

プロジェクト名： 原子の高分解能分光用紫色狭帯域波長可変レーザー光源の開発

プロジェクト代表者： 大 向 隆 三 (教育学部・准教授)

## 1 はじめに

近年、レーザー光と原子の間の相互作用が詳細に研究されるようになり、今や光を用いて原子の内的・外的自由度を操作する技術が実現しつつある。このような技術は、原子の高分解能分光技術を並列処理・微細化などの長所を兼ね備えた画期的な情報センシング及び通信技術へと展開するためのキー・テクノロジーである。当該研究を遂行する上では、多くの原子では共鳴波長が 400 nm 程度以下の領域に存在しているので、光源の開発と整備が技術的に深刻な課題となる。このような光源としては、コスト・信頼性・周波数制御性能などの点から半導体レーザー (LD) をベースとした光源が理想的であり、そのような光源の開発が現在強く望まれている。最近発明された紫色 LD は発振波長域が 400 nm 前後にある新しいレーザーであり、前述の理想的な光源を実現するために有望なレーザーではある。しかし、今のところ紫色 LD チップ単体では、モードホップや多モード発振などの現象が発生するため、高分解能分光用光源として必要な性能を発揮できていない。

そこで本研究では、紫色 LD チップに対して光学的な操作を加え、原子の高分解能分光用光源として使用できる LD ベースの紫色狭帯域チューナブル光源を開発することを目的とした。具体的には回折格子を用いた光フィードバックの方法を紫色 LD チップに適応して、光源のシングルモード発振とチューナビリティの向上を同時に達成することを試みた。

## 2 実験と装置の配置

本実験で採用した実験配置を図1に示す。紫色 LD チップ (Nichia NDHV310APC) を、温度制御機能の付いた LD 専用ドライバー (ネオアーク DPS - 6001) を用いて動作させた。紫色 LD から出射した光をコリメーティングレンズで平行化し、浅い角度で回折格子 (溝数 1200 本/mm) に入射させた。このときに発生した1次回折光をミラーで反射させた。このミラーは、反射光を来た経路を逆に進ませるような配置をしていて、これにより回折格子で波長選択した光を LD にフィードバック (光フィードバック) させ、スペクトル線幅の狭窄化をはかる。波長のチューニングは、まずミラーの角度を変えてフィードバックさせる光の波長を調節し粗調を行い、そのあとミラーの位置をアクチュエーターで制御し共振器長を変化させることにより

微調した。目安として共振器長が約 5 cm となるような位置にミラーを配置した。回折格子からの反射光は、高分解能分光用レーザー出力光として取り出し、その一部をファブリーペロー干渉計 (フィネス 103、自由スペクトル領域 250 MHz) 及び波長計 (Coherent Wavemate-DX) に入射させ、LD 光源の特性 (スペクトル線幅と発振波長) を評価した。

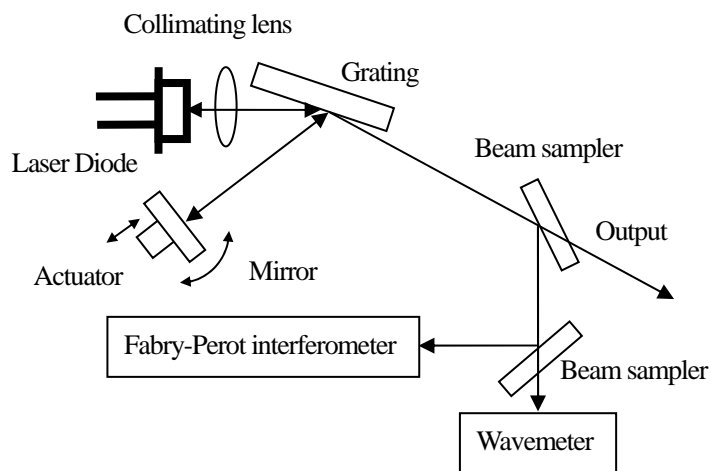


Fig. 1

### 3 実験結果

LD チップ単体動作での発振波長を測定した結果、波長表示不能か0.1 nm の精度でしか波長の値を表示できなかった。このことから、LD チップ単体では多モード発振、あるいは数十ギガヘルツ以上にわたるブロードな周波数幅での発振であると推測できる。これに対して、上記実験配置で LD を動作させたところ、波長計で1 pm の精度で値を表示させることができた。このことは同じLD チップを使用しても、図1の実験配置で光源を構成することにより著しくスペクトル線幅が狭窄化されていることを示唆している。そこで、このときの LD からの光をファブリペロー干渉計へ入射させてスペクトル線幅を計測することとした。このときの結果を図2に示す。この図の横軸は干渉計長、縦軸は光強度に対応する。鋭い干渉フリンジが観測され、この結果からレーザー光は狭帯域の周波数成分からできていることが判った。2つのピークの間隔は250 MHz であるので、これよりレーザー光のスペクトル線幅を見積もると、8 MHz という値が得られた。我々は将来この光源を用いて Yb 原子の分光実験を進める予定であるが、その吸収スペクトルの自然幅は28 MHz なのでこの光源のスペクトル線幅のほうが圧倒的に狭いことになり、Yb 原子の高分解能分光用光源として相応しい性能を発揮できたとと言える。

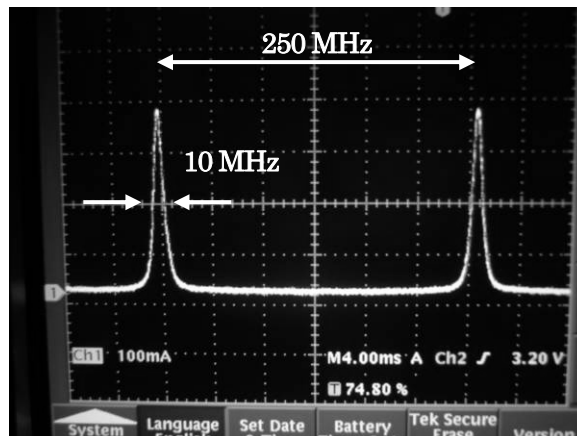


Fig. 2

続いて、図1で構成した光源のチューナビリティと出力パワー値を計測した。今回の測定では、もっとも短い波長の値で398.774 nm、もっとも長い波長で399.738 nm が測定された。LD の光フィードバックで用いるミラーの角度や、共振器長制御用のアクチュエーターに印加する電圧によって、これら2つの値の間の波長で図1のレーザー光源の発振波長を同調できることを確認した。前述の Yb 原子は波長398.912 nm に吸収線を有しており、この値は今回の実験で開発した光源のチューニング・レンジに含まれていることも判った。光出力も上記の波長範囲で2 mW を超えたパワーが観測されており、LD 単体での出力値（5 mW）の約半分の値は確保することができた。これらの2つの出力値の差は、フィードバックに使用した分の光のパワー・ロスと、コリメーティングレンズなど光学部品の表面による反射により生じたと考えられる。

### 4 まとめ

紫色 LD に対して回折格子を用いた光フィードバックを適応し、発振スペクトル線幅の狭窄化、波長チューナビリティの向上を達成した。LD 単体では不可能なシングルモード発振が実現し、チューニング能力の高い紫色 LD 光源を開発することが出来た。ただ現在のところ、今回開発した光源ではシングルモード発振を維持できる時間に制限があり、動作が不安定であるという欠点も明らかとなった。この原因は、LD とフィードバック用ミラーによって複合共振器が構成されている点にあると考えられる。当面は共振器構造を堅牢な構造に組み直したり、新たな発振周波数安定化機構を付与するなどを試み、実用的な高分解能分光用紫色光源の完成に向けて研究を継続したいと考えている。