

## シンチレーター固浸光学系を用いた サブ 10 nm 分解能 X 線イメージング検出器の開発

Development of sub-10 nm resolution X-ray imaging detector equipped  
with a scintillator solid-immersion optics

高輝度光セ<sup>1</sup>, 理研<sup>2</sup>, °亀島 敬<sup>1,2</sup>, 初井 宇記<sup>2,1</sup>

JASRI<sup>1</sup>, RIKEN<sup>2</sup>, °Takashi Kameshima<sup>1,2</sup>, Takaki Hatsui<sup>2,1</sup>

E-mail: kameshima@spring8.or.jp

X 線は高い透過性と短い波長を有する。このため、X 線領域の顕微鏡は試料の内部構造を非破壊・高空間分解能で観察できるため、幅広い分野で活用されている。放射光分野においても、X 線結像オプティクスの開発や X 線回折イメージングの手法等の数々の提案がなされ高空間分解能化が進んでいる。

我々は、試料の X 線透過像を X 線イメージング検出器で計測する投影型の X 線顕微鏡に注目している。この方式は、検出器の配置や構成を変更することで分解能・視野および対応する X 線エネルギーを幅広く変更できるため汎用性が高い。システム全体の空間分解能は X 線イメージング検出器の空間解像度が顕微鏡全体の空間分解能を決める重要な因子となっており、高空間分解能を得ることができるレンズ結合型の間接型検出器が一般に用いられている。この検出器では、シンチレーターで X 線を可視光に変換し CMOS イメージセンサ上に顕微鏡光学系で結像させる。我々はセラミックスの固相拡散接合による高い光学品質を持つ薄膜シンチレーターが空間分解能向上に有効であることに着目し、光学系の回折限界に近い 200 nm line & space 構造を解像できる X 線顕微鏡の開発に成功している[1]。

空間分解能をさらに高めるためには、回折限界を超える分解能が得られる超解像が有効と考えられる。そこでレンズ形状に加工したシンチレーターを対物レンズ先頭に組み込んだ固浸レンズを有する顕微鏡光学系についてシミュレーションによる検討を行った。その結果 NA が大きく向上し、サブ 100 nm line & space 構造の解像能力と X 線 1 光子検出能力が同時に得られることがわかった。この光学系に対し、局在化法により X 線 1 光子から生成されるシンチレーター光の点像分布の中心を得る場合についてシミュレーションを行ったところ、GAGG:Ce で開口角 72 度の固浸レンズを理想的な条件で製造できれば、4.8 nm line & space 構造の解像が可能であることがわかった。このとき、10 keV の X 線 1 光子の信号はイメージセンサ上で 415 個の可視光子からなる点像として検出される。講演ではこの構成の検出器の開発状況についても報告を行う

1. T. Kameshima, A. Takeuchi, K. Uesugi, T. Kudo, Y. Kohmura, K. Tamasaku, K. Muramatsu, T. Yanagitani, M. Yabashi, and T. Hatsui, Opt. Lett. **44**, 1403 (2019).