

## 半導体レーザー光源の物理実験への活用

富山 哲之\*・満田 浩一\*\*

(昭和63年10月31日受理)

### Applications of Laser Diode Light Source to Physics Experiments

Noriyuki TOMIYAMA, Kouiti MITUTA

(Received October 31, 1988)

#### 1. はじめに

光の波動性は高校物理の教科書の中で初めて取上げられ、このことに関する実験や観察の重要性は言うまでもない。日常、目にふれるコンパクトディスクおよびレコード盤、しゃぼん玉、水面上の油膜の色づきの現象は光の波動性を決定づける重要な回折・干渉現象である。このような現象を利用して光の波長や薄膜の厚さ等の測定を行うためには単色光源、測定器械・器具、暗室設備等が必要である。現在、教育実験用の単色光源にはアークランプ、ガス放電管、ガスレーザー装置等がある。中でも He-Ne ガスレーザー装置は高い出力の得られる可視光源として普及しつつある。He-Ne ガスレーザー光を用いた光学実験<sup>1)</sup>、教育用 N<sub>2</sub> ガスレーザー装置の製作例<sup>2)</sup>等の報告が多数あり、ガスレーザー光源を用いた光学実験が積極的に教育の場に取り入れられている。唯、ガスレーザー装置は比較的高価であり、このような装置を自作するにしても高度な技術を要する。

そこで、我々は誰でもが容易に、安価に製作できる小形、軽量の単色光源として半導体レーザーに着目した。これは、最近、光通信、光情報処理装置等の光エレクトロニクス用光源としての応用が活発化している。赤外領域のレーザー素子が多いために教育実験への応用例は数少ない。その中で、レーザー素子の高速変調性を利用した光速度の測定<sup>3)</sup>がなされ、可視のレーザー光を光軸合せに利用している。

本稿では、可視半導体レーザー装置の製作法、およびその装置を用いた回折・干渉実験の結果について報告する。

#### 2. 半導体レーザー装置の製作法

半導体レーザー素子(シャープ製 LT022WS0)のパッケージは円筒形(直径0.35cm, 高さ0.30cm)を成す。レーザーチップはこの中に格納されている。この素子は次のような特性<sup>4)</sup>を持つ。許容出力は 5 mW, 逆電圧は 2 V, これらの値は素子を連続動作させるときの

---

\*長崎大学教育学部物理学教室, \*\*長与町立南小学校

最大許容値を表す。レーザー発振開始電流, しきい値電流は42mA, 発振スペクトルは単一モード, 発振波長は780 nm である。

半導体レーザー (LD) の駆動回路<sup>5)</sup>を図1に示す。直流安定化電源は市販品を用いた。電源の出力側に少数の抵抗, コンデンサー類と半導体レーザー素子, モニター用電流計から成る定電流回路を作る。図2に示すようにレーザー素子のパッケージは周囲温度上昇を防ぐためにアルミニウム製の放熱板 (9×5×0.3 cm<sup>3</sup>)に装着した。パッケージに内蔵されている受光素子 (PD)は, この回路では使用しない。レーザー発振出力は電源の電圧調整用可変抵抗で調整する。電源の出力電圧約8 Vのとき, レーザー素子の印加電圧は許容限度に達する。本実験では5.5Vの出力電圧の条件下でレーザー発振を起させた。

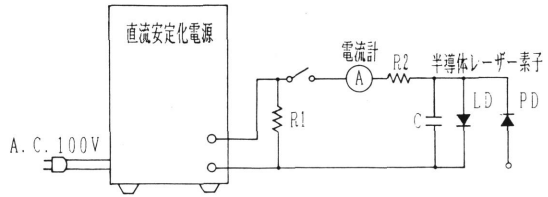


図1 半導体レーザー駆動回路図

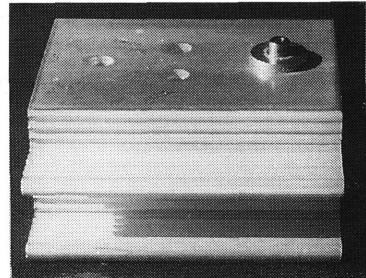


図2 半導体レーザー光源の外観  
アルミニウム製の放熱器とレーザー素子 (右上) から成る。

### 3. 実験および結果

#### 〔1〕 光の波長の測定

回折格子による光の波長の測定方法は高校や大学物理における学生実験で頻繁に取上げられる事例<sup>6,7)</sup>である。

格子定数  $d$  の透過型回折格子に波長が  $\lambda$  の単色光を垂直に入射させると

$$d \sin \theta_m = m\lambda \quad (m=0, \pm 1, \pm 2, \dots) \tag{1}$$

を満足する方向に明るい回折像を生じる。ここで,  $\theta_m$  は  $m$  次の回折像に対応する回折角である。図3に示すように, 回折格子の直前から光源の方を眺めるとき, 格子を回折して生じた回折像はスクリーンの位置にあるように見える。

このときの  $m$  次の回折像と光源と重なる 0 次の像との距離を  $\Delta x_m$  とする。回折格子面とスクリーンとの垂直距離を  $L$  として

$$\sin \theta_m \doteq \Delta x_m / L \tag{2}$$

となる。光の波長  $\lambda$  は, (1)と(2)により

$$\lambda \doteq d\Delta x_m / mL \tag{3}$$

となる。

光の波長を測定するための回折格子実験器<sup>6)</sup>の改良形を作成した。図3に示すように木製の板A (95×4.5×1.4cm<sup>3</sup>), B (105×6.0×1.4cm<sup>3</sup>)を用いる。板Aの木表の中央下部に板Bの木口をあて, 互いに直交するようにT字形に取付ける。各々の板の木表の中心線に沿ってスチール製テープメ

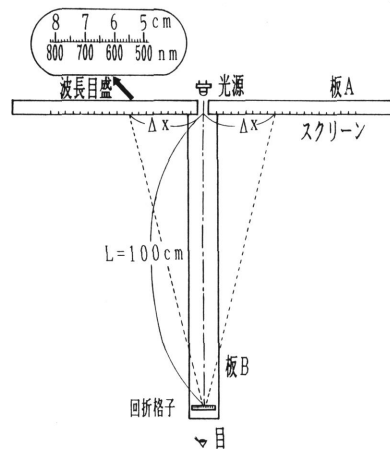


図3 回折格子実験器の概略図

ジャーを張付ける。光源の光を通すために板Aの中心部に直径0.5cmの穴をあける。穴の中心と回折格子(3.9×3.6×0.45cm<sup>3</sup>)の格子面の中心との垂直距離を100cmに保持できるように、L金具を用いて板B上に回折格子を固定する枠を作る。格子定数 $d$ が $10^{-3}$ cmの回折格子を用いたので、板Aの穴を中心とする左右10cmの範囲の尺度目盛に波長(nm)を目盛った。半導体レーザー光源を取付けた測定装置を図4に示す。

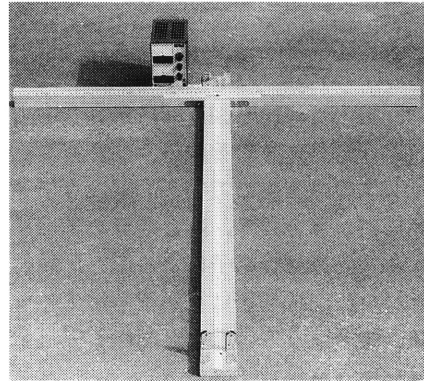


図4 測定装置の外観

この装置は回折格子と波長を目盛ったスクリーンを1つの基台に固定したところに従来の装置と異なる特長がある。波長を目盛った範囲で(2)式の近似は十分成立する。この範囲の尺度面に1次の回折像が現れる。その位置を読取れば光源の波長が直ちにわかる。半導体レーザー光の波長は $7.8 \times 10^2$ nmであった。

## 〔2〕 回折・干渉像の観察

図5(a)に示すように半導体レーザーの光源の直前にピンホールや単・複スリット、回折格子等の観察試料を置き、これらの試料面にレーザー光を垂直に入射させると回折・干渉像を直接目で見る事ができる。安全上、レーザー発振出力をできるだけ下げて防護用眼鏡を着用して観察するのが良い。格子定数の小さな回折格子による像を観察したり、それらを写真記録する場合は図5(b)の読取り顕微鏡の測定台にレーザー光源を固定する。レーザー素子のチップ面に焦点を合せた後、光源の直前に試料を置いて観察した。写真撮影は光学顕微鏡用撮影装置を顕微鏡の接眼部に装着して行った。(1)、(2)に観察試料の作成方法と観察結果を述べる。図6(a)、6(b)に回折・干渉像の光学顕微鏡写真(倍率40倍)を示す。

### (1) 単スリットの場合

単スリットは安全カミソリの刃2枚を用い、両方の刃を向い合せてスライド用マウントに固定し反復使用した。スリット幅 $1.5 \times 10^{-2}$ cmの単スリットによる回折像を図6(a)に示す。中央に最も明るく広がりの大きい像があり、その外側に左右対称に同じような像を生じている。高次の回折像の明るさと幅は可成り減少している。

### (2) 複製回折格子の場合

回折格子は比較的高価である。これを多数使用する場合はフィルムレプリカ法<sup>8)</sup>による複製の回折格子を作成する方法がある。この方法によりアセチルセルローズフィル

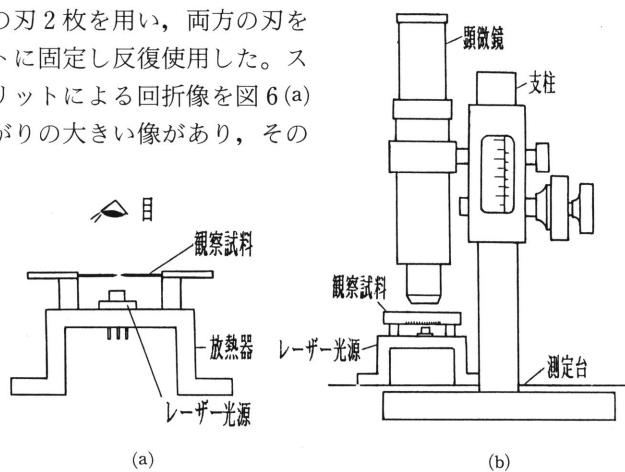
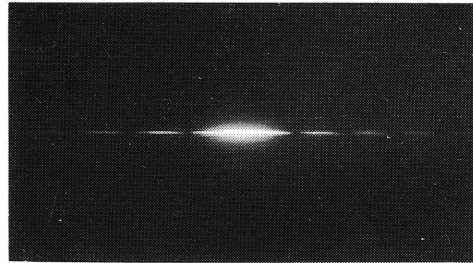


図5 実験装置の概略図

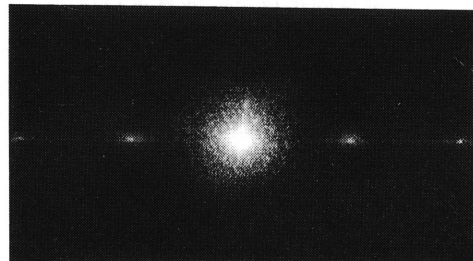
(a) 回折・干渉像観察器, (b) 読取り顕微鏡

ムを用いて、格子面のレプリカ膜を作り、これを2枚の清浄なスライドガラスに挟み反復使用した。格子定数 $d$ が $10^{-3}\text{cm}$ の複製格子による回折・干渉像を図6(b)に示す。中央に0次の干渉像があり、その外側に左右対称に1次、2次の像を生じている。隣合う格子間隔が非常に小さいので、隣合う像の間隔は可成り大きい。原回折格子による像と比較して遜色はない。回折格子は言わば多重スリットである、複スリットの場合と同様な回折・干渉効果が現れる。

読取り顕微鏡で測定した図6(b)の隣合う像の間隔 $\Delta x_m$ は $0.149\text{cm}$ となる。回折格子面と顕微鏡像との距離 $L$ を〔1〕の(3)式から導くと $1.90\text{cm}$ を得る。格子定数 $d'$ が未知な回折格子による隣合う像の間隔 $\Delta x_{m'}$ の測定値は $0.299\text{cm}$ であった。(3)式から $d'$ を導くと $4.98 \times 10^{-4}\text{cm}$ を得る。即ち、この回折格子の単位長さ当りの格子線総数は約2000本である。



(a)



(b)

図6 回折・干渉像

(a) 単スリットの場合、(b) 複製回折格子の場合

#### 4. おわりに

製作した半導体レーザー装置の特色は可視の発振光、小形・軽量、低電圧動作、操作が簡単、低出力で安全、長寿命等である。製作費はガスレーザー装置の製品価格に比べて十分の一以下である。この装置を光源として簡易な実験装置を用いて光の波長の測定や回折・干渉実験を行うことができる。このような実験や観察を通して、レーザー光の優れた可干渉性や単色性、指向性の良い高輝度な光であること等の独特な性質を学習者に理解させることができる。

以上のように、この光源は身近なレーザー光として、学習者の目を引き付け、学習への動機付けに十分活用できるものと考えられる。

今後、半導体レーザーの発振波長の短波長化、高出力化された商品が市場に出回るようになれば、教育実験用光源としての利用が増加するものと期待される。

終りに臨み、有益な助言を戴いた本学部物理学教室福山豊教授に謝意を表する。

#### 参考文献

- 1) 田中昭夫：日本物理教育学会誌，32 (1984) 271.
- 2) 宮沢まゆみ，橋本勝巳，吉川 晃：日本物理教育学会誌，36 (1988) 25.
- 3) 津留俊介：日本物理教育学会誌，34 (1986) 231.
- 4) シャープ(株)編：半導体レーザー・データシート (1987).
- 5) 日立(株)編：半導体レーザー・アプリケーションノート (1987).

- 6) 例えば、伏見康治他編：高等学校物理教科書，数研出版（昭和57年）281.
- 7) 下村健次編：基礎物理学実験，共立出版（昭和55年）73.
- 8) 日本電子顕微鏡学会関東支部編：電子顕微鏡試料技術集，誠文堂新光社，（1970）42.