

集光 X 線試料照明によるラジアル・ヒルベルト変換顕微鏡の高精度化と 試料光学異性の識別に向けた試み

Precise radial Hilbert transform microscopy by illuminating focusing x-rays

○香村芳樹¹、澤田桂¹、水牧仁一朗²、大和田謙二³、綿貫徹³、石川哲也¹

(1. 理研 SPring-8 センター、2. 高輝度光科学研究センター、3. 量子科学技術研究開発機構)

◦Yoshiki Kohmura¹, Kei Sawada¹, Masaichiro Mizumaki², Kenji Ohwada³, Tetsu Watanuki³,

Tetsuya Ishikawa¹ (1. RIKEN SPring-8 Center, 2. JASRI, 3. QST)

E-mail: kohmura@spring8.or.jp

我々はらせん型フレネルゾーンプレート(S-FZP)[1]を結像光学素子として用い、新しい X 線イメージングを展開している。集光素子 FZP の焦点面に結像素子として働く S-FZP を置き、この間に試料を置くと、S-FZP に試料複素透過率を Fourier 変換した波面が照射され[2]、結像面で理想的な radial Hilbert (RH)変換像が得られる。RH 変換では試料の輪郭強調像が得られ境界面の観察に有用である[1]。一方、試料後面に局所的なエネルギー流の渦があれば、時計回りと反時計回りの S-FZP から得られる二枚の像の差に、エネルギー流の渦に対応する信号が生じるとされ[3]、光学異性の識別が可能になる。ここでは実証実験結果を報告する。

実験は、7.71 keV の X 線を用い SPring-8 のビームライン BL29XU で行われた。集光素子として溶融石英基板上の FZP、結像素子としてタンタル基板の S-FZP を用い集光 RH 変換顕微鏡実験を行った(図 1(a))。焦点距離は 1.72 m (FZP)、0.46 m (SFZP)、最外輪帯幅は 1.4 ミクロン(FZP)、0.36 ミクロン(SFZP)である。まず、ピッチ 12.5 ミクロンの銅メッシュの集光 RH 変換顕微鏡像でメッシュ開口の輪郭のみが可視化された(図 1(b))。また、基板上に隣接させて向きが逆のらせん階段(深さ 19 ミクロン、直径 12 ミクロン)多数を形成した試料を作成した(SEM 像、図 1(c))。この試料に対し、S-FZP の向きを変えて取る RH 変換顕微鏡像二枚の強度差をシミュレートした結果を図 1(d)に、実験で得られた強度差の計算結果を図 1(e)に示す。実験結果はシミュレーション結果と良く合っており、局所的なエネルギー流の渦が可視化でき、試料のらせん形状の向き(光学異性)の識別に役立つことが示された。エネルギー流の渦観察の意義についても述べる。

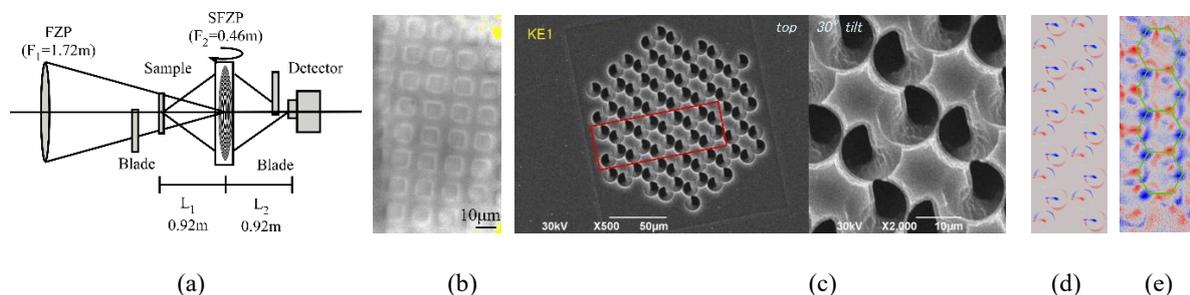


図 1(a) 集光 RH 変換顕微鏡実験のセットアップ概念図。(b) 銅メッシュの集光 RH 変換顕微鏡像。(c) シリコン基板上に形成した試料の SEM 像。(d)(c)の試料に対し、S-FZP の向きを変えて取る RH 変換顕微鏡像二枚の強度差のシミュレーション結果、(e) 強度差の実験結果。

[1] A. Sakdinawat et al., *Optics Letters*, **32**, 18, 2635 (2003), [2] J. W. Goodman, *Introduction to Fourier Optics*, 2nd Edition, McGraw-Hill, 1996, [3] R. Yuchtman et al., *Phys. Rev.* **A94**, 023838 (2016)