

# レーザー装置の温度と波長の関係

3年A組 小池 剛央

3年C組 大村 啓輔

指導教諭 末谷 健志

## 1. 要約

私たちはペルチェ素子を用いて、半導体レーザー装置の温度と出力されるレーザーの波長の関係についての研究を行った。その結果、半導体レーザーの温度が上がるほど、出力されるレーザーの波長が長くなることが分かった。

キーワード 温度変化、温度差、ペルチェ素子、回折、回折格子、干渉、  
レーザー装置、波長

## 2. 研究の背景

前回の研究成果によって、ペルチェ素子を用いた冷却装置が完成した。この装置は、零下まで温度を下げる事が可能であるとともに、水分のある物質を用いていないために、温度を下げる物体を濡らさない点で優れている。今回の研究は、この冷却装置で半導体レーザーの温度を変化させ、出力されるレーザーの波長の変化を調べた。

## 3. 目的

回折格子を用いて、レーザー装置から出力されるレーザーの波長が、装置の温度によって、どのように変化するかを調べる。

<用語について>

### 回折

反射や屈折によらず波の伝わる方向が変わる現象のこと。

### 干渉

二つ以上の同一種類の波動が同一点に会したときに、その点において互いに強め

あったり弱めあったりする現象のこと。

### レーザー

位相が揃っている整った光のこと。

### 回折格子

透明の板状のプラスチックの表面に1センチあたり何千本という数の溝が彫られており、光はそこを通ることができない。つまりこれはスリットの働きをすることができる。また溝と溝との間隔のことを格子定数という。

## 4. 研究内容

### (1) 仮説

半導体レーザーの温度を上げると、出力されるレーザーの波長が長くなる。

### (2) 実験方法

<実験原理① 光の干渉について>

光が単スリットを通過するとき、光はそのスリットを波源として空間に広がる(図1)。それをダブルスリットに通すと波動が2つでき、波動同士が重なりあう。す

ると波長の強め合う所と打ち消しあう所ができる (図2)。これを光の干渉という。

図2では、波長の最も高い頂点と最も低い頂点を結んだ線をそれぞれ線と破線で表している。つまり線から線、破線から破線までが1周期、1波長といえる。同じ種類の線が交わる交点では波は強めあう。つまり光の強さは増幅され明るくなる。

また、図3に示すように、入射するレーザーの進行方向にのびる光の筋は最も明るくなり、0次像という。そして次に明るくなる筋を+1次像および-1次像という。

波源Aから出た光および波源Bから出た光が、ちょうど重なり合ったときになったときに光は強め合う。従って、0次像ができる点では、2つの波源からの距離が等しくなるので、波はちょうど重なり合っ、強め合う。

0次像ができる外側では、2つの波源からやってくる波はずれてしまい、強め合うことはない。しかし、0次像から徐々に離れていくと、再び2つの波源と距離がちょうど1波長分ずれたところで、その点においては波がちょうど重なり合うために強め合う。これが1次像のできる点である。

従って、1次像ができる点をCとすると、

$$|AC - BC| = \lambda$$

が成り立つ。

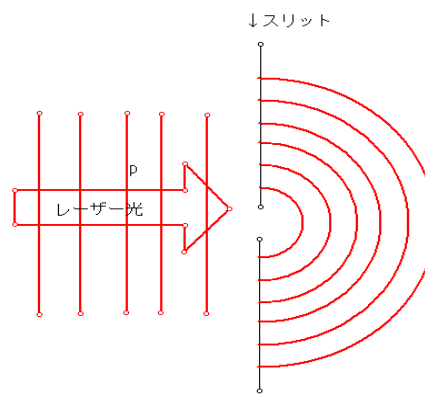
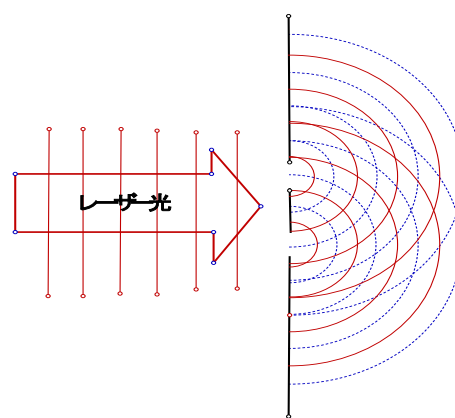


図1



—— 波長の最も高い点を結んだ線  
 - - - - 波長の最も低い点を結んだ線

図2

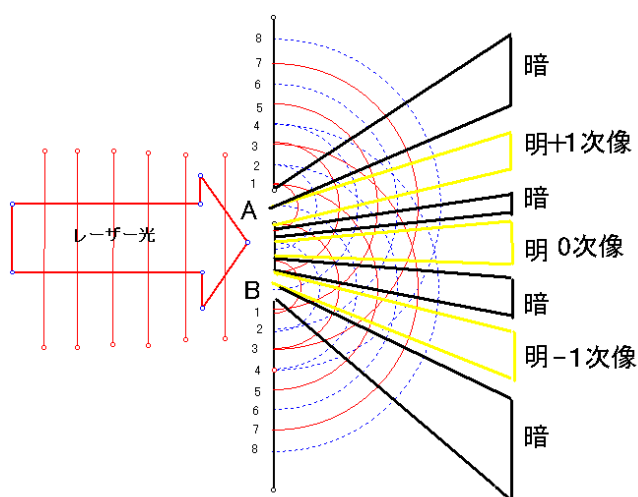


図3

＜実験原理② 波長λの測定について＞

光の干渉を利用すると、光の波長を求めることができる。

図4は、今回の実験の簡単な模式図を示している。レーザー装置からレーザー光が出て、スリットを通りスクリーンに映し出されるまでを表している。説明を簡潔にするため0次像と1次像以外は省いている。

図中のxは0次像と1次像の距離を表している。またLはスリットとスクリーン間の距離を表している。ここで、スリットから1次像までの斜辺の長さはピタゴラスの定理により、x, Lで表すことができる。

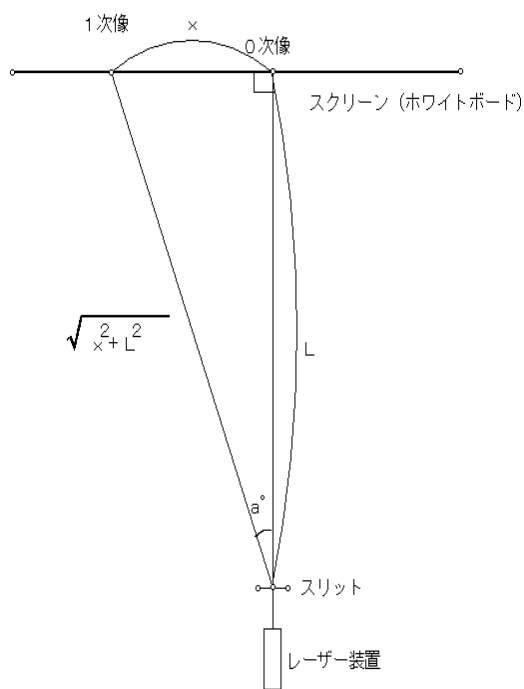


図4

次に図5を説明する。この図は、回折格子にレーザー光が通過するときの様子を拡大視して表している。P、Q、Rがスリットの穴を表していて、dが格子定数、線分CDがQとRからできた0次像と1次

像で違う一波長分の長さ、つまりλを表している。このとき、

$$a^\circ + b^\circ = 90^\circ .$$

また、 $b^\circ + c^\circ = 90^\circ$  だから、

$$a^\circ = c^\circ$$

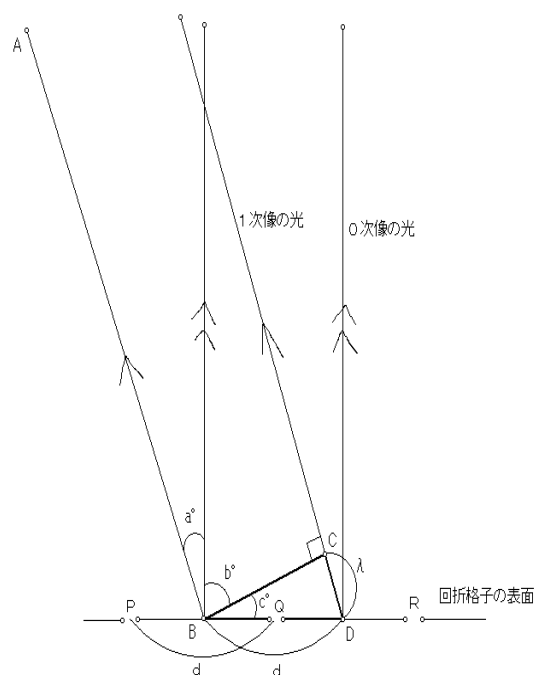


図5

すると、図4における、1次像と0次像、そしてレーザー光がスリットを通過している点を結んだ三角形と、図5の三角形BCDとが、互いの2角が共に等しいため、相似の関係があることが分かる。

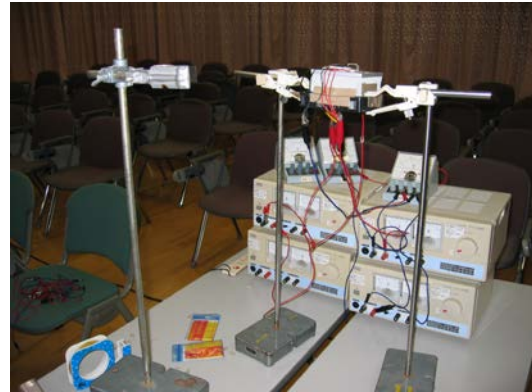
相似の関係を持つ三角形は対応する辺の比が等しい。このことから、次式に示すように光の波長λをd, x, Lで表すことができる。

$$\sqrt{x^2 + L^2} : x = d : \lambda$$

この式を $\lambda =$ の式に変換  
すると...

$$\lambda = d \frac{x}{\sqrt{x^2 + L^2}} \text{ となる。}$$

つまり、回折格子の格子定数  $d$  が分かり、  
0 次像と 1 次像の距離  $x$  を実験で求めるこ  
とができれば、波長  $\lambda$  を計算から導くこと  
ができる。



#### <実験方法について>

そのため  $L$  の値はメジャーで測り、10  
22.2 mm に設定した。またレーザ  
ー装置の温度調節をするためのペルチエ  
素子は直接セロハンテープで固定させ、ペ  
ルチエ素子とレーザ装置の温度は放射  
温度計で測定した。その実験の様子の写真  
を下に載せる。



### (3) 実験結果

回折格子とスクリーンの距離

$$L = 10.0\text{m}$$

回折格子の格子定数

$$d = 5.0\ \mu\text{m} \quad (1\text{cm} \text{につき} 2 \text{千本})$$

装置の温度とレーザー波長の関係

※資料に添付

## 5. 考察

実験結果は予想通り 0 次像と 1 次像の間の距離  $x$  が広がるにつれて光の波長  $\lambda$  も長くなるというものになった。この理由について、私たちは以下のように考えた。

レーザー装置は、レーザー光を発生させるための共振器（キャビティ）と、その中に設置された媒質、および媒質をポンピング（電子をより高いエネルギー準位に持ち上げる）こと）するための装置から構成される。キャビティは典型的には、2 枚の鏡が向かい合った構造を持っている。波長がキャビティの長さの整数分の一となるような光は、キャビティ内をくり返し往復し、定常波を形成する。このとき、熱でキャビティの構造を構成する部品が膨張しキャビティの距離が長くなってしまったために通常時よりも長い波長の光しか共振条件を満たさず、より長い光の波長しか存在できないため、レーザー装置の温度を上昇させるとレーザー光の波長が長くなるので

はないかと予想を立てましたが、今回は実際に確認することは残念ながらできませんでした。

## 6. まとめと今後の課題

今回の実験のまとめは、レーザー装置の温度を上昇させるとレーザー光の波長が長くなるということがわかりました。今後の課題は今回の実験で立てた予想が本当に正しいかどうかを確認することです。

## 7. 参考文献・サイト

<http://www.fujitaka.com/peltier/experience/experience2.html>

[http://www.n-tecmo.co.jp/custama/per\\_gen.htm](http://www.n-tecmo.co.jp/custama/per_gen.htm)

<http://www.ohmdenki.com/boxcool/catalog/peltier.htm>

<http://nkiso.u-tokai.ac.jp/phys/matsura/lecture/general/presentation/Diffract/Diffract.files/frame.htm>

<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%A%E3%83%BC%E3%82%B6%E3%83%BC>

## 8. 謝辞

末谷先生今回の研究でいろいろと教えていただきありがとうございました。またその他の実験や研究を指導して下さった先生方ありがとうございました。

## 9. 資料

### (1) 実験数値データ

レーザー装置の温度 (°C)	0 次像と 1 次像の距離 (cm)	レーザーの波長(nm)
2°C	135.0	669
°C	137.2	672
40°C	137.8	683
59°C	138.1	684

### (2) レーザー装置の温度とレーザー波長の関係

