of the magnet array: 72mm

Experimental Instruments

Upper view of the endstation



【光電子顕微鏡】

Photoelectron emission microscopy (PEEM)

- PEEM本体: 静電レンズで操作性の高いPEEMSECTOR (Emitec社)を採用
- 試料マニピュレータ
 - 6軸(x, y, z, ティルト(x, y), 試料室内回転位)
 - 試料表面の中央約3mm²の任意の領域の観察が可能
 - 冷却: 液体窒素を用いて160Kまで試料の冷却が可能
 - 試料表面からの電子衝撃加熱により約1300Kまでの加熱が可能
 - 水銀ランプによるUV-PEEM測定も可能。
- PEEM像取得用CCD: SensiCam QE (PCO社)を採用
- バルブ冷却式、ダイナミクスレンジ2-bit, 露出時間 1ms~1000ms

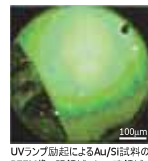
【高分解能角度分解光電子分光装置】

Angle-resolved photoemission spectroscopy (ARPES)

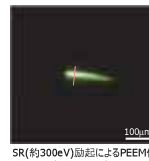
- 超高分解能光電子アナライザー: 広角度型レンズ系を有するSR4000WAL (Scienta社)を採用
- 試料マニピュレータ: IONIC (AVC社)
- 6軸モーター駆動および液体ヘリウムによる冷却が可能
- モックロ付きVUV源: VUV5000 and 5040 (Scienta社)
- 高真空チャンバーにSpot profile analysis low energy electron diffraction (SPA-LEED) を装備

Performance checks and Current Status

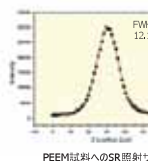
Beam spot on the PEEM sample (~300eV)



UVランプ励起によるAu/Si試料のPEEM像。明領域: Au, 暗領域: Si(真空)。

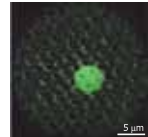


SR(約300eV)励起によるPEEM像。左図と同条件にて測定。

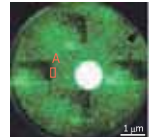


PEEM試料へのSR照射サイズ 約100μm(W) × 12 μm(H) (FWHM, 約300eVのとき)

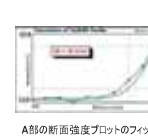
Beam spot on the PEEM sample (~300eV)



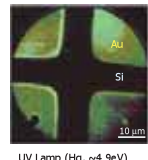
UVランプ励起による(100nm)シリコンフォンのPEEM像。矩形凹部(100nm)のサイズは、約1.2μm×約0.7μm。視野径(左)約2.4μm, (右)約5μm。



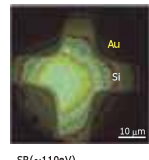
PEEM images of Au/Si sample (UV lamp / SR ~110 eV)



A部の断面強度プロットのフィッティング 空間分解能 ~ 31nm (X線/光電子)



UV Lamp (Hg, ~4.9eV) FOV 50μm, Focus 2.815kV MCP 650V, Exp. 30sec



SR(~110eV) FOV 50μm, Focus 2.815kV MCP 650V, Exp. 30sec

○APPLE-II アンジュレータの偏光可変特性を用いたPEEM実験を今後実施する予定である。

○昨年頃から、試験的に利用開始しており、本年度から本格的な利用が開始された。

○現在、シンクロtron放射光を用いた装置性能評価や、有機半導体超薄膜を用いた化学結合状態分布の観察を進めつつ、局所X線吸収分光測定を行うための制御ソフトを開発中である。