

螺旋型フレネルゾーンプレートによる X 線光渦生成と集光点近傍の波面決定

Generation of X-ray vortex using spiral Fresnel zone plate

and wave-front determination near focal plane

○香村 芳樹¹、武井 大¹、鈴木 芳生² (1. 理研 SPring-8 センター、2. 高輝度光科学研究センター)

○Yoshiki Kohmura¹, Dai Takei¹, Yoshio Suzuki² (1.RIKEN SPring-8 Center, 2.JASRI)

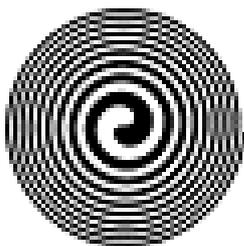
E-mail: kohmura@spring8.go.jp

光渦は、波面の destructive な干渉の結果生じる位相分布の特異点で、この周囲で、位相が螺旋階段的に 2π の整数倍だけ変化する。中心に強度ゼロの暗点が生じ、可視光においては超解像蛍光顕微鏡(STED, Stimulated Emission Depletion)顕微鏡で利用されている。我々は、螺旋型フレネルゾーンプレート(SFZP)を作成し、X 線領域での光渦生成に成功した。実験では、集光点近傍での強度分布と干渉法による位相計測を行い、集光点近傍で光渦を含んだ波面を求める事に成功した。

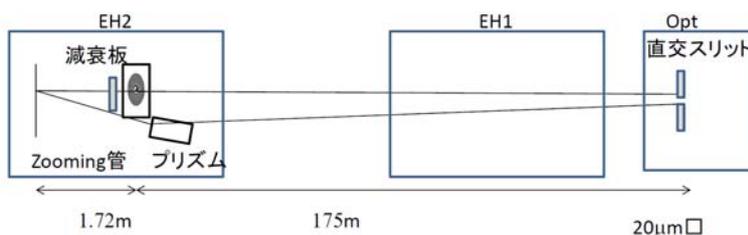
実験は、SPring-8 アンジュレータービームライン BL20XU にて、 $E=7.71$ keV の X 線を用いて行われた。20 ミクロン角の直交スリットを仮想光源として使用し、この 180m 程下流にある実験ハッチ内で、可干渉領域内に螺旋型フレネルゾーンプレート(FZP)を設置した。集光点で、集光された X 線光渦を観察した。

実験では、NTT-AT 社が製作した石英製螺旋型 FZP を用いた。ゾーン数は 36、第一ゾーン半径($16.6 \mu\text{m}$)、直径($199.6 \mu\text{m}$)、最外殻ゾーン線幅($1.4 \mu\text{m}$)、7.71 keV の X 線に対する焦点距離は 1.7 m である。また、二つの螺旋模様の片方は、エッチングで彫り込み、7.71 keV の X 線が透過する際の光路に位相 π の差が付く様に設計した。集光点近傍で強度分布像と、集光点近傍で位相を求めるための干渉パターンの二種類の画像を取得した。干渉実験では、螺旋型 FZP のゾーン構造外側を通る光をダイヤモンド製 X 線プリズムで偏向し、螺旋型 FZP による集光光と重ね、干渉縞を X 線画像検出器で撮影した。浜松ホトニクス社製の X 線画像検出器、ズーム管を用いた(実効的なピクセルサイズ $0.1165 \mu\text{m}$)。

実験の結果、集光点近傍での強度分布に、X 線光渦による暗点をはっきりと観察された。一方、干渉実験では、約 $2 \mu\text{m}$ の縞間隔の干渉縞中に、縞の本数が変化する位相の特異点、光渦の存在を確認した。また、縞走査法を利用したデータより干渉パターンの位相を決定した。これらの測定で求めた強度(振幅)情報と位相情報を併用し、集光点近傍の波面を決定することに成功した。位相情報は、集光点近傍の強度ピークの狭い領域でしか求められなかった。ただし、X 線伝播、逆伝播を考慮し、螺旋型 FZP 面と集光点近傍の面の間で(10 回程度の)波面のイテレーション計算を行う事で、もっと広範囲の波面の推定が可能になる。この計算結果についても、報告したい。



螺旋型フレネルゾーンプレート



実験のセットアップ