

白色 SR 光と Talbot 干渉計による高速位相イメージング

矢代航¹⁾、黄少華¹⁾、桑原萌宏²⁾、河端克幸¹⁾、百生敦¹⁾

¹⁾東京大学大学院新領域創成科学研究科物質系専攻、²⁾東京大学工学部物理工学科

2枚の透過型 X 線格子(位相格子および振幅格子)を用いる X 線 Talbot 干渉計[1,2]は、新しい X 線位相イメージング法に使うデバイスとして注目を集めている。X 線 Talbot 干渉計の重要な特徴の一つに、広いバンド幅の X 線を用いても X 線位相イメージングが可能であることが挙げられる。理論的には、バンド幅 $\Delta E/E = 1/8$ の X 線を使っても、単色 X 線を使う場合とほぼ同様な visibility が得られる。白色 SR 光を用いても、visibility の低下があるものの、十分な精度で位相イメージングが可能である。これは、高速の X 線位相イメージングやひいては 4D 位相 CT が可能であることを示しており、X 線位相イメージングの新境地の開拓が期待される。

我々は PF, BL14C1 において、鉛直ウイグラーからの白色 SR 光を用いた高速位相イメージング、高速位相 CT および 4D 位相 CT を試みた。周期 5.3 μm の X 線格子を約 29keV の X 線に対して最適となるように配置した。X 線画像検出器には、厚さ 20 μm の蛍光体と CMOS カメラ(1280 \times 1024)をレンズカップルしたものを使用した。実効的な画素サイズは 12.8 μm であり、500 フレーム/秒(ROI 設定により 1000 フレーム/秒)で X 線動画像を取得できるものである。

X 線 Talbot 干渉計を用いて位相計測を行う場合、一般には複数の画像からの演算に基づく縞走査法を用いているが、これは本研究の目的である動画観察には適さないので、1枚の画像を演算するフーリエ変換法を用いた。空間分解能はキャリアフリンジの間隔に制限されるが、我々は約 80 μm の回転モアレ縞を生成してキャリアフリンジとした。

まず、1フレームの露光時間が 1ms であっても十分な S/N で微分位相像を取得できることを確かめた。この条件で、試料を 2 回転/秒で回転して、位相 CT 像をポリマーブレンド試料について計測した。スキャン時間は 0.25 秒の高速三次元計測である。ポリマーブレンド内のマクロ相分離構造を描出できた。さらに、高分子材料の力学的変形や放射線損傷による変化の様子を 4D 位相 CT で計測した。発表では、これらの計測技術の詳細と、撮像(画像再構成)結果を報告する。

なお、本研究は、JST、先端計測分析技術・機器開発事業の援助により実施したものである。

[1] A. Momose et al., Jpn. J. Appl. Phys. 42 (2003) L866.

[2] A. Momose et al., Jpn. J. Appl. Phys. 45 (2006) 5254.