

未来社会創造事業 探索加速型
「共通基盤」領域
年次報告書(探索研究)

令和元年度 研究開発年次報告書

平成 30 年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名：桑原 真人]

[名古屋大学 未来材料・システム研究所・准教授]

[研究開発課題名：コヒーレント超短パルス電子線発生装置を活用した超時空間分解電子顕微鏡]

実施期間：平成 31 年 4 月 1 日～令和 2 年 3 月 31 日

§1. 研究開発実施体制

(1)「名古屋大学」グループ(東海国立大学機構 名古屋大学)

- ① 研究開発代表者:桑原 真人(東海国立大学機構 名古屋大学 未来材料・システム研究所、准教授)
- ② 研究項目
 - ・高密度パルス電子源の開発(設計・シミュレーション・実証)
 - ・高精度同期パルスシステムの構築
 - ・時間分解計測用ソフトウェアの検討

(2)「日立ハイテク」グループ(株式会社日立ハイテク)

- ① 主たる共同研究者:揚村 寿英(株式会社日立ハイテク ナノテクノロジーソリューション事業 統括本部 評価解析システム製品本部、部長)
- ② 研究項目
 - ・高密度パルス電子源用収差補正 TEM 光学設計
 - ・インターフェイス開発の検討(装置インテグレーション)

§2. 研究開発実施の概要

前年度に実施した基本デザインを元に、設計・製作を進めた。真空立上げまでを実施し、目標値を超える $3 \times 10^{-9} \text{Pa}$ の極高真空を安定的に実現した。これにより、当該設計は電子線発生に必要な真空条件を満たしており、NEA フォトカソード型電子源の安定的な動作を可能とする。残された課題(電子銃性能)は、暗電流 $<10 \text{nA}$ @ 200kV の条件を満たした高電圧印加のみであり、この実現により高密度パルス電子線発生が可能となる。さらに、搭載予定機種 GUI 検討を進め、新型電子銃に対応する通信プロトコルの検証を行った。

一方、周波数エンベロープよりタイムジッタ 10fs 以下であることを確認した低タイムジッターレーザーを用いて、大気側レーザー照射システム構築および高安定パルス列発生を実施した。2パルス間の相関関数を計測することで、この系のタイムジッターは 204fs (10^6 パルス積算)と目標値 2ps をこえる安定度を実現していることを確認した。精密温度調整を導入することで更にタイムジッタを抑えることが可能になると考えられる。

時間分解 TEM 像取得に適した試料の検討を引き続き進めた。室温においてブロッホ型スキルミオンを発現する磁性試料としてコバルト亜鉛系合金に注目し、外部磁場および膜厚依存性、その詳細な発現条件から、レーザーによる外乱により非平衡状態を生成しやすい試料であることを見出した。また、電子線に対してダメージを受けやすい試料として、結晶化したバクテリオロドプシンを新たに対象試料として準備した。電子線損傷観察を通しシングルショット実験に適した試料であることを確認した。

また、少ない電子線量に伴う低コントラストの時間分解測定像の情報学的画像回復を進め、電子パルスの高密度化との併用による POC 実現に必要な超高速時間分解能の獲得を目指した。時間分解 TEM により取得したデータを用いて、PCA 法および NMF 法を適用することで、時間変化に対して変動するスペクトル成分を抽出の可能であることを見出した。