

高解像度・広視野 X 線イメージング検出器システムの開発

Development of X-ray imaging detector system with high-spatial-resolution and large field of view

高輝度光セ¹, 理研² ○亀島 敬^{1, 2}, 初井 宇記^{2, 1}

JASRI¹, RIKEN², °Takashi Kameshima^{1, 2}, Takaki Hatsui^{2, 1}

E-mail: kameshima@spring8.or.jp

X 線イメージング検出器の解像性能は結像型顕微鏡や CT において空間分解能や視野を決める重要パラメータである。マイクロメートル~サブマイクロメートル領域の空間分解能で計測を行う場合、シンチレータで X 線像を可視光像に変換し、顕微鏡光学系でイメージセンサに結像するレンズ結像型の X 線イメージング検出器が一般的に用いられる。その解像力は X 線検出部であるシンチレータで生じる光拡散によって制限され、顕微鏡光学系の開口数とシンチレータの発光波長で決まる回折限界分解能に到達しないという課題があった。我々は、光学ガラス級の光学品質を備えた薄膜シンチレータを組み込んだレンズ結像型 X 線画像検出器の開発に成功し、シンチレータ光の回折限界に近い 200 nm L&S を可視化する性能に到達している[1]。一方で、X 線 CT や、試料を小片化できない、または動的に変化する大型の試料の撮像等のアプリケーションにおいては、空間分解能だけでなく試料全体を同時に撮像できる広い視野サイズが求められる。例えばよく用いられている透過 X 線を等倍撮像する条件下では、X 線ビームサイズと同じ検出器視野サイズが望ましく、SPRING-8 では数 mm ~ 数 10 mm が要求されている。しかし、この視野サイズ要求を 200 nm L&S レベルの解像度と同時に達成するためにはイメージセンサや対物レンズが極めて大きくなるという課題がある。そこで、現在入手可能で最も大きなイメージ領域と 150 Mpixels の画素数を持つ CMOS イメージセンサ [2] を導入することを前提に、2 mm ~ 50 mm の視野範囲を 5 種類の検出器で対応することを目指し開発を行っている。本検出器は大きいイメージ領域に対応するため、φ63~67 mm のイメージサークルを有する顕微鏡光学系を用いて構築する。現在 5 種類全てについて光学設計は完了しており、X 線解像性能は 2.6 x 1.9 mm² 視野に対して 200 nm line & space パターン解像、53.3 x 40 mm² 視野に対して 1.9 μm line & space パターン解像が可能な見込みである。15.2 x 11.4 mm² 視野用については試作が完了している。設計により 1.0 μm line & space パターン解像が可能であると見積もられた。試作機の評価を SPRING-8 ビームライン BL29XU で実施した。X 線テストチャートを試料として X 線撮像を行ったところ、検出器の視野中心および視野の 4 隅で 1.2 μm line & space パターンが解像できた。これは回折限界性能 1.0 μm line & space に近く、良好な性能が得られたと判断できる。

[1] T. Kameshima et al., Opt. Lett. 44, 1403 (2019).

[2] ソニーセミコンダクタソリューションズ社製の IMX411.