

# 「SACLA 利用装置提案課題」

## 報告書 2 (研究内容)

所属機関 財団法人高輝度光科学研究センター 利用研究促進部門

氏名 (責任者) 鈴木基寛、(参画者) 中村哲也

本利用装置提案課題では、ダイヤモンド X 線移相子装置を SACLA ビームラインのコンポーネントとして整備することを目的とする。X 線移相子を導入することにより、円偏光や垂直直線偏光といった様々な偏光状態の XFEL 光を下流の実験ステーションにおいて利用可能とする。磁性単結晶膜の磁気ダイナミクス、磁性ナノ粒子の磁歪評価、微小磁気デバイスのドット媒体のその場磁気観察、ナノ結晶の光誘起構造変化の観察、などの X 線の偏光特性を活用した利用研究が実施可能となる。

本装置は、SACLA BL3 光学ハッチ内に常設され、輸送チャンネル真空系に常時接続することを想定している。そのため、装置は高真空対応とする必要がある。今年度は、真空槽および真空内でダイヤモンド移相子結晶の角度制御を行うための駆動機構の設計・製作を行った。また、広い X 線エネルギー領域での偏光制御を可能とするため、厚さと方位の異なる 3 種類のダイヤモンド移相子結晶を導入した。これらの結晶を使い分けることにより、SACLA で発生可能な X 線のエネルギーのほぼ全ての領域において偏光を利用した実験が行える。

### 1. ダイヤモンド X 線移相子装置

図 1 に真空対応ダイヤモンド X 線移相子装置の概略図を示す。真空槽本体は JIS VG/VF200 ( $\phi$  300) に準拠した円筒チェンバーから成り、円筒の軸および結晶の回転軸は水平面から 45 度傾斜している。

移相子結晶は円筒チェンバーの中心に配置される。結晶の角度制御 ( $\omega$  回転) は、真空槽外部の結晶回転ステージ ( $\omega$ -2 $\theta$  2 軸回転ステージ) によって行う。回転ステージの  $\omega$  軸は、円筒チェンバーの底部から磁性流体カップリングとベローズを介して、真空槽内に導入される。この機構により、 $10^{-5}$  Pa 台の真空を維持したまま、移相子結晶の  $\omega$  回転が可能となる。また、結晶の位置調整もやはり真空槽外の 2 軸並進ステージによって行われる。円筒チェンバー背面には、幅 10 mm のスリット状の Be 窓を設けた。この Be 窓を通じて、移相子結晶からの回折 X 線を取り出し、真空槽外部に設置した PIN フォトダイオード検出器で回折 X 線強度をモニターすることができる。PIN フォトダイオードは、上記回転ステージの 2 $\theta$  軸によって駆動される。また、真空槽は、X 線入射/出射ポート、排気ポート、電流導入用、真空計測用等のための 8 個の ICF70 ポートを備えている。真空排気にはイオンポンプを用いることで、排気系からチェンバーや結晶に伝わる振動が無いようにしている。

移相子結晶の角度を高速制御するために、ピエゾ素子を用いた精密駆動ステージを併用する。このピエゾステージは真空槽内に設置される。板バネを使った機構により、ピエゾ素子の伸縮運

動を移相子結晶の回転運動に変換する仕組みを採用している。この機構は SPring-8 ビームラインでの稼働実績があり、最高 100 Hz での偏光状態の切り替えが行える。SACLA の X 線パルス周波数 60 Hz に追従して、パルス毎に偏光状態を切り替えるような実験にも十分対応可能である。また、ピエゾステージには、真空対応の 2 軸スベルステージが備わっている。小型ステッピングモータによって駆動され、真空を破らずに移相子結晶の方位角の調整が行える。

装置全体の大きさは、幅 500 mm×奥行き 760 mm×高さ 1600 mm であり、BL3 輸送チャンネルの留保スペースに設置可能である。

X 線移相子装置のビームラインへの導入、調整および試験測定は、2012 年度春から夏にかけて行う予定である。

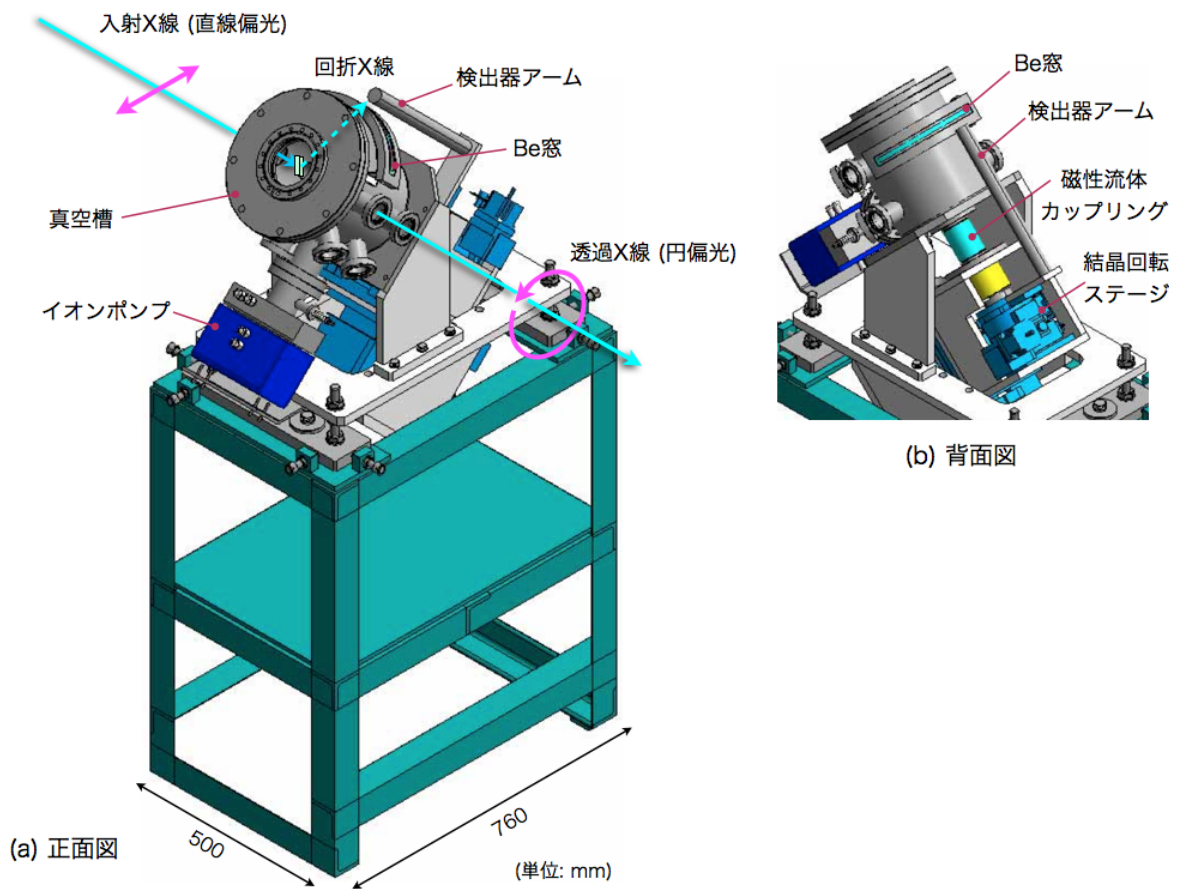


図 1. 真空対応ダイヤモンド X 線移相子装置

## 2. 移相子用ダイヤモンド結晶

広い X 線エネルギー領域において偏光制御を行うため、移相子として用いるダイヤモンド結晶の方位および厚さを決定した。検討の結果、導入した 3 種類の結晶の仕様を以下に示す。

- (1) 低エネルギー領域用 ダイヤモンド(110)結晶、厚さ 0.1 mm、111 透過ラウエ配置
- (2) 中エネルギー領域用 ダイヤモンド(111)結晶、厚さ 0.5 mm、220 透過ラウエ配置
- (3) 高エネルギー領域用 ダイヤモンド(100)結晶、厚さ 1.5 mm、220 透過ラウエ配置

\*大きさは、すべて長辺 5.0 mm 以上×短辺 4.0 mm 以上

(1)~(3)のそれぞれにより、5~8 keV, 7~12 keV, 10~20 keV の X 線エネルギー領域をカバーする。

図 2 に、各結晶に対して計算した、(a) 透過率  $T$ 、(b) 円偏光度  $P_c$ 、(c) フィギュアオブメリット  $M = TP_c^2$  の X 線エネルギーに対する依存性を示す。円偏光度の見積りの際には、分光器のバンド幅を  $\Delta E/E = 1.4 \times 10^{-4}$  として計算した。これらの結果から、3 種類の結晶によって上記の X 線エネルギー領域で明るく、偏光度の高い円偏光が得られることが分かる。X 線移相子装置のビームライン導入後の試験測定において、実際に得られる偏光度や透過率の評価を行う。

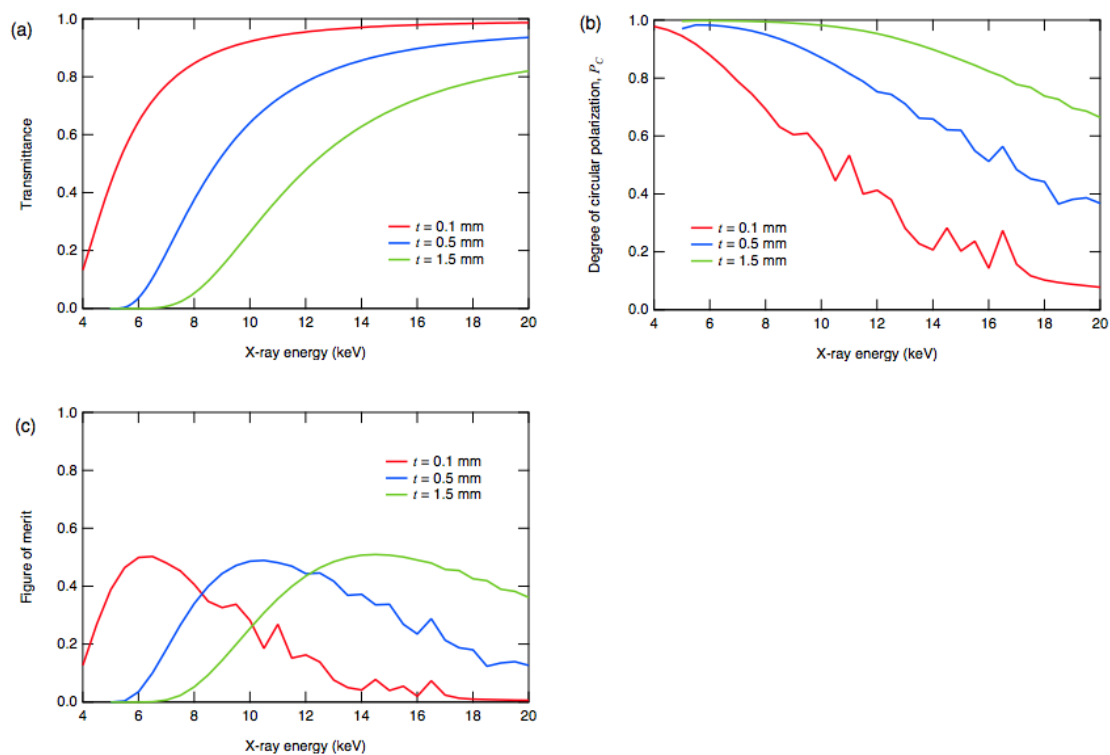


図 2. 3 種類の移相子結晶に対する、(a) 透過率、(b) 円偏光度、(c) フィギュアオブメリットの X 線エネルギー依存性。