



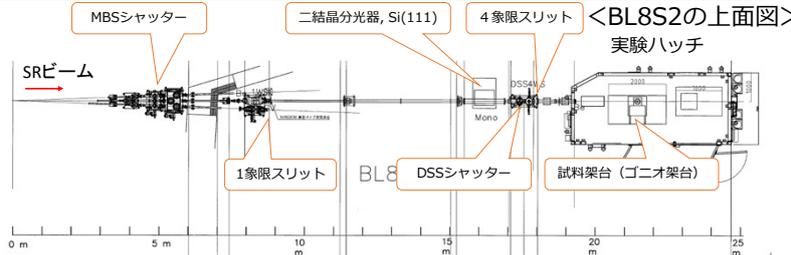
BL8S2の現状

(公財)科学技術交流財団 あいちシンクロtron光センター

花田 賢志, 櫻井 郁也(名古屋大学), 榎原 啓介(あいち産業科学技術総合センター)

緒言

BL8S2は、平成29年6月から供用を開始しました。白色X線と単色X線(エネルギー: 6-26 keV, 波長: 0.5-2 Å)を使用することができ、ビームサイズが10 mm × 40 mm(垂直方向 × 水平方向)と大きいため、X線トポグラフィ、LIGA、X線CT、X線照射実験、その他様々な実験に利用されています。これらの実験を通して、自動車、エネルギー、情報機器、医療機器、輸送機器、光学機器などの分野への貢献が期待でき、さらに医療や農業分野への貢献も期待できます。



- エネルギー範囲** : 6 - 26 keV (波長 0.5 - 2 Å)
ビームサイズ : 10 × 40 mm (垂直方向 × 水平方向)
フォトンフラックス密度 : 10⁸ photons/sec/mm² (9 keV)
光源 : 超伝導偏向電磁石
分光器 : 二結晶分光器, Si (111)
- <実験手法>**
- X線トポグラフィ
 - LIGA (マイクロ加工)
 - ロッキングカーブ
 - X線CT
 - 屈折コントラストCT
 - X線照射による育種改良
 - イメージングXAFS
 - CT-XAFS

実験内容

X線トポグラフィ

単結晶試料の結晶欠陥の非破壊観察

X線トポグラフィ測定セットアップ例

X線トポグラフィ像 (SiC結晶、(11-28)面回折、入射X線波長1.3 Å)

検出器 : 原子核乾板, X線フィルム, CMOSカメラ, CCDカメラ
試料 : SiC結晶, GaN結晶, Diamond結晶
配置 : 反射配置, 透過配置
X線 : 6 - 26 keV (波長: 0.5 - 2 Å)

原子核乾板 (ILFORD製) 粒子サイズ 0.1 μm
検出エリア 1×3 inch, 3×3 inch
ピクセルサイズ 6.5 μm
検出エリア 13.3 × 13.3 mm
フレームレート 33 Hz
露光時間 1 ms - 30 s
シンチレータ Gd₂O₃:Sb³⁺ 10 μm

アナログ検出器およびデジタル検出器で転位の観察は可能

LIGA

シンクロtron光(白色X線)を用いたナノ・マイクロ加工

小惑星探査機「はやぶさ2」

試料分析用試料台の開発

LIGA用照射装置
試料台のSEM画像 先端の試料取り付けピンは 30度の傾斜構造 0.1mm×0.2mm、高さ 0.03mm

X線照射実験

シンクロtron光X線照射による突然変異を用いた新品種開発

実験実績: 清酒酵母, カーネーション, イチジク, 乳酸菌

カーネーションの白色X線照射実験

[松野純子 et al.: 愛知県農業総合試験場 研究報告 (52) p.73-79 (2020)]

照射線量 10-20 Gy, X線エネルギー 6-26 keVの範囲で、変異を制御できる可能性が見出された。

イメージングロッキングカーブ (2D&3D)

2次元および3次元歪み観察

2次元ロッキングカーブ (2DRC) 測定
試料 4インチSiCウエハ (Si面, 30000番研削)
深さ5 μm程度 深さが5 μmから15 μmへと深くなるにつれて、結晶の歪みがなくなっていくのが確認できる。(黒くなればなるほど歪みが大きい)

X線CT

3次元および断面微細構造の非破壊観察

単色X線CT測定 試料を360°回転させつつ3600枚撮影
白色X線CT測定 (5倍, 10倍, 20倍) 試料を360°回転させつつ3600枚撮影

試料観察倍率	X線	測定可能試料サイズ (直径)	イメージ分解能
等倍	単色X線、6-26 keV	10 mm	10 μm
5倍	白色X線	2 mm	4 μm
10倍	白色X線	1 mm	2 μm
20倍	白色X線	6 mm	1.5 μm

浮遊性有孔虫殻の化石の非破壊内部観察
3次元CT像 **断面CT像** **重金属物質**

イメージングXAFS (2D-XAFS)

CuOタブレット (BN希釈) と 2D-XAFS測定 Cu箔を重ねた測定試料

CuOタブレット領域のXAFS

入射エネルギー1 eV毎に 100 msec露光、合計200枚の像を取得 1Scanの測定時間は 約10分

21 × 21 pixelの平均
1 pixel 6.5 × 6.5 μm 視野 13 mm角

屈折コントラストX線CT (X線暗視野法)

軽元素試料の3次元および断面微細構造の非破壊観察

吸収コントラスト **屈折コントラスト**

屈折コントラストX線CT測定システム性能表	
X線エネルギー	単色X線 19.8 keV
撮影倍率	等倍 3.5倍
有効視野サイズ	25.3 × 14.3 mm ² 7.1 × 4.0 mm ²
有効画素サイズ	5.5 μm ² 1.55 μm ²
透過像撮影枚数	2400枚/360°
撮影時間	4時間程度 (5秒露光/枚の場合)!

BN希釈 CuO, Cu₂O 混合タブレット (意図的にあまり混合せず)

3次元 CT-XAFS法

試料中元素価数分布の3次元可視化

- 測定エネルギー: 8960~9120 eV (12エネルギー一点でCT測定)
- CT測定: 180度を0.15度ずつ1200枚撮影、**測定時間60分程度**

【3次元CT-XAFS画像の再構成像】
緑: Cu²⁺, 赤: Cu⁺

Cu 価数の3次元分布の可視化