

BL07 のイメージング測定における高エネルギーX線の利用

隅谷和嗣、河本正秀、岡島敏浩
九州シンクロトロン光研究センター

X線イメージングは、物体内部の構造を非破壊で観察する有力な手段である。特に近年では位相イメージングの開発により、高いコントラストで物体の密度を観察することが可能になっている。そこで九州シンクロトロン光研究センターの BL07 では、吸収および位相イメージングの実験を行っている。BL07 は超電導ウィグラーを光源に用いたビームラインであり、これまで 20~35 keV 程度のエネルギーの X 線を用いてイメージング測定を実施してきた。しかし、大きく密度の高い材料や内部に金属の電極のある電子デバイスなどでは、X 線が十分に透過せず計測が難しかった。

そこで本研究では、50 keV までの高エネルギーX線をイメージングに利用するための検討を行った。BL07 の分光器は Si (220) 結晶を用いており、50 keV 付近の Bragg 角 (3.7°) は仕様範囲外である。そこで、あらかじめ Eu の K 吸収端 (48.5 keV) を用い、エネルギーにズレがないことを確認した。また、50 keV でのフォトン数は 7×10^5 photons/sec/mm² 程度であった。この高エネルギーX線を用いて電子デバイスのイメージングを行ったところ、30 keV 以下の X 線では透過せず観察が難しかった金属配線や端子の裏にある樹脂中の空孔などを観察することができた。

今後、この高エネルギーX線を用いた X 線 CT、および Diffraction Enhanced Imaging (DEI) 等の位相イメージングへの応用についても検討を進める計画である。

BL07のイメージング測定における 高エネルギーX線の利用

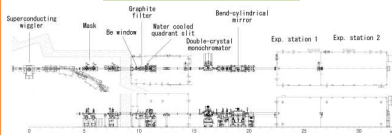
隅谷和嗣、河本正秀、岡島敏浩
九州シンクロtron光研究センター

Introduction

X線イメージングは、物体内部の構造を非破壊で観察する有力な手段である。特に近年では位相イメージングの開発により、高いコントラストで物体の密度を観察することが可能になっている。そこで九州シンクロtron光研究センターのBL07では、吸収および位相イメージングの実験を行っている。BL07は超電導ウイグラーを光源に用いたビームラインであり、これまで20~30 keV程度のエネルギーのX線を用いてイメージング測定を実施してきた。しかし、大きく密度の高い材料や内部に金属の電極のある電子デバイスなどでは、X線が十分に透過せず計測が難しかった。そこで本研究では、50 keVまでの高エネルギーX線をイメージングに利用するための検討を行った。

SAGA-LS BL07におけるイメージング測定

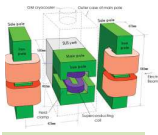
BL07の光学系配置図



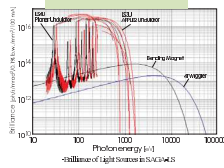
モノクロメータ: Si(220) 二結晶分光器(カム式)
X線エネルギー: 5 ~ 37 keV

エネルギー範囲は分光器の動作仕様(5~70°)により決まっているが、5°以下にも回転可能なため、さらに高エネルギーのX線も取り出せる。(定位置出射等の性能は保証外)

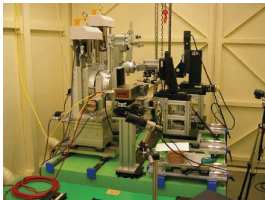
超電導ウイグラー



スペクトル分布



BL07におけるイメージングシステム
 ↓ 吸収イメージングおよびDiffraction Enhanced Imaging (DEI)
 ↓ 検出器: CCDカメラ(7.2 μm/pixel)、PILATUS(172 μm/pixel)
 ↓ DEI用にSi(220)結晶を用いたビーム拡大用結晶およびアナライザ結晶

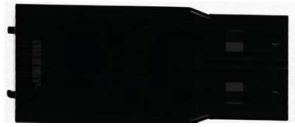


吸収イメージング測定

USBメモリの透過像



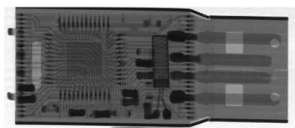
ビームが細いため、複数の画像を撮影して貼り合わせた。



30 keV



40 keV

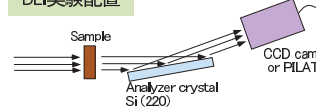


50 keV

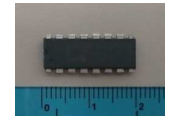
高エネルギーでは、金属のケーシング内部の素子や配線、さらにその裏側に隠れた基板の構造が観測できる。

Diffraction Enhanced Imaging (DEI)による 位相イメージングへの適用

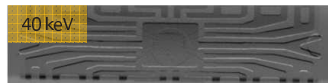
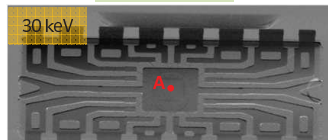
DEI実験配置



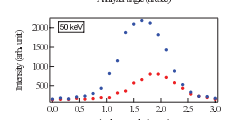
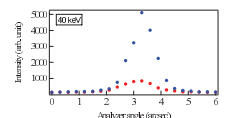
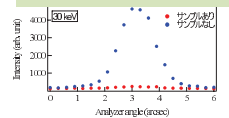
サンプル: ICチップ
(RS-232Cインターフェース)



得られたDEI像



A点でのロッギングカーブ



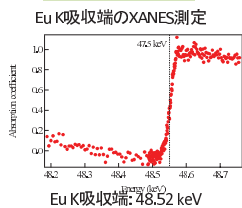
30 keVでは特に素子の中心のワイヤやボンディング部などでは透過強度が弱く明瞭に観察できないが、40 keV以上では屈折による角度のずれが明瞭に観察されている。一方、50 keVでも像は得られるものの、入射強度が弱いため測定に時間がかかり、像もやや不明瞭になっている。

高エネルギーX線では、試料をX線が透過するため、金属部でも計数率が上がり屈折角度の精度が増す。

位相イメージングはX線の吸収によらずに撮像するため、高エネルギーX線を有効に利用できる。

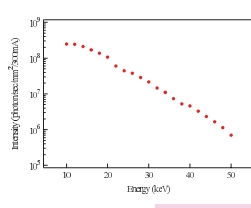
高エネルギーX線の性能評価

エネルギー確認



Eu K吸収端: 48.52 keV

フォトンフラックス



50 keV前後のX線が利用可能であることを確認した。

縦方向のビームサイズは、30 keVでは1.0 mm以上に対して50 keVでは約1.3 mm程度。

今後の課題

- 高エネルギーX線の安定化(モノクロメータのドリフト対策)
- 高指数面のモノクロメータ(400等)の利用検討
- ビーム拡大用非対称結晶の利用により、視野を広げる。
- 測定時間の短縮。

まとめ

- SAGA-LS BL07において、50 keV程度までの高エネルギーX線が取り出せることを確認した。このX線の性能を評価し、イメージング実験に利用可能であることを確認した。
- これまでの30 keVまでのX線に比べ、より高エネルギーのX線を利用することにより、金属を含む電子デバイスなどの材料を観察可能である。
- 50 keVのX線は貫通力は高いものの輝度が低くなるため、CTなどの測定には長時間が必要になる。このため実用上は40~45 keV程度のエネルギーを利用するのが有効と思われる。