LIGA プロセスによる非矩形 X 線位相格子の開発と超解像 X 線位相イメージングの試み

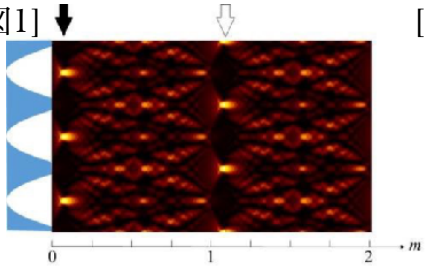
Development of X-ray non-rectangular phase-gratings by LIGA process and status of hyper-resolution X-ray phase imaging

○池松 克昌[1,2]，百生 敦[1]，Jürgen Mohr[2]，Pascal Meyer[2]，Talgat Mamyrbayev[2]，Abrar Faisal[2]
(1. 東北大多元研，2. カールスルーエ工科大)
○Katsumasa Ikematsu[1,2], Atsushi Momose[1], Jürgen Mohr[2], Pascal Meyer[2], Talgat Mamyrbayev[2], Abrar Faisal[2] (1. IMRAM Tohoku Univ., 2. Karlsruhe Inst. of Technology)
E-mail: ikematsu@tohoku.ac.jp

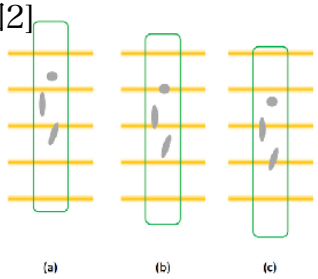
X 線透過格子を用いた Talbot 干渉計による X 線位相イメージングは，実験室 X 線を用いて装置化が見込める点で有利であり，我々は実用性を強く意識した研究開発を推進している．X 線 Talbot 干渉計が達成できる空間分解能は，それに用いる格子の周期（数ミクロン）で制限され，高い空間分解能を求めるアプリケーションでは問題となっている．X 線顕微鏡と X 線 Talbot 干渉計を組み合わせる方法はあるが，同時に撮影視野が小さくなるという問題を伴う．広い視野を確保しつつ，より高い空間分解能を実現する位相イメージング手法の開拓は，物質科学，材料科学，および生命科学において新奇で効果的なイメージングツールの提供につながると期待される．Talbot 干渉計を構成する重要光学素子である X 線格子には狭周期で高いアスペクト比が求められるため，ディープ X 線リソグラフィーと電鋳による金属の微細加工法である LIGA プロセスで製作される X 線格子が広く用いられている．我々は，この分野で世界を牽引するドイツ・カールスルーエ工科大学 (KIT)・マイクロストラクチャ技術研究所と共同研究を行っている．

本講演では，位相情報抽出法を工夫することで高い空間分解能を得る新しい位相イメージング手法の開発状況について報告を行う．図 1 に位相格子（G1・平凹形状パラボラ格子の場合）の下流に現れる X 線強度分布のシミュレーション結果を示す．通常の矩形位相格子でも見られるフレネル回折による干渉効果に加えて，集束効果による強度スポットが現れている．図 1 の黒矢印の位置に撮像対象物を配置すると，格子周期よりも細かい範囲で撮像対象物の局所に X 線が照射される．図 1 の白矢印の位置に解析格子 (G2) を配置し G2 並進による縞走査を行う．空間分解能向上のため，強度スポットに対する撮像対象物自身の走査も行う．その様子を図 2 に示す．ここでオレンジ色の線は，集光効果で X 線強度が局所的に高くなっている強度スポットの場所である．図 2 の (a) から (c) のように，強度スポットに対して撮像対象物を走査しながら，上記の縞走査を繰り返す．このようにして得られた多数の画像から位相情報を抽出・合成し，超解像位相コントラスト像の生成を行う．図 3 に平凹形状パラボラ位相格子の電子顕微鏡写真を示す．現在のところ，ニッケルを用いて周期 10 μm・パラボラ間隔 1 μm・パラボラ構造の高さ約 60 μm の位相格子が 2.5 × 2 mm^2 のシリコン基板上に形成できている．KIT の放射光施設 KARA-IMAGE ビームラインの 17 keV X 線を用いた位相イメージング実験の最新結果についても報告する．

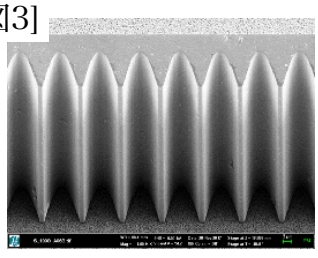
[図1]



[図2]



[図3]



© 2018年 応用物理学会