

革新的光科学技術を駆使した最先端科学の創出  
2021 年度採択研究者

2021 年度 年次報告書
------------------

本田 洋介

高エネルギー加速器研究機構 加速器研究施設  
准教授

レーザー冷却極低温電子源による超精密ビーム制御

## § 1. 研究成果の概要

加速器電子源のビームの質は、本質的にはカソードの温度で決まるため、本研究では、レーザー冷却した極低温原子ガスから電子を発生する新しいタイプ電子源を開発することを目的としている。

本年度は、磁気光学トラップ(MOT)の手法で Rb ガスをレーザー冷却するためのレーザーシステムと MOT のテストベンチの開発を行った。MOT は確立した技術ではあるが、加速器の分野では馴染みのないものなので、基礎的なところから装置開発を進めた。

MOT には狭線幅単一周波数の励起レーザーが必要であるため、外部共振器型ダイオードレーザー(ECDL)を製作した。また、安定化と精密制御が重要になるので、削り出し機械加工のマウントで、ピエゾ駆動と温度フィードバックを備えるものを製作した。さらに、Rb ガスのドップラーフリー飽和吸収分光システムを構成し、レーザー冷却で利用する遷移信号を確認するとともに、この準位に制御するための誤差信号を変調移行法により取得した。上記に加え、アナログおよびデジタル回路によるフィードバック制御システムの製作と動作確認、レーザー冷却の励起用とリポンプ用の2台の ECLD の製作、ECDL の出力を増幅するためのテーパ増幅器の製作、精密なレンズの位置調整と温度フィードバックが可能なマウントの製作を行い、ECDL からの光を必要な 300mW まで増幅できることを確認した。

一方、電子源実機の開発に先立って、MOT の試験を行う真空チェンバを準備するとともに、制約の少ない配置でレーザーを導入し、原子の状態を観測できるよう、直方体型ガラスセルを製作した。また、Rb ディスペンサと加熱電流の導入システムを製作と既存の真空排気系を組み合わせ、真空チェンバの焼きだしを行い、必要な真空圧力の環境を実現した。

さらに、既存のソレノイド電磁石を用い、真空システムと組み合わせて配置し、MOT の実験に必要な 0.1 T/m の磁場勾配が得られることを確認するとともに、ビーム引き出しと輸送のトラッキングシミュレーションを進めるため、電極やコイルの構成を入力し、空間電荷効果を含めて評価できるようにソフトウェア環境を整備した。