

軟X線領域における完全偏光測定

1. 研究組織

木村 洋昭 (JASRI)

実験責任者、装置開発、測定、データ解析

広野 等子 (JASRI)

装置開発、測定、データ解析

為則 雄祐 (JASRI)

測定、データ解析

斉藤 祐児 (原研)

測定

田中 隆次 (理研)

測定、解析

室 隆桂之 (JASRI)

測定

安居院 あかね (原研)

測定

大橋 治彦 (JASRI)

測定

2. 研究開発の目的

SPring-8の稼働中の3本の軟X線ビームライン (BL23SU:APPLE、BL25SU:ツインヘリカル、BL27SU:8の字)及び建設中の軟X線ビームラインは、どれも通常のプレーナーアンジュレータとは異なるタイプの挿入光源を持ち、いろいろな偏光状態の光を取り出すことができる。これらの光に対して、移相子と検光子を使った完全偏光測定を行い、実際にユーザーが使用している光の偏光状態 (直線偏光度・円偏光度・偏光楕円の主軸の方位)を測定する事を目的とする。又、その為に必要な偏光測定装置の開発と280eVから600eVの領域で使用可能な移相子と偏光子の設計・製作を行う。

3. 活動状況

3-1 測定装置の設計・製作

既に保有していた軟X線直線偏光度測定装置に新たな機構を組み込み、移相子も使用した完全偏光測定を行うことができる装置に改造した。図1にその模式図を示す。

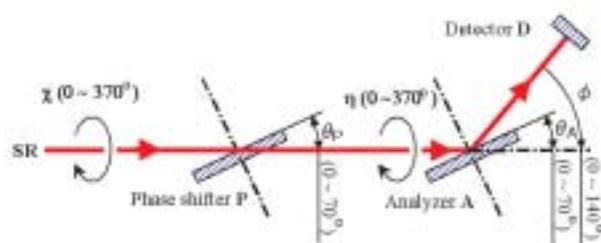


図1 偏光測定装置模式図 (透過配置)

新しく付加された回転検光子ユニットは移相子が反射型でも透過型 (図1は透過型)でも対応できる。また、検光子の性能 (偏光能) が最も良い入射角で使用することができるようになっており、 $\theta = 45^\circ$ の関係でその入射角に追

従する検出器部はメカニカルにリンクされている。検光子は移相子部と同様に *in-situ* で光学素子を交換できるような機構を設けた。

組み上げられた装置はビームラインで実際に直線偏光度測定を行いながら、動作と組み立て精度の確認を行っている。これと平行して、測定用ソフトウェアの開発とテストを行った。

3-2 多層膜偏光素子の設計・製作

多層膜偏光素子の設計・製作に関しては、ロシアのNovgorod研究所と共同研究を行った。

使用する物質対には近年飛躍的に反射率が向上したCr/Scに注目した。この多層膜はScの2p遷移の吸収端394eV付近と、Crの2p遷移の吸収端574eV付近で、高い反射率を期待できる。この他にCr/Cの組み合わせで280eV用の多層膜を作成する事とした。これによりユーザーの使用頻度の高いCの吸収端 (280eV) 近傍、Nの吸収端 (400eV) 近傍、Oの吸収端 (600eV) 近傍で使用できる偏光素子を持つことができる。

(1) 多層膜反射型偏光子

多層膜反射型偏光子の設計指針は、 R_s と R_p の比がもっとも大きくなる入射角45度で、 R_s が最大となるように周期長を決める事である。偏光子としての性能である R_s/R_p や反射率は設計よりも成膜装置や手法・技術によって大きく左右される。

作製した多層膜偏光子は蛍光X線を使用したat-wavelengthな条件の反射率測定で評価された。設計パラメータと、非偏光に対する反射率を表1に示す。

表1 多層膜反射型偏光子の設計値と測定反射率

使用波長	材質	周期長	層数	使用入射角	測定反射率R
3.14nm (390eV)	Cr/Sc	2.2nm	200	45deg.	14.5%
2.16nm (574eV)	Cr/Sc	1.53nm	250	45deg.	3.5%
4.43nm (280eV)	Cr/Sc	3.17nm	200	45deg.	12.5%

(2) 多層膜透過型移相子

透過型多層膜移相子の設計指針は、s成分とp成分の位相差であるRetardationを最大にする事である。理論的には、 R_s と R_p の差を大きくすると、透過時のRetardationを大きくする事ができる。これは偏光子と同様に入射角45度が最適である事を示すが、周期長が極端に短い場合は、表面粗さによる反射率の低下が無視できなくなり、斜入射角

を45度より小さくして周期長を伸ばした方が有利になる事がある。これまでの成膜実績から表面粗さを0.3nmとして、最適なパラメータを決定した。そのパラメータと、予想Retardationを表2に示す。

表2 多層膜透過型移相子の設計値と予想Retardation

使用波長	材質	周期長	層数	使用入射角	予想Retardation
3.1nm(390eV)	Cr/Sc	2.2nm	200	45deg.	27deg.
2.16nm(574eV)	Cr/Sc	2.15nm	250	30deg.	18deg.
4.43nm(280eV)	Cr/Sc	3.17nm	200	45deg.	40deg.

これらのパラメータを元に、実際にNovgorod研究所によって作製された透過型移相子を図2に示す。下の2枚（裏側と表側）は10mm角のフレームに取り付けられた有効サイズ 6mmのもので、上の2枚は20mmのフレームに付けられた有効サイズ 11mmのものである。

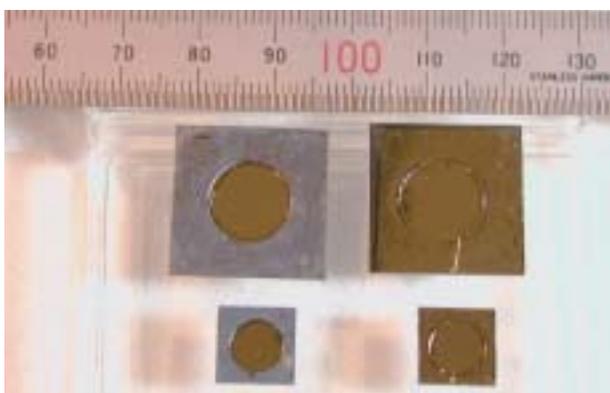


図2 作成した透過型多層膜

蛍光X線を使用したat-wavelengthな条件での反射率測定により、これらの多層膜は基板からはがす前の段階のサンプルで、良好な周期構造を持つことを確認した。

3-3 今後の活動予定

本年度に作成した偏光測定装置を使用して多層膜偏光素子の評価を行い、各ビームラインでの完全偏光測定を行う予定である。

利用研究促進部門
分光物性 グループ・赤外チーム
木村 洋昭