

N5 位相共役光を用いた外部共振器型半導体レーザ光源の構成とその評価

齊藤 剛* 鈴木 孝昌** 佐々木 修己**

*新潟大学大学院自然科学研究科 **新潟大学工学部

1. はじめに

光源に半導体レーザ (LD) を用いて、位相共役光 (以下 PCW) を発生させると、PCW は入射光がたどってきた経路を正確にさかのぼっていく自動焦点作用によって、光源であるレーザに「戻り光」としてもどる。この「戻り光」は LD に不安定性を引き起こし、LD の発振状態をマルチモード化させるため、従来は光アイソレータで除去する必要があった。しかし、リットマン型の光外部共振器¹⁾を構成することにより、半導体レーザのスペクトルや発振波長を制御できる可能性がある。そこで、リットマン型光外部共振器を用いることにより、この「戻り光」の影響を抑えることができるのではないかと考え、干渉信号のビジビリティと半導体レーザのスペクトルを測定し、考察をおこなったので報告する。

2. リットマン型光外部共振器の原理

図1のようなリットマン型光外部共振器では、レーザから出た光を回折格子に入射させ、その1次光をミラーにより垂直反射させることによりレーザとミラーの間で光共振器を構成している。この時、反射 θ_r 角は、波長 λ と入射 θ_i 角の関数となり、式(1)で表される。

また、半導体レーザの発振波長はブロードな特性をもつので、1次光の反射角はその波長に応じて変化する。式(2)に示すように、ミラーを回転させ、その反射面に対する特定の角度($\theta_r + \Delta\theta_r$)で反射してきた光が垂直になると、その波長($\lambda + \Delta\lambda$)の光のみがレーザに戻る。これにより、特定の波長で光共振が起こる。

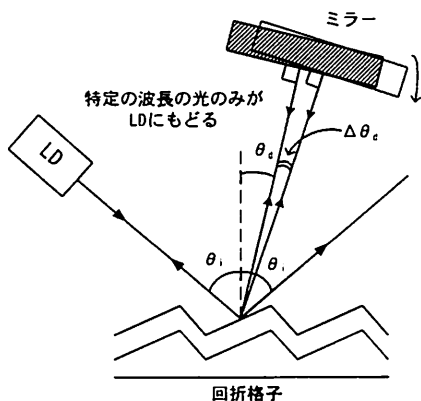


図1 リットマン型光外部共振器

$$\theta_r = \sin^{-1} \left\{ \frac{\lambda}{d} \pm \sin \theta_i \right\} \quad (1)$$

$$\theta_r + \Delta\theta_r = \sin^{-1} \left\{ \frac{\lambda + \Delta\lambda}{d} \pm \sin \theta_i \right\} \quad (2)$$

3. 実験装置の構成

図3に実験装置の構成を示す。LD (光出力50mW, 発振波長685nm) から出射した光をレンズにより平行光にし、ビームスプリッタ1 (BS1) を通してブレード回折格子に入射させる。回折格子で発生した1次回折光を利用してリットマン型光外部共振器を構成し、M2により光共振状態とする。また、回折格子の0次回折光を自己励起型位相共役鏡 (以下 SPPCM) に入射し PCW を発生させると、LD-SPPCM 間で光共振器が構成できる。それぞれの場合において、BS3 から直接のレーザ光を取り出しスペクトルアナライザによりレーザの発振スペクトルを測定した。BS1 で取り出した光は、トワイマン・グリーン型干渉計に入射し、PZTを周波数1kHzの正弦波で駆動させてフォトダイオード1 (PD1) で干渉信号を観測した。リットマン型光外部共振器の回折格子には、ブレード回折格子 (格子周波数1200本/mm) を用いた。

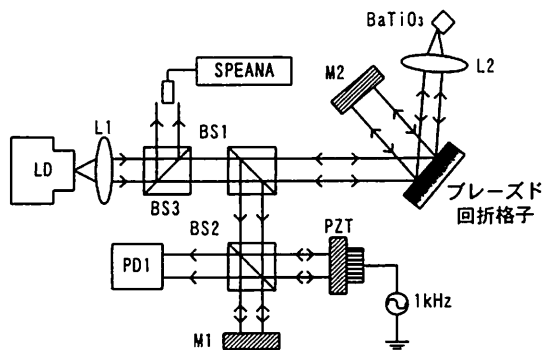


図3 実験装置

4. 実験

実験 I : リットマン型光外部共振器において、ミラーを $\theta = 1.25 \times 10^{-3}$ [rad] づつ回転させていき、その時のレーザのスペクトル変化を測定した。

実験Ⅱ：図3の実験装置において、以下の状態によりPD 1で観測した干渉信号のビジビリティとレーザ光のスペクトルを同時に測定した。

- ①光外部共振器のみを用いた状態
- ②PCWを発生させたのみの状態
- ③光外部共振器とPCWの発生を同時に用いた状態
- (③では、初めPCWを発生させたあとに光外部共振器を入れ測定を行った。)

実験Ⅲ：トワイマン・グリーン型干渉計からの戻り光がレーザ光源に入射し、初めから干渉信号のビジビリティが低下している状態で実験Ⅱと同様の実験を行った。

5. 結果

実験Ⅰ：リットマン型光外部共振器においてミラーを回転させていったときのグラフを図4に示す。この時、ミラーを回転させることによってレーザ光の発振スペクトルのピークがシフトしていることが、図4よりわかる。
 実験Ⅱ：通常の状態での干渉信号のビジビリティは47.5[%]、①の時は56.5[%]、光外部共振器によってビジビリティが改善された事がわかる。②では13.5[%]となり、PCWの戻り光によりコヒーレンシーが劣化しビジビリティが減少している。③では光外部共振器を入れた直後には、光外部共振器の影響でレーザスペクトルがシフトするため56.5[%]と一時的にビジビリティが向上する。しかし、時間が経つにつれビジビリティが変化し、干渉信号が安定した状態ではPCWの影響が再び強くなるためビジビリティは12.2[%]と減少する。また、その時のレーザスペクトルのグラフを図5～8に示す。
 実験Ⅲ：通常の状態での干渉信号のビジビリティは20.0[%]①の時は63.3[%]で、光外部共振器によってビジビリティが改善されている。②では60.6[%]となった。PCMとLDとの間で生ずる光共振によって干渉計からの戻り光の影響が緩和され、ビジビリティが改善されたのだと考えられる。③では63.3[%]となり、①と同じ値となっている。これより、光外部共振器の影響がPCWより強いことがわかる。

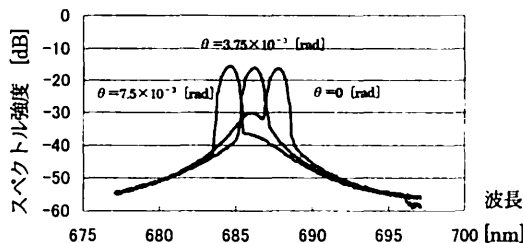


図4 リットマン型光外部共振器のミラーの角度変化におけるスペクトルの変化

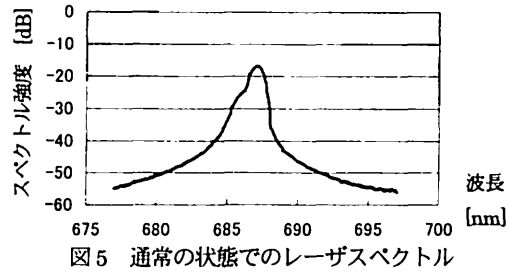


図5 通常の状態でのレーザスペクトル

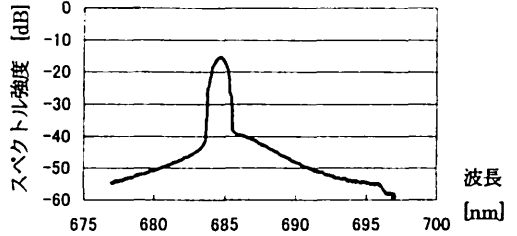


図6 ①光外部共振器のみを用いた時のレーザスペクトル

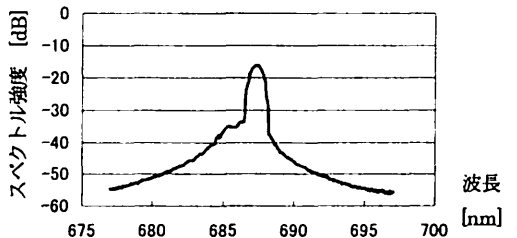


図7 ②PCWのみを用いた時のレーザスペクトル

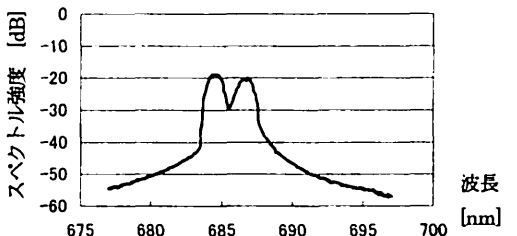


図8 ③PCW+光外部共振器の時、干渉信号が安定した状態でのレーザスペクトル

6. まとめ

リットマン型光外部共振器を構成した時、PCWを発生させた時、またその両方を用いた時におけるレーザ光のスペクトルを観測した。PCW発生時における半導体レーザのマルチモード化を、光外部共振器を用いることによって改善することはできなかった。

[参考文献]

- 1) K.C.Harvey, et.al., Opt.Lett., 16, 910 (1991)
- 2) 斉藤剛, 鈴木孝昌, 佐々木修己; 平成12年度電気学会東京支部新潟支所研究発表会予稿集, pp.80 (2000)