

SAGA-LS BL09の概要と改造

九州シンクロトン光研究センター
石地耕太郎, 岡島敏浩

BL09概要

照射・結晶構造ビームラインBL09は”ものづくり”ビームラインとして建設。



- ビームライン長: 23 m
- クリーンルーム仕様
- 装備ガス: He, N₂, Ar

図1 BL09の外観

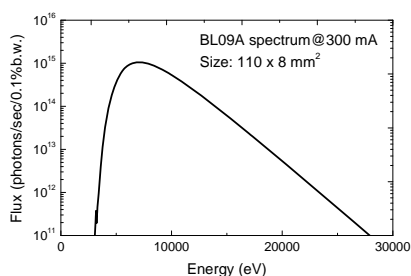


図2 BL09の白色光スペクトル

偏向電磁石から白色光が得られ、以下の実験が行われる。

- X線リソグラフィ
- X線照射効果
- X線トポグラフィ

装置と実験[1]

X線リソグラフィ

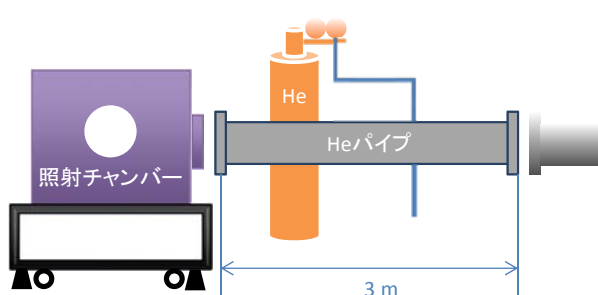


図3 X線リソグラフィ実験の構成

- Heガスをパイプに少量流しながら実験。
- 照射チャンバー内のレジスト試料位置で120 mm幅。
- レジスト試料に一定時間照射後、利用者の職場で薬品現像, 評価観察。

X線照射効果

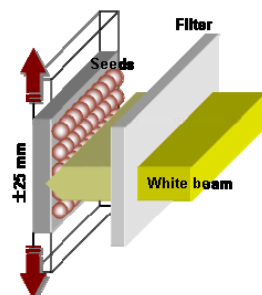


図4 照射効果実験の様子

- 放射光で植物の突然変異を誘発。
- アルミ箔の厚さを変えて線量を制御。“SPECTRA”で線量計算。



2012年に佐賀新聞で公開。ピンク色のキクが白色に変異。

図5 佐賀新聞掲載事例

佐賀新聞 シンクロトロン光 キク

検索

装置と実験[2]

X線トポグラフィ



図6 X線トポグラフィ装置写真

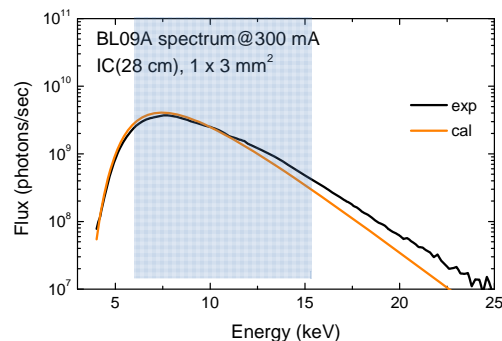


図7 チャンネルカットモノクロメーターを使ったBL09スペクトル

- ラウエ透過配置, ブラッグ反射配置。白色光は110 mm幅。単色光は70 mm幅。
- 高解像CCD検出器による3次元化。高温加熱器を用いた加熱中のX線トポグラフィ実験。
- BL15でも単色X線トポグラフィ可能。80 mm幅。
- SiCが多数。最近では6インチ径の大口径ウェハー、デバイス加工したチップ状試料、ウェハー・エピ加工会社の適合性の調査、回折次数を変えた観察など。

研究例

MgOサブグレイン構造の3次元観察

セクショントポグラフィ撮影で複数のデジタル画像を高解像CCD検出器で収集し、専用ソフトウェア(ImageJ)で3次元化[1]。

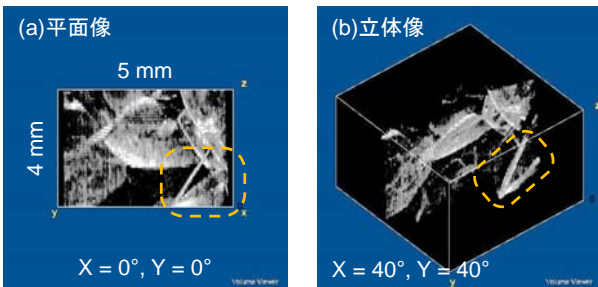


図8 MgO 020回折の3次元化トポグラフ。(a)平面像, (b)立体像。

- 岡本ら, 第25回日本放射光学会年会, 9P113 (2012).
- 石地ら, 第28回日本放射光学会年会, 11P029 (2015).

イオン注入由来のSiC欠陥

イオン注入前後のSiC結晶の欠陥構造を観察。局所的な歪み場の発生を確認。

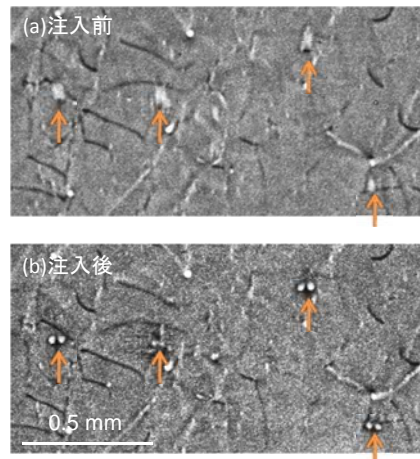


図9 SiC -1-128回折のX線トポグラフ。(a)注入前(b)注入後。

- K. Ishiji, et al., J. Appl. Phys. 113, 194505 (2013).

BL09工事前

工事前のコンポーネントの並び

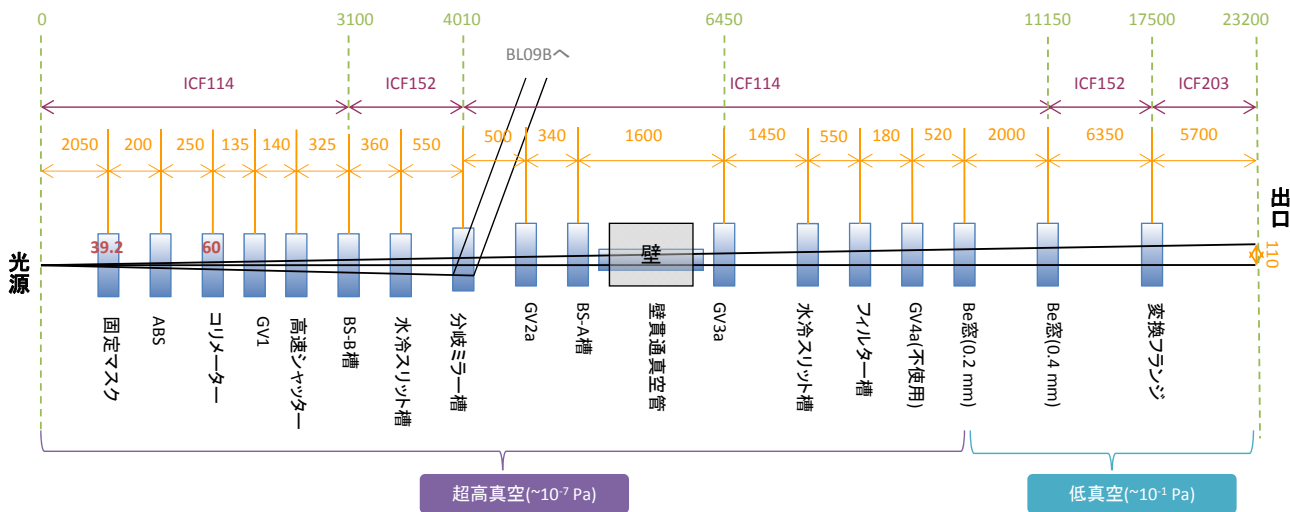


図10 BL09工事前のコンポーネント

- ミラー槽でビームを分岐。1/3: 白色光Aライン(5 mrad), 2/3: 極紫外光Bライン(12 mrad)。
- 09A: X線トポグラフィ, X線リソグラフィ, 照射効果実験、09B: 軟X線照射による表面改質(TIEGA)。

BL09工事後

工事後のコンポーネントの並び

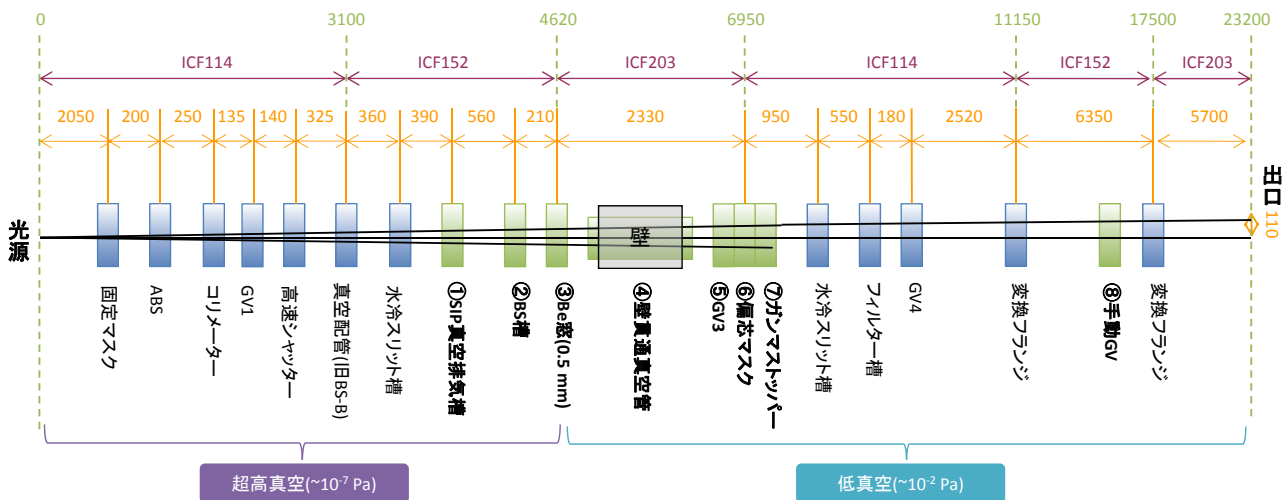


図11 BL09工事後のコンポーネント

- 極紫外光Bラインの撤去，ミラー槽以降の機器を大型化。発散角は17 mrad。
- 使える部品(イオンポンプ，真空計，ゲートバルブ，水・圧空配管など)は再利用した。
- 輸送部の偏芯マスクで新旧部分を接続。末端のビーム幅に変化なし。

工事の様子

工事中の作業を紹介

[工事の流れ]

1. 解体・撤去: 分岐ミラー槽，瀬谷・浪岡分光器，ビームシャッター，壁貫通配管など不用品の解体と撤去，不要ケーブル類の取り外しなど。
2. 測量・位置決め: 壁の穴開け，測量道具による測量，墨出し，位置決め。
3. 組立・設置: 製作物の運び入れ，組立と設置，真空接続，インフラ整備など。
4. インターロック変更: 信号配線とロジック変更，インターロック検査。
5. ベーキング作業: 超高真空部を100 °C以上に加熱して脱ガス。
6. 検収: 動作検査，水漏れ検査，真空漏れ検査。

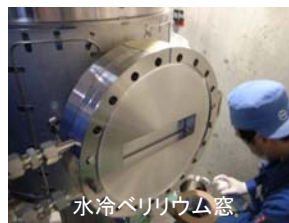


図12 BL09工事の様子

次期計画

次回の工事計画案

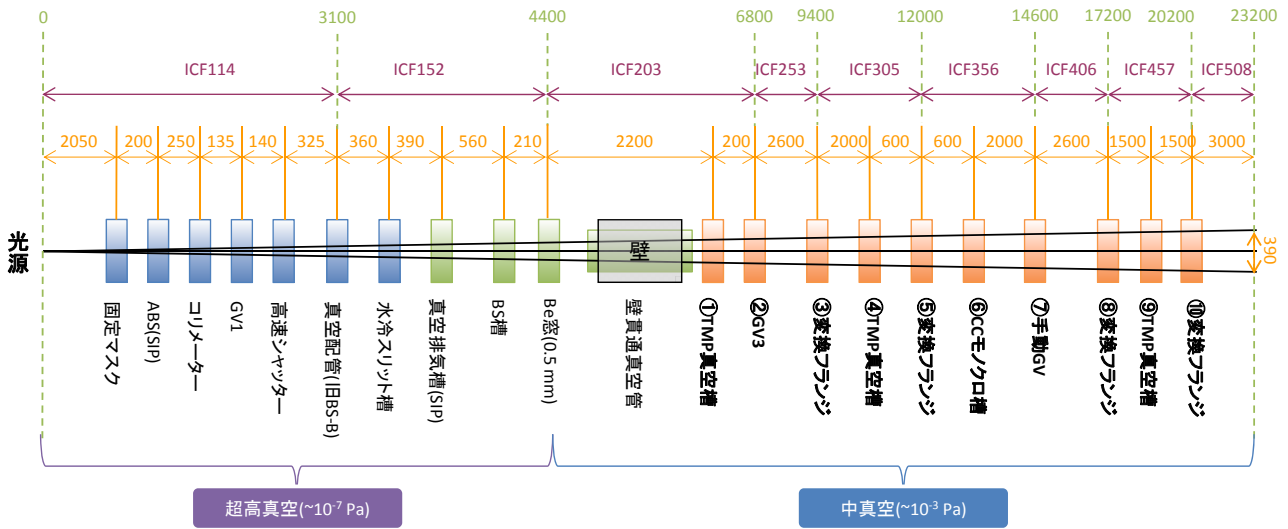


図13 BL09工事後のコンポーネント

- 輸送部の改造。真空配管の大型化、実験ハッチ拡張、モノクロメーター槽の作製。
- 実験ハッチで白色光は390 mm、単色光は140 mmに拡大の予定。

まとめ

- BL09はSAGA-LS唯一の白色光ビームライン。主に、X線リソグラフィ、X線照射効果、X線トポグラフィ。
- いずれの実験にとってもビーム幅拡大は望ましく、2年計画でビーム幅拡張改造を計画。実験ハッチでのビーム幅は110 mmから390 mmに拡大(単色光は70 mmから140 mm)。
- 基幹部の分岐ミラーから下流を全て入れ替え。BL09B(軟X線)を撤去し、全ビームをBL09に供給。
- 今回は主に基幹部を行い、偏芯マスクでビーム幅を元に戻している。
- 次回は主に輸送部を工事する。

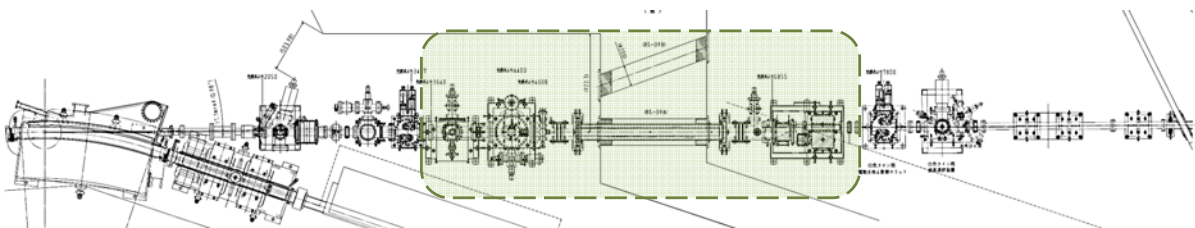


図14 図面上での改造場所