

フレネルゾーンプレートを用いた硬 X 線微小ビーム形成システム

隅谷和嗣、平井康晴

九州シンクロトロン光研究センター

加工・成型技術の進歩による LSI など電子デバイスの微細化、局所的な構造の制御による材料の電氣的・機械的高性能化などにより、物質の局所的な構造解析・状態分析のニーズが飛躍的に高まっている。X 線は材料内部を非破壊に観察できるなどプローブとして極めて優れた特長をもつことから、これを微小領域の測定に応用することが大いに期待されている。

SAGA-LS の硬 X 線ビームライン BL15 では、こうした微小領域観察の手段として、フレネルゾーンプレート(FZP)を用いた X 線マイクロビームの研究開発を行っている。FZP は同心円状にパターニングされた輪帯による回折により X 線を集光する光学素子である。X 線が同軸上に集光されるため実験配置・調整が容易であり、また数 10 nm の集光ビームサイズを得ることも可能なため、広く用いられている。

本発表では、実際に BL15 で FZP を用いて X 線を集光した結果を紹介する。X 線のエネルギーは 8 keV とした。実験ハッチ内に 100 μm のピンホールを設置して仮想光源点とし、FZP で集光させる。集光ビームサイズは 50 μm ϕ の金のワイヤーを用いたナイフエッジスキャンにより評価を行った。この結果、約 5 x 5 μm のビームサイズが実現されていることを確認した。また集光ビームのフォトンフラックスは約 1.5 x 10⁵ cps であった。

今後、FZP による集光光学系の最適化を行うとともに、集光ビームの利用実験を進めて、その応用可能性についての検討を行う予定である。

フレネルゾーンプレートを用いた硬X線微小ビーム形成システム

隅谷和嗣、平井康晴
九州シンクロtron光研究センター

Introduction

- デバイスの微細化
電子デバイス、音響素子など
集積化(LSI)
MEMS
- ナノテク材料
- 機能性薄膜材料開発
太陽電池薄膜
ダイオード
レーザー
- 金属材料の局所構造制御



微小領域の組成、構造、状態分析手法の必要性

硬X線 - 内部構造を非破壊に観察
XAFS、蛍光X線分析、X線回折など

局所構造を観察するためには、ナノメートルの断面積をもつX線ビームが必要

本研究では、微小ビーム形成システムとして、フレネルゾーンプレート(FZP)を用いた集光光学系をSAGA-LSのBL15に構築し、性能評価を行った。

硬X線における集光光学素子の例

フレネルゾーンプレート(FZP)

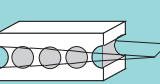


本研究で使用

Kirkpatrick-Baez(K-Bミラー)



X線屈折レンズ



硬X線ビームライン BL15

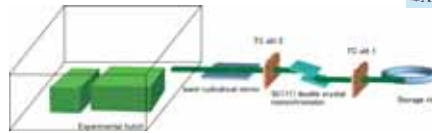


硬X線ビームライン BL15
構造科学 イメージング 分析ビームライン

主な実験手法

- ◆X線回折(粉末、多軸回折計)
- ◆X線反射率法
- ◆小角X線散乱
- ◆X線イメージング
✓トポグラフ
✓位相コントラストイメージング
- ◆蛍光X線分析
- ◆X線吸収分光(XAFS)

ビームラインの光学系



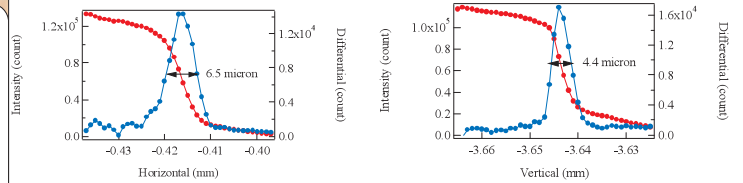
光源: 偏向電磁石
分光器: Si(111)二結晶分光器
集光鏡: 擬似トイダルミラー
エネルギー: 2.1~23 keV

実験結果

8 keVでの集光ビームサイズ

水平方向

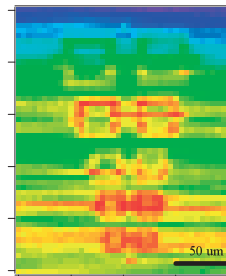
鉛直方向



6.5 μm x 4.4 μm のビームサイズを実現
フォトン数: $\sim 1.5 \times 10^5$ cps

マイクロビームによるテストチャートの透過像測定結果

テストチャート: NTT-ATN製 ATN/XRESO-100



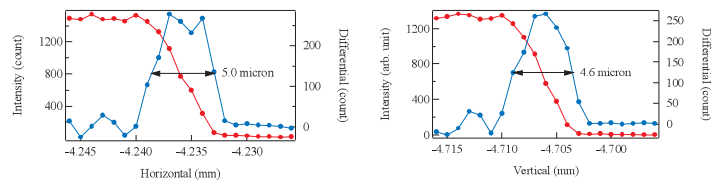
参考: 顕微鏡写真



5 keVでの集光ビームサイズ

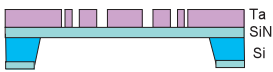
水平方向

鉛直方向



フレネルゾーンプレート

ATN/FZP-100/155 (NTT-AT製)



Aspect ratio: 8
Membrane material: SiN
Membrane thickness: 2
 ΔR_n : 100 nm
D: 155 nm
N: 388
Tm: 800 nm

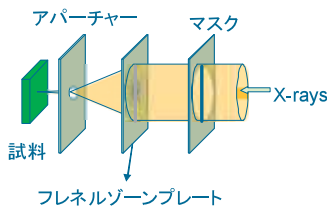
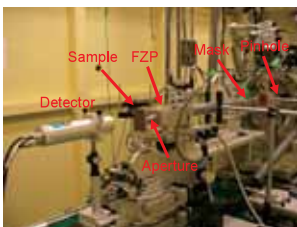
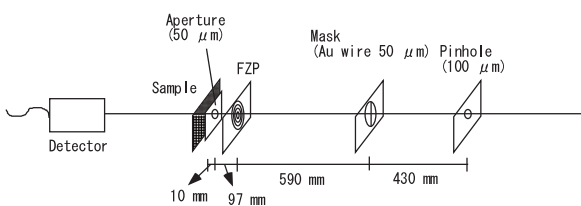


FZPの顕微鏡写真

http://keytech.ntt-at.co.jp/nano/prd_0002.html

実験配置

8 keVでの微小ビーム光学系の実験配置



◆100 μm ϕ のピンホールを設置して仮想光源とする。

◆Au 50 μm ϕ ワイヤーをマスクに用いて0次光(FZPの透過光)を除去する

◆FZP下流に50 μm ϕ のアーチャー(オーダーソーター)を設置し、FZPからの高次の回折光を除去する。

◆ビームサイズはAu 50 μm ϕ ワイヤーを用いたナイフエッジスキャンにより評価する。

◆試料位置は顕微鏡-CCDカメラにより調整する。あらかじめワイヤー等によりビーム位置を計測しておき、カメラで観測してマーキングしておく。

まとめ

■硬X線ビームライン BL15にて、フレネルゾーンプレートによる微小ビーム光学系を整備した。フレネルゾーンプレートにはNTT-AT社製のATN/FZP-100/155を用いた。

■8 keVのX線で6.4 μm x 4.4 μm 、5 keVのX線で5.0 μm x 4.6 μm の集光X線が得られた。X線強度は8 keVのX線でおおよそ 1.5×10^5 cpsであった。

■今後、この集光ビームを用いて、結晶性の局所評価、微小結晶の構造解析、透過率や屈折率、蛍光X線強度などの空間分布測定などへの利用を検討していく。