

SPring-8 / SACLA におけるレンズ結像型X線画像検出器の開発

亀島 敬

高輝度光科学研究センター XFEL 利用研究推進室
理化学研究所 データ処理系開発チーム

マイクロメートル～サブマイクロメートル領域の構造を持つ X 線像の計測にはシンチレータと顕微鏡光学系から構成されるレンズ結像型 X 線画像検出器が一般的に用いられる。本撮像方式の空間分解能はシンチレータ内で生じる光拡散で制限され、顕微鏡光学系が本来持つ解像性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、シンチレータが発する蛍光波長と高 NA 顕微鏡光学系の回折限界に近い 200 nm line & space パターンを解像できる性能を得ることができた[1]。この結果はシンチレータをレンズ設計に組み込むことができることを示している。また原理的に、レンズ設計を高性能化が進む CMOS イメージセンサーのイメージフォーマットに最適化することで X 線画像検出器の空間分解能・視野サイズ・時間分解能を飛躍的に向上できる。

本講演ではシンチレータ光学品質の改善後の現状に加え、我々が最近取り組んでいる、レンズパラメータ最適化による X 線画像検出器の広視野化、DQE 最大化設計について紹介したい。また、シミュレーションレベルで実現可能性を証明することに成功したサブ 10 nm 空間分解能をもつ X 線超解像イメージング技術についても紹介する。

本研究により、視野サイズや時間分解能の飛躍的向上が実現できる見通しが立ってきた。このことは多画素化・高速フレームレート化を意味し、検出器から出力されるデータ帯域・データ量が数オーダー増加するという新たな課題が生じている。そこで我々は 100 Gbps 広帯域カメラデータ収集システムの整備とその運用、さらには SPring-8 に新設が予定されているデータセンターへの接続により大量データの活用を支えるインフラの拡充を予定している。SPring-8 データセンター構想[2]における本検出器の位置づけについても報告を行いたい。

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

[2] SPring-8 データセンター構想についてのワークショップを開催している。

<https://dncom.spring8.or.jp/workshop/data-workshop/index.html>