

# BL24XU 兵庫県

## 1. はじめに

兵庫県IDビームライン (BL24XU) は放射光の産業利用推進を目的とし、兵庫県が設置した専用ビームラインである。管理、運営は兵庫県立大学産学連携・研究推進機構放射光ナノテクセンターが行っており、産業界を中心としたユーザーの受け入れ、利用支援を行っている。BL24XUでは、マイクロビーム応用等、特に局所構造の高分解能解析に特化したエンドステーションを整備しており、利用の推進を行っている。

ビームラインの光源には8の字アンジュレーターを採用しており、大強度と低負荷を両立するだけでなく、半整数次の高調波を利用することで、垂直、水平偏光の選択を可能としている。ビームラインは2本のブランチ (ブランチA、ブランチB) で構成されており、ダイヤモンド薄板結晶を利用した長オフセット2結晶分岐分光器により、モノクロ光をブランチA、透過光をブランチBへ同時に供給することが可能である。各ブランチにはそれぞれ2つの実験ハッチをタンデムに配置 (実験ハッチA1、A2、光学ハッチB2、実験ハッチB1) しており、実験ハッチA1ではBonse-Hart型極小角散乱ステーション、実験ハッチA2では斜入射回折ステーション、光学ハッチB2ではX線吸収分光ステーション及びX線顕微鏡ステーション、実験ハッチB1では精密X線回折ステーションを運用している。

## 2. 各実験ステーションの状況

### (1) ブランチA

上流側に位置する実験ハッチA1では、Bonse-Hart型光学系、下流側に位置する実験ハッチA2では、表面回折光学系を整備し、ユーザーへの供用を行っている。また、タンデムハッチ間は長い大口径真空パイプで接続されており、この特徴を利用したマイクロビーム小角散乱光学系の整備も進めている。

Bonse-Hart型光学系では、一次元方向のみの測定に限られるが、通常の小角散乱光学系では測定が困難な数ミクロンから数100ナノメートルの周期構造の観察が可能でありまた、試料の経時変化を追うこともできる。極小角領域に限定した測定においては、約2分の時間分解能を実現している。表面回折計は、斜入射条件での回折測定を行う光学系であり、試料の表面構造の観察を目的としている。さらに、本光学系では加熱炉が搭載可能である

ため、半導体試料等の反応過程の観察も可能である。

### (2) X線吸収分光ステーション

XAFSステーションでは、1～2ミクロンサイズに整形したX線ビームを利用し、微小領域の構造評価法を提供している。主には、第一遷移金属の化学状態を調べる目的である。応用分野はリチウムイオン二次電池、固体燃料電池、陶磁器釉薬の構造評価である。いずれも第一遷移金属を中心とした酸素の配位構造を探りたいとするニーズによる。

2014年度は、同一ステーション上で局所構造及び結晶構造の両評価を実現する目的で、PILATUS 100Kを利用した二次元粉末X線回折機能も追加搭載した。今後、NewSUBARUにおける軟X線吸収分光法、スペクトルの理論計算法と併せて、統合構造評価ステーションのひとつとしての活用の可能性を探る。

### (3) X線顕微鏡ステーション

X線顕微鏡ステーションでは、X線集光ビーム、X線イメージング光学系を利用した、サブミクロン～ミクロンの空間分解能と高い時間分解能を有する測定を展開している。集光ビーム利用では、広角回折、蛍光X線分析について、点分析、実空間マッピング測定が可能である。使用するマイクロビームは測定目的に応じ、サイズ、強度、発散角についてオーダーメイドで最適化が可能である。また、兵庫県立大学X線光学講座により、次世代X線集光素子である多層膜ゾーンプレート、全反射ゾーンプレート等の開発評価も展開されている。

イメージング光学系では、高効率単結晶シンチレーターと高速高感度CMOSカメラの導入により、通常型CTにおいて、空間分解能1.3ミクロン、視野1.3 mmの測定を3分以内に測定することが可能となった。従来から行っている4D-CTについても、空間分解能と時間分解能の選択性が向上した。また、ラミノグラフィ法の導入も行い、平板状試料の観察精度が大幅に向上した。さらに、サブミクロンの分解能を有する大視野結像顕微鏡CTの整備を行い、ユーザー利用を開始している。

### (4) 精密回折ステーション

主に半導体結晶の微小領域高感度歪み計測を目的に、微小領域回折実験を行っている。評価ビームは、(+、

一、一、十) 配置の2つのチャンネルカット結晶とベントシリンドリカルミラーを組み合わせて形成している。ユーザーは、以下の3種のビームから選択して実験できる。光学系1はビームサイズ $0.8\ \mu\text{m} \times 1.7\ \mu\text{m}$ 、発散角 $25\ \mu\text{rad}$ 、光学系2は $0.4\ \mu\text{m} \times 1.0\ \mu\text{m}$ 、発散角 $50\ \mu\text{rad}$ 、光学系3は $35\ \mu\text{m} \times 35\ \mu\text{m}$ 、発散角 $3.5\ \mu\text{rad}$ である。焦点には $\theta - 2\theta$ 回折計が設置され、ロッキングカーブ測定や逆格子空間マッピングが可能である。今後、X線顕微鏡ステーションで導入したCMOSカメラを用い、X線トポグラフ装置の開発を進める予定である。

兵庫県立大学

<sup>1</sup>物質理学研究科、

<sup>2</sup>産学連携・研究推進機構放射光ナノテクセンター

高野 秀和<sup>1,2</sup>、津坂 佳幸<sup>1,2</sup>、籠島 靖<sup>1,2</sup>

横山 和司<sup>2</sup>、竹田 晋吾<sup>2</sup>、松井 純爾<sup>2</sup>