

## BL24XU

### 兵庫県

#### 1. はじめに

兵庫県ビームラインは、ダイヤモンド結晶を分岐・分光素子に用いたトロイカ方式を採用し、3つの異なるハッチで同時に実験することが可能である。このビームラインでは、蛋白質結晶の構造解析、金属材料の表面/界面分析、in-situ MOCVD 表面 X 線回折実験および X 線マイクロビーム形成とその応用実験が行われている。ここでは、2001年度に行われた X 線顕微鏡の開発および高平行度 X 線マイクロビームの改良について述べる。

#### 2. X 線位相差顕微鏡

##### 2.1 ゼルニケ法による X 線位相差顕微鏡

位相ゾーンプレートを X 線レンズに用いたゼルニケ法による X 線位相差顕微鏡の開発を進めており、透明試料の可視化に成功している<sup>[1]</sup>。X 線のエネルギーを位相板の材料である金の  $L_3$  吸収端近傍に合わせることにより (12keV)、位相差コントラストの向上を試みた。図1はポリスチレン粒子(直径7 $\mu\text{m}$ )を観察した例である。吸収コントラストでは輪郭がかすかに見える程度なのに対し、位相コントラストではポリスチレンの粒子構造が明瞭に観察できた。さらにポジティブコントラストとネガティブコントラストでは像のコントラストが反転することも確認できた。

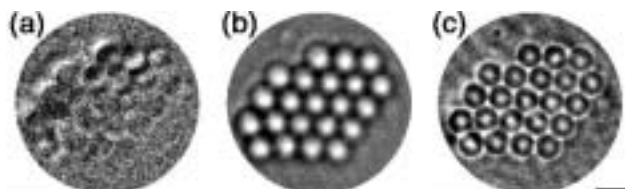


図1 ポリスチレン粒子(直径7 $\mu\text{m}$ )のX線顕微鏡像 (a)吸収コントラスト像、(b)ポジティブコントラスト像、(c)ネガティブコントラスト像  
スケールバーは10 $\mu\text{m}$

##### 2.2 走査型顕微鏡

位相ゾーンプレートを集光素子に用いた、走査型顕微鏡の開発とその応用研究を進めている。これまでは入射光のエネルギーを10keVとしていたが、励起可能な元素の種類を増やすために、入射光の高エネルギー化を試みた。その結果、20keVにおいても位相ゾーンプレートは十分に集光作用を持ち、バックグラウンドの低い良質なマイクロビームを形成することができた。表1に入射光のエネルギーとマイクロビームの性能を示す。ゾーンプレートの焦点距離は

表1 入射 X 線のエネルギーとマイクロビームの性能比較表

エネルギー	ビームサイズ( $\mu\text{m}$ )	フォトンフラックス(photons/s/100mA)
10keV	0.7(V)×1.1(H)	約 $1 \times 10^9$
20keV	1.3(V)×3.1(H)	約 $8 \times 10^8$

エネルギーに比例して長くなり、また20keVでの回折効率率は10keVの約4/5なので、得られた結果はほぼ予測通りである。

#### 3. 高平行度 X 線マイクロビーム

半導体結晶の局所的な結晶歪み評価には、角度発散角が小さくエネルギーバンド幅の小さい X 線マイクロビームが必要である。これまで、Si 結晶の逆非対称反射を利用して高平行 X 線マイクロビームを形成してきたが<sup>[2]</sup>、この手法では5 $\mu\text{m}$ 以下のマイクロビームを形成するのは非常に困難である。そこで、今回結晶と X 線全反射ミラーを組み合わせた光学系を新たに開発した。その光学系を図2に示す。実験ハッチに導入された X 線はまずスリットにより水平方向5 $\mu\text{m}$ 、鉛直方向100 $\mu\text{m}$ に整形される。その後、(+、-、-、+)に配置された2つのSiチャンネルカットの333反射により、エネルギー分散を  $E/E = 1 \times 10^{-5}$  まで制限し、ベントシリンドリカルミラーによりサンプル上に集光される。これにより得られたビームのサイズは水平方向2.6 $\mu\text{m}$ 、鉛直方向1.6 $\mu\text{m}$ 、水平方向の角度発散角は25 $\mu\text{rad}$ 、X 線強度は  $1 \times 10^6$  であった。このビームにより、微小領域における格子ひずみを、 $d/d \sim 1 \times 10^{-6}$  程度の感度で検出することが可能である。

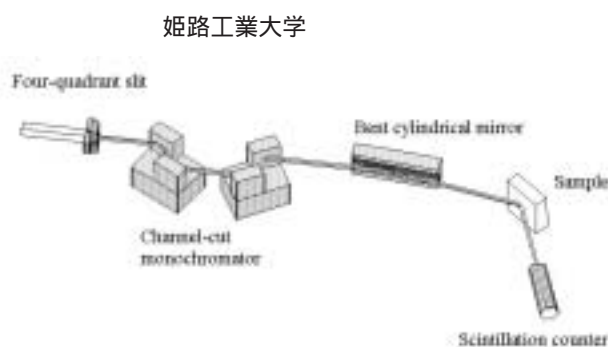


図2 高平行 X 線マイクロビーム光学系

松井 純爾・籠島 靖・津坂 佳幸

#### 参考文献

- [1] 津坂他: The 5<sup>th</sup> SPring-8 Symposium Abstract(2001) 57.
- [2] Y. Tsusaka et al.: Jpn. J. Appl. Phys. 39(2000)L635