

半導体レーザーと周波数安定化の研究 その2

量子物質工学科 0013031

桑田 武

1、背景

本研究室は冷却準安定状態アルゴン原子と表面の相互作用を研究する予定であり、磁気光学トラップの作製を準備中である。

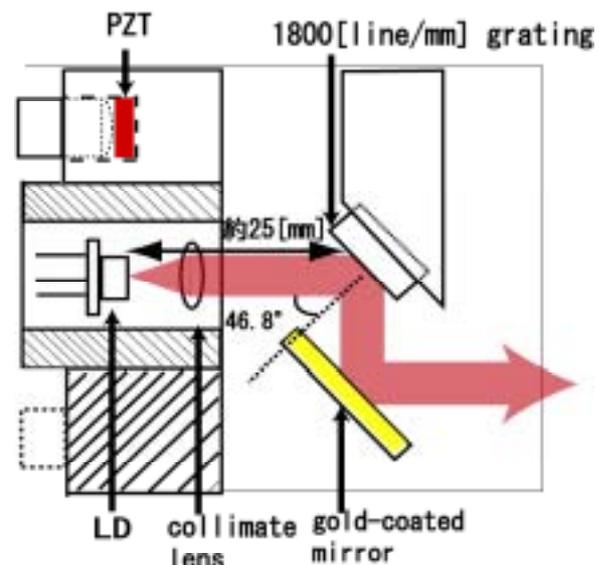
2、目的

冷却遷移用の $\lambda = 811.754 \text{ nm}$ を発振する外部共振器型半導体レーザーの製作と磁場変調法による周波数安定化を目的とした。周波数安定度は約 1 MHz 以内を目標とした。原子を冷却するには共鳴周波数よりも低い周波数で安定化したレーザーが必要であり、偏向分光法では、共鳴周波数は得られるがそれより低い周波数は得られないので、磁場変調法により周波数の安定化を行なった。

3、製作

3 - 1 上面図

これは製作した半導体レーザーの上面図である。回折格子には 1 mm あたり 1800 本の溝がほってある。レーザーの周波数を安定化させるため回折格子からの1次光をLDに戻し、LDと回折格子で共振器を組むリトロ配置、つまり $\theta = 46.8^\circ$ になっている。ミラーはレーザーの出射方向が常に同じ方向になるように回折格子に対して平行に設置してある。



外部共振器型半導体レーザーの上面図

3 - 2 リトロー配置

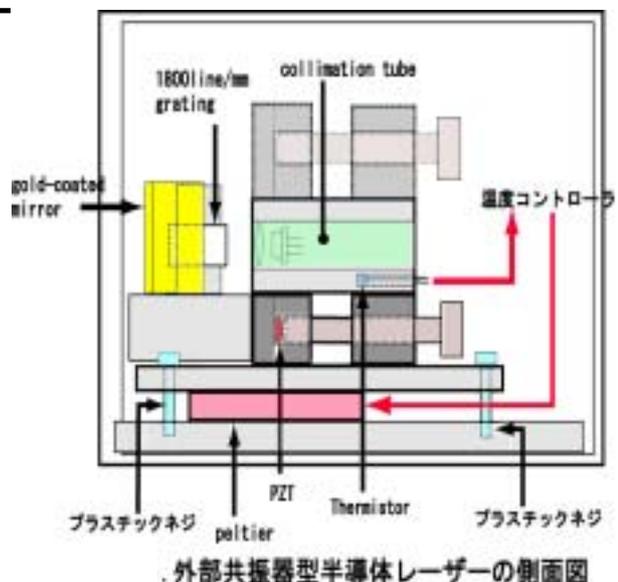
LD からのビームの入射角と、grating からの 1 次光の出射角を共に とすると、発振波長 と grating 角 の関係は次のようになる。

$$\lambda = 2d \sin \theta \quad d \text{ は格子定数}$$

発振波長が、 $\lambda = 811.754[\text{nm}]$ 、
格子定数が $d = 1/1800[\text{mm}/\text{lines}]$ なので、
回折格子の設置角は $\theta = 46.8^\circ$ になる。

3 - 3 側面図

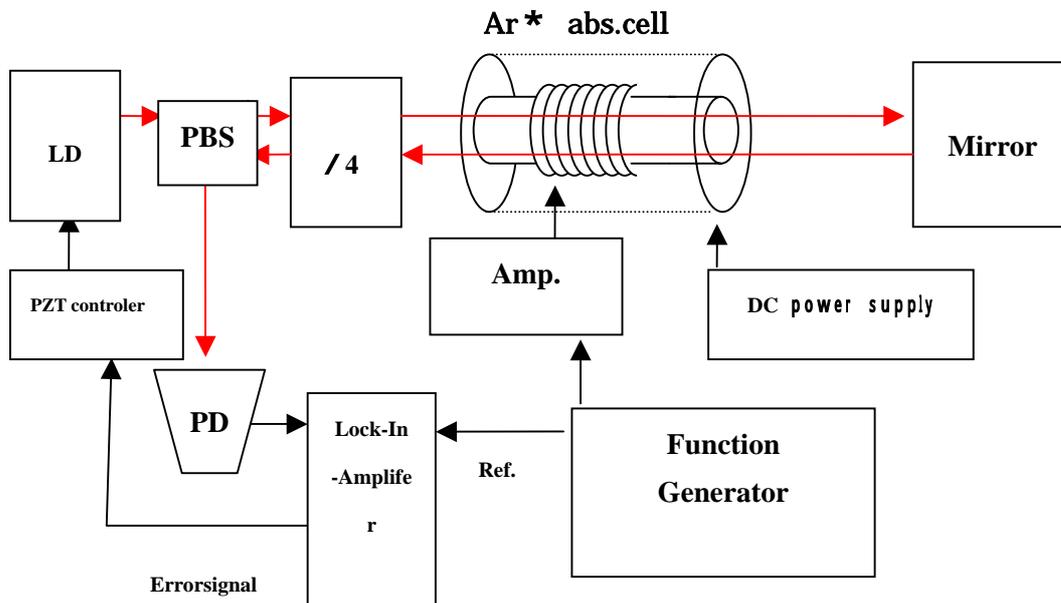
図は、製作した半導体レーザーの側面図である。ペルチエをはさむ 2 つのアルミ板間の熱伝導を少なくするためにプラスチックねじを使用した。レーザーのコリメーションは 5m 先の地点で焦点があうように調節した。回折格子と LD の間の距離は 25 mm なので 5 m 先に焦点をあわせると回折格子には平行光があたることになる。



外部共振器型半導体レーザーの側面図

4、磁場変調法

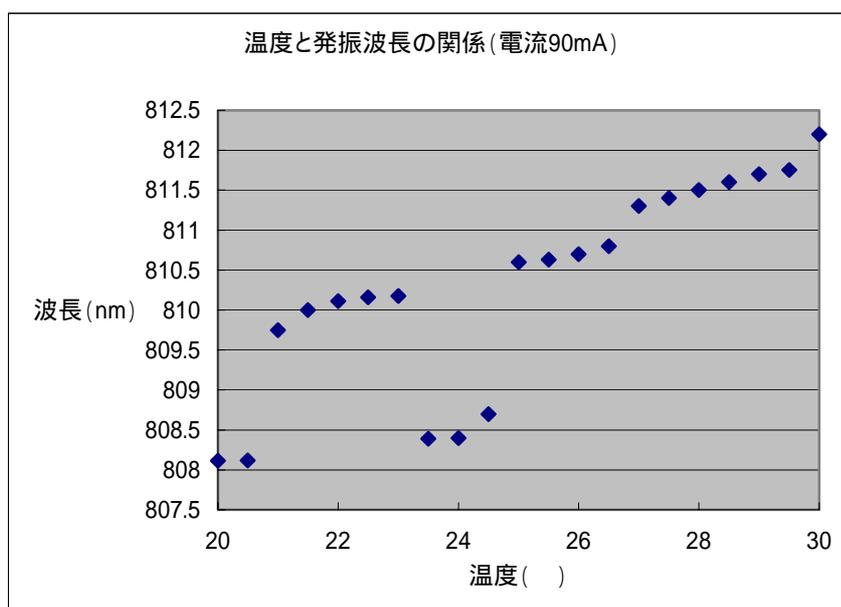
下図は、実際の実験の配置図である。レーザーの周波数を安定化させるためには、まずレーザー光をアルゴン放電セルの中に通す。内側のコイルによりセルに微小な磁場をかけると、ゼーマン効果により原子のエネルギー準位が変動するので、レーザーとの共鳴周波数も微小振動する。その信号をロックインアンプで測定し、微分信号を得る。この信号をピエゾにフィードバックすることによって、回折格子の角度が微調整されて周波数が安定化される。外側のコイルによってセルに比較的大きな磁場をかけるとゼーマン効果により共鳴周波数をずらすことができる。このことにより共鳴周波数よりも数 10MHz 離れた周波数でレーザーを安定化することが可能である。



5、測定結果

5 - 1 温度特性

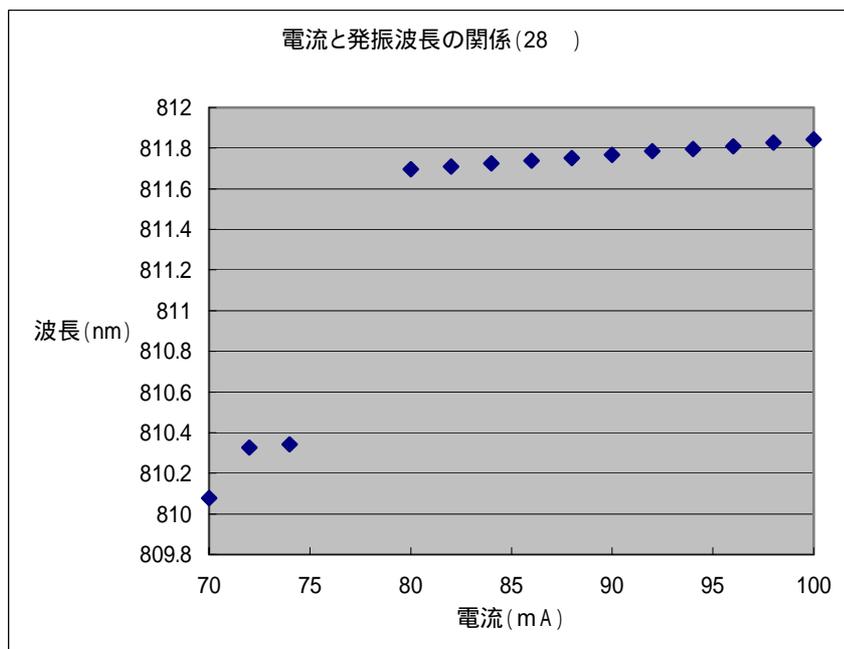
下図は、温度と発振波長の関係である。LD には 90mA の電流を流



した。28 度付近で目標とする 811.754nm が発振された。

5 - 2 電流特性

下図は、電流の大きさと発振波長の関係である。温度は 28 度で一定にした。91mA で目標とする 811.754nm が発振された。



6、まとめ、今後の課題

= 811.754nm の発振に成功。今後、磁場変調法による周波数の安定化を達成させる。