

Rb 吸収線のファラデー効果を用いた半導体レーザーの 発振周波数安定化システムの検討

小林 寛道 二文字 俊哉* 伊藤 伸一* 澤村 明彦* 佐藤 孝 大河 正志 丸山 武男
新潟大学工学部 *新潟大学大学院自然科学研究科
〒950-2181 新潟県新潟市五十嵐 2 の町 8050
E-mail:tsato@eng.niigata-u.ac.jp

1. はじめに

我々は、Rb 原子の吸収線を外部周波数基準とし磁気光学効果の1つであるファラデー効果を用いて、半導体レーザーの発振周波数の安定化を行っている。半導体レーザーに直接変調を加えると、発振スペクトル幅が広がってしまう。そこで、本研究は発振後の光に変調を加える間接変調方式を採用した。さらに、本研究室で考案した PEAK 方式を用いると共に、実験環境下での雰囲気温度の変化を抑制することで、安定度の向上を図る。

2. 実験方法

図 1 に光学系を示す。半導体レーザー LD1 からのレーザー光は、直線偏光板 LP により直線偏光となった後、直流磁界をかけられた Rbセル透過し BS2 で 2 つに分けられ、等価的に +45° と -45° に傾けたことに相当する LP を通り、それぞれ APD1, 2 で受光される。Rb セルには直流磁界のほかに交流磁界を印加することで透過光強度に微小変調を加えている。APD1 で受光した信号はロックインアンプで参照信号と同期検波を行い出力を得る。これを制御信号として比例・積分制御を施し、レーザーの駆動電流にフィードバックして周波数の安定化を行う。また、LD2 においても同様な系を組んであり、BS1 の反射光と合わせて APD3 で受光する。受光したビート信号は周波数カウンタで測定し、得られたデータをコンピュータに取り組んでアラン分散の平方根を計算して安定度を算出する。なおレーザー本体の温度変動は 1/100°C 以下の変動に制御している。

ここで PEAK 方式について説明する。図 2 にロックインアンプ出力を示す。APD1, 2 で得られた 2 つの透過光強度から出力の大きい方の信号を取り出し、ロックインアンプで同期検波すると、理論上無限大の周波数弁別利得 G_d を持つ制御信号を得ることができる。 G_d とは安定化点における接線の傾きのことで、次式で示される。

$$G_d = \Delta V / \Delta \nu \text{ [GHz]}$$

G_d が大きい程、微小な周波数変化 $\Delta \nu$ に対して大きな信号 ΔV が得られるため、安定度の向上が期待できる。

雰囲気温度の変化は Rbセルの温度変化を起こすため、Rb の吸収量が増減してしまう。従って、周波数基準となる安定化点が移動し安定度も変動する。Rb セルを恒温槽内に置くことにより、雰囲気温度の変化を抑制できる。

3. 実験結果

PEAK 方式を用いた結果、大きな周波数弁別利得が得られたため、短い平均化時間での安定度が向上した。また、実験系の構成要素を減らすことで雑音源による影響を抑えることができた。

図 3 は恒温槽の有無による安定度を比較したものを示す。恒温槽を用いることにより安定度が向上したことがわかる。雰囲気温度の変化がある程度抑制でき、Rb セルの温度変化が減少した結果である。

4. まとめ

PEAK 方式を用いる事で周波数安定度が向上した。更に雰囲気温度の変動を抑制した事でより周波数安定度が向上した。これは安定化点の変動を少なくする事ができた結果だと考えられる。今後、雰囲気温度の変化による影響を抑える余地があるので、更なる安定度の向上のために実験中である。

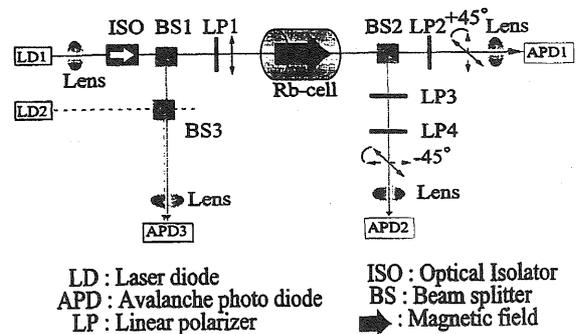


Fig1. Optical setup of the PEAK method.

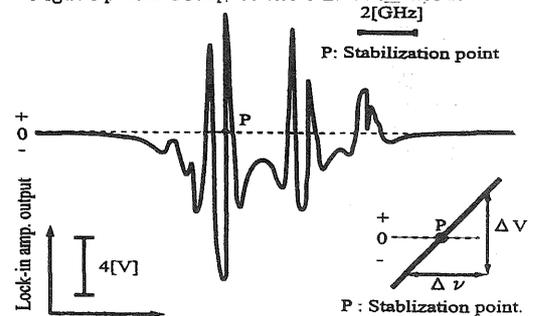


Fig2. Lock-in amp. output.

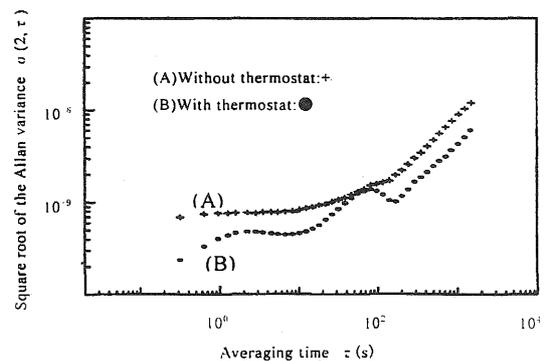


Fig3. Frequency stabilities.

参考文献

[1]伊藤伸一、二文字俊哉、嵯峨孝、澤村明彦、佐藤孝、大河正志、丸山武男、「Rb 原子のファラデー効果を用いた半導体レーザーの発振周波数安定化」、信学技報、LQE2002-47、2002-06。