

BL11 への高調波除去ミラーの導入

瀬戸山 寛之、 河本 正秀、 岡島 敏浩
九州シンクロトロン光研究センター ビームライングループ

硬X線ビームラインでシンクロトロン光の単色化に用いられている2結晶分光器では、目的とする基本波の他に高調波と呼ばれる高エネルギー成分が原理的に混入することが知られている。この高調波混入はXAFS測定においてスペクトルを歪ませる一因となっており、X線ミラー反射率の視斜角依存性を利用して集光と同時に高調波を除去することが一般的におこなわれている。しかし、BL11のX線集光ミラー設計は常用するエネルギー範囲(6~14keV)に最適化されているため、5keV以下の低エネルギーでは高調波除去が充分には機能していない。低エネルギー使用時にはミラー視斜角変更による除去率向上もおこなっているが、集光特性の劣化や装置の光軸合わせに時間を要するなどデメリットも多い。そこで、集光ミラーに依らずに低エネルギーでの高調波混入率をより低減させるため、高調波除去専用のミラー装置を導入した。

本ミラー装置では、使用するエネルギー範囲(2.5~6keV)に吸収端を持たないNiをコート材とする平面ミラーを2枚使用し、浅い視斜角による高い反射率と高調波除去性能を両立している。また2枚のミラーを(+/-)配置にして平行出射させることで、後段装置の光軸合わせを容易にしている。

ポスターでは、本ミラー装置の立ち上げと性能評価について報告する。

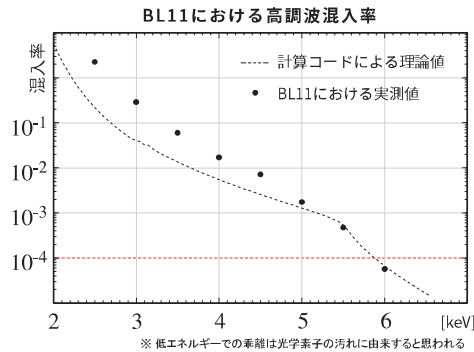
BL11への高調波除去ミラーの導入

瀬戸山 寛之、河本 正秀、岡島 敏浩

(九州シンクロトロン光研究センター・ビームライングループ)

背景と現状

硬X線BLで単色化に用いられている結晶型分光器では、目的とする分光結晶面によるX線(基本波)のほかに、それと平行な他結晶面からの整数倍のエネルギーを持つX線(高調波)が原理的に混入することが知られている。この混入高調波は様々な実験に悪影響を与えるが、特にX線吸収微細構造(XAFS)測定では、得られる吸収スペクトルが歪む原因の一つであり、「高調波混入率(=高調波強度/基本波強度)」を「数千〜一万分の1」程度以下にすることが望ましいとされている。



現状のBL11では、K端であればV以下(L3端だとLa以下)から高調波の影響を受けるものと思われる。そのため、これら低エネルギーでの測定時には、集光ミラーの視斜角を通常の4mradから6mradに増やすことでミラーのエネルギーカット特性を低エネルギー側にシフトさせて高調波除去をおこなっている。しかし、集光ミラー視斜角変更は、実験定盤の大掛かりな位置調整が必要となり、ビームタイムに対するデメリットが大きい。

そこで、BL11に高調波除去専用のミラーシステムの導入を実施した。

設計と設置

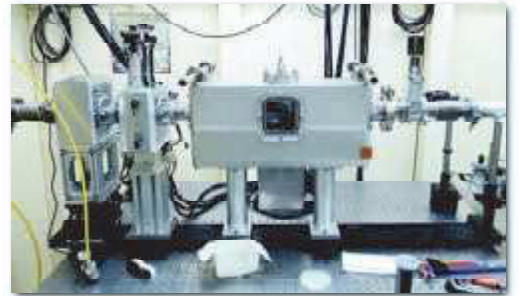
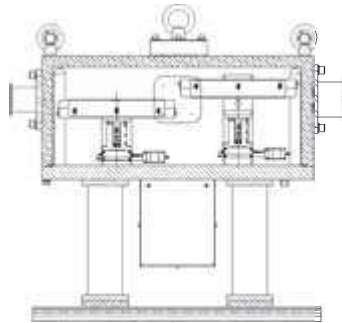
BL11の使用可能エネルギー範囲のうち、6 keV以下についてのみ適用するような高調波除去ミラーの設計をおこなった(6 keV以上ではミラーは退避する)。

2枚のミラーそれぞれに視斜角調整軸と高さ調整軸を備え、適用エネルギーに応じて、ミラー視斜角を0~1度以上の範囲で変更することで十分な反射率とエネルギーカット特性を発揮できるようにしている。

高調波除去ミラー仕様

ミラー・コート材	Ni
ミラー基板サイズ	200 mm × 50 mm
視斜角可変範囲	0~1度以上
高さ調整範囲	±4 mm以上

ミラーコート材には、適用エネルギー範囲内に吸収端を持たないNiを採用した。構成としては、平板ミラー2枚を(+)配置した平行出射光学系とすることで、後段の定盤・測定系の位置調整が容易となるよう配慮した。

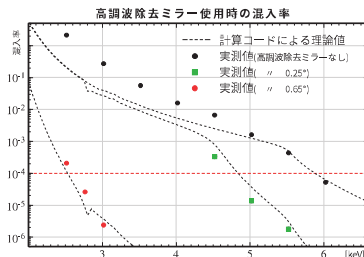
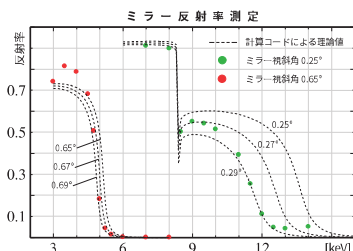


ミラー基板は(株)ジェイテックコーポレーション、駆動部およびチャンバーは(株)理学相原精機により製造され、2019年2月末に納入と実験ハッチ2上流側定盤上への設置がおこなわれた。

性能評価

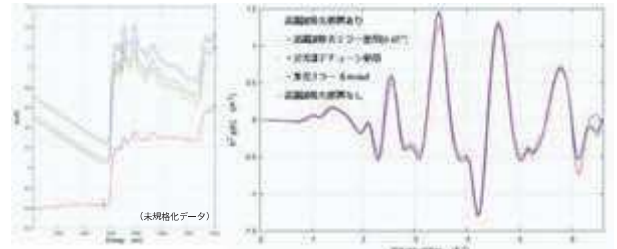
納入・設置された高調波除去ミラーについて、いくつかの性能評価試験をおこなった。

ミラー反射率は、ほぼ理論値通りであった。角度が0.02~0.04°ほど深いのは、設置した定盤自体の水平調整不足によると思われる。



高調波除去性能もほぼ想定通りであり、4.5keV以上は視斜角0.25°、それ以下なら0.65°で使用することで、大きな強度減衰なく、混入率を一万分の1程度以下に抑えられることがわかった。

各方法による高調波除去時のAg-L3端X線吸収スペクトル



Ag箔(0.001mm厚)L3端のX線吸収スペクトル測定の結果からは、高調波除去なしは明らかにスペクトルが歪んでいることがわかる。高調波除去ミラーの使用は、他の方法による高調波除去と同品質の吸収スペクトルが得られた。