

位置-角度-波長の3次元空間における放射光ビームの特性評価に関する研究

～位相空間分布 + デュモンド図～

物質理学研究科 物質科学専攻

◎M2 みやがわたかまさ 宮川天将、教授 かごしまやすし 籠島 靖

キーワード

シンクロトロン放射光, 放射光ビームライン, X線光学, 位相空間, デュモンド図形, シリコン2結晶分光器

研究概要

SPring-8 兵庫県 ID ビームライン (BL24XU) では X 線顕微イメージングの研究を展開するにあたり, 集光ビーム光学系や結像型顕微鏡の開発・高度化を進めている。これらの研究では必ずシリコン2結晶分光器(直接冷却型)で分光した X 線ビームを使用するが, フロントエンド (FE) スリットの開口を大きくすると分光後のビームの波面に乱れが生ずることが経験的にわかっている。BL24XU では光源に 8 の字アンジュレータを採用している。このメリットは電子が「8」の字を描くような軌道で運動するため, 中心軸からはずれてパワーが分散することで分光結晶にかかる熱負荷が通常のアンジュレータ光源に比べて小さいことである。このことを考慮して BL24XU の建設時(1998 年)には結晶の冷却方法としてフィン結晶型循環水直接冷却で対応可能と判断し, 採用した。しかしこれまで数回にわたり SPring-8 の光源性能がバージョンアップされたため実際には結晶が受ける熱負荷は限界に達していることが懸念されている。

本研究では分光後の X 線ビームの特性(ビームの位置-角度-波長)を評価するため実験により位相空間(ビームの位置と角度の空間)分布とデュモンド図形(ビームの角度と波長の空間)を取得し評価することを目的とした。

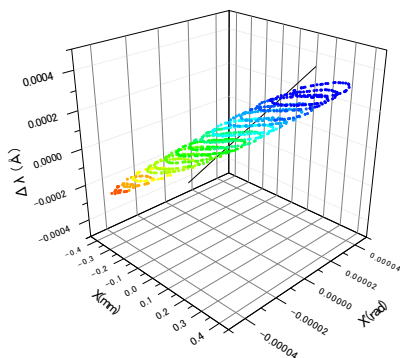


図 1. FE スリットの $h = 1.0 \text{ mm}$ での位置 (x') -角度 (x'') -波長 (λ) 空間分布の 3 次元表示

位相空間分布はピンホールカメラ法を用いて測定し, その最下流部にアナライザ結晶 (Si333 反射) を分光器の第 2 結晶に対して ++ 配置で設置した。アナライザ結晶の回転角 (θ)、ピンホールカメラの上流スリットと下流スリットの位置 (x_1, x_2) について, 3 軸スキャン ($x_1, x_2; \theta$) 測定を行った。 θ を波長 λ に, (x_1, x_2) を (x, x') に補正し, $x-x'\lambda$ の 3 次元空間分布に表示した結果を図 1 に示す。位相空間分布で楕円が正立しているところが仮想光源を与える。またデュモンド図において, FE スリットの縦幅 h を大きくすると Si111 と FE スリットによる理論的な特性窓と比べて傾きが大きくなっていることがわかった。これは仮想光源の位置が実際の光源の位置より下流側に生成されている, つまり第一結晶が凸面になっていると仮定することで説明できる。

アピールポイント

本研究では位相空間分布・デュモンド図形の 2 つの観点からビーム特性を評価した。この結果は SPring-8-II の始動に向け, シリコン 2 結晶分光器の液体窒素冷却方式の導入に向けた基礎データとなった。