精密工学会ベストプレゼンテーション賞を受賞して

極限コヒーレント光科学研究センター　博士１年　吉永 享太

この度、2023 年 9 月に福岡工業大学で開催された「2023 年度精密工学会秋季大会学術講演会」にて口頭発表を行い、ベストプレゼンテーション賞を受賞いたしました。同賞は 35 歳までの若手研究者のうち、研究の新規性・発表内容、発表の構成・方法、適切な質疑応答が優秀だった発表者に贈られます。このような栄誉ある賞をいただき、大変光栄に存じます。

受賞対象となった発表のタイトルは「軟X線高速分光イメージングに向けた超高速電子線描画装置による超高刻線密度回折格子の開発」です。試料の内部構造と状態の高速な変化を追跡できるX線イメージング技術への応用を見据え、新規X線光学素子の設計、作製から評価まで一貫して行いました。以下に本発表の内容をご紹介いたします。

近年のナノテクノロジーの進歩に伴い、半導体から細胞にいたるまでナノスケールの加工・制御を扱う研究が急速に発展しており、こうした微細構造を観察できる顕微手法の重要性が高まっています。X 線イメージングは、X 線の高い透過力と短い波長を利用して試料内部の微細構造を約 50 nm の分解能で観察できる技術です。また X 線分光技術と組み合わせて試料像各位置のスペクトルを取得することで、試料構造と物性の相関を解析できるX線分光イメージングが可能となります。しかし、本技術は試料の計測に数時間から数日を要するため、試料の構造や状態が高速で変化する試料の計測は実現されていませんでした。そこで本研究では、こうした試料の計測を波長数 nm 程度の軟 X 線領域で実現する新しいX線高速分光イメージング技術を提案し、その基板技術であるマルチ開口回折格子[1]の設計・作製・評価を行いました。

マルチ開口回折格子とは、二次元平面上に多数の回折格子を配置した光学素子です。波長に依存して像の位置が変動する色収差のない顕微手法[2]と組み合わせることで、試料像各位置のスペクトルを一括で取得することが可能になります。

本研究ではまず、マルチ開口回折格子の設計を行いました。光の波動伝搬を計算可能なシミュレータを用いて、刻線間隔・刻線本数といった回折格子のパラメータを最適化、決定しました。また、数十 nm の微細構造を大面積に描画できる電子ビームリソグラフィを用いて Si 基板上の 200 nm 厚 SiN 薄膜に 100 nm 刻線間隔をもつ多数の回折格子を配置し、マルチ開口回折格子の作製に成功しました。さらに、高輝度 X 線を利用できる大型放射光施設 SPring-8 にて作製した素子を用いた分光実験を行い、回折格子による回折光のプロファイル・強度からその性能を評価しました。本実験から、各回折格子はエネルギー分解能 500 でX線を分光でき、私たちが提案するX線高速分光イメージング技術に適用した場合、sub-μs のタイムスケールで試料の構造や状態の変化を追跡できることが示されました。今後は本研究成果をさらに発展させ、X 線高速分光イメージング技術の実現へと進んでいきます。

最後に、共同研究者の方々や物性研究所の皆さまをはじめ、ご支援くださった多くの方々に感謝申し上げます。

[1] Y. Takeo et al., AIP Conf. Proc., 2990, 1 (2023).
[2] S. Egawa et al., Opt. Express, 27, 23 (2019).