

M1 磁気光学効果を用いた半導体レーザの周波数安定化 ～PEAK 方式における安定度の改善～

石川訓弘 中野博之 佐藤孝 大河正志 丸山武男 榛葉實*

新潟大学工学部 東京電気大学工学部*

1. まえがき

半導体レーザの周波数安定化では、基準周波数とレーザの発振周波数との差を表す信号（誤差信号）をいかに感度良く取り出すかで安定度が左右される。感度を良くするためには制御信号の周波数弁別利得を大きくする必要がある。そこで、PEAK 方式 [1] を用いて誤差信号の検出感度を向上させ、安定度を向上させる実験を行ったので報告する。

2. 実験方法

図 1 に光学系を、図 2 に実験系を示す。半導体レーザ (LD) から出た光は、ビームスプリッタ (BS)、偏光ビームスプリッタ (PBS) により分けられる。BS1 からの反射光は、直線偏光板 2 (LP2) と $\lambda/4$ 板 1 により完全な左回りの円偏光となる。そして光の進行方向と同じ方向に直流磁界の印加された Rb セルを通り、PIN フォトダイオード (PD1) で受光される。BS2 からの反射光は完全な右回りの円偏光にし同様に磁界の印加された Rb セル内を透過させ PD2 で受光する。また LP1、LP3 は、光のパワーを揃えるために用いている。

次に PEAK 方式について説明する。Rb セルに直流磁界が印加されていることにより、セルを透過した光はゼーマン効果という磁気光学効果を受ける。この効果により図 3 に示す様に吸収線の周波数が左右の円偏光で 2 つに分かれる。PEAK 方式とは、この重なり合った 2 つの吸収線のうち図に示す実線のように出力の大きい信号のみを取り出し、外部周波数基準とする方式である。今回の実験では比較として PD1 で得られる信号をそのまま用いる NORMAL 方式についても実験をした。

安定化の方法を以下に示す。Rb セルには直流磁界の他に交流磁界で微小変調を加えている。これにより観測するレーザ光の光強度に変調が加わる。PEAK 方式では波形整形回路を通した後の信号を、

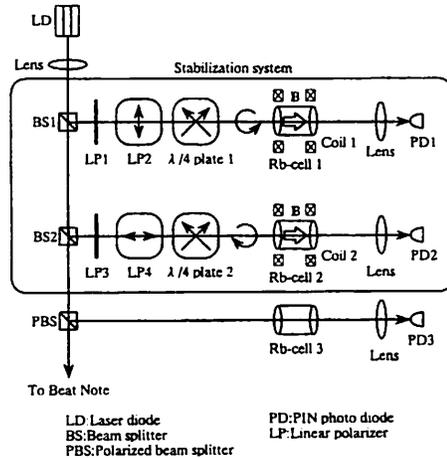


Fig.1 Optical setup

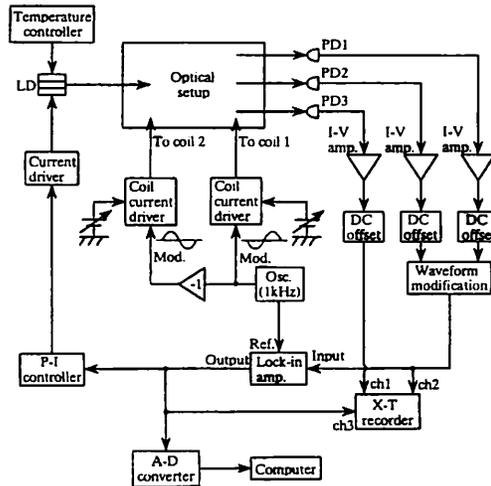


Fig.2 Experimental setup

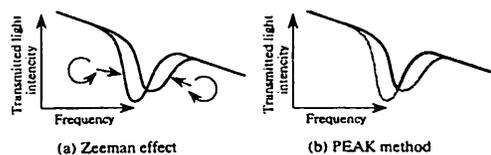


Fig.3 Absorption profile

NORMAL 方式では PD1 からの信号を、ロックインアンプを用いて微小変調の周波数で同期検波することで誤差信号となる。この信号に比例・積分制御を施し、制御信号としてレーザの駆動電流源にフィードバックし安定化が行われる。基準周波数に対するレーザ発振周波数の追従度は、この誤差信号を用いて評価した。また安定度は、同様に安定化された 2 台の独立なレーザ間のビート周波数を用いて評価した。

3. 実験結果と考察

図 4 に PEAK 方式と NORMAL 方式で用いた外部周波数基準信号とその誤差信号である一次微分波形を示す。一次微分信号の零交差点付近の傾き、つまり周波数弁別利得が PEAK 方式では NORMAL 方式より大きくなっていることがわかる。これにより誤差信号の検出感度は向上したものと考えられる。

図 5 に基準周波数に対するレーザ発振周波数の追従度を示す。PEAK 方式の方が NORMAL 方式よりも基準周波数に対する追従度が良くなっていることがわかる。また、周波数弁別利得も NORMAL 方式で 12、PEAK 方式で 63 と追従度の良い方が大きくなっている。

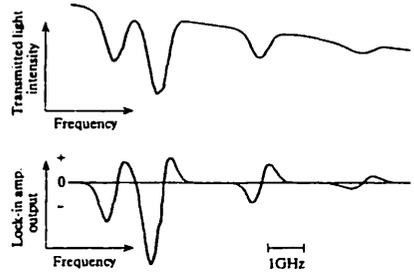
図 6 にビート信号による安定度の評価を示す。PEAK 方式の長期の安定度は NORMAL 方式に比べ良くなっていない。これは、温度などの影響が DC オフセットなどの回路に影響し安定化点がずれてしまったためであると考えられる。

この実験により基準周波数への追従度は良くなっていることが確かめられたが、その基準周波数自体が温度などの影響により変動してしまっていることがわかった。

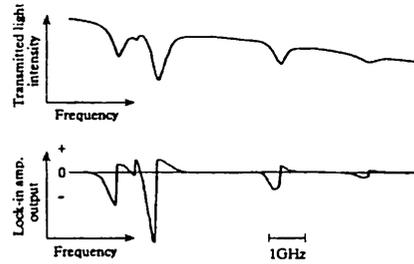
4. 今後の課題

ビート信号による安定度の評価で、安定度が劣化してしまったのは、温度による影響であるので、今後はこの影響を抑えるような回路や実験器具を用いて更なる安定度の向上に努めていきたい。

参考文献(1)二瓶瑠厚、小林吉久、佐藤孝、榎葉實：「PEAK 方式による半導体レーザの直接変調時における周波数安定化」,電学論 vol.112-C, No.11, pp.697-704(1992).



(a) NORMAL method



(b) PEAK method

Fig.4 Absorption and differential profiles

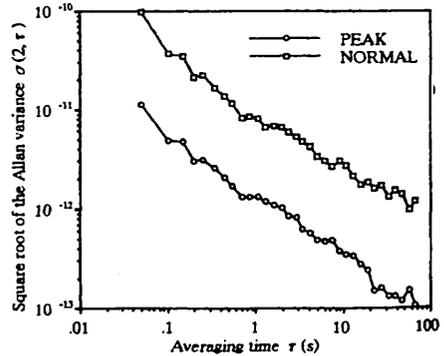


Fig.5 Frequency traceabilities

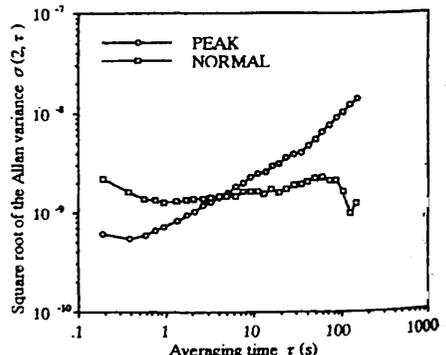


Fig.6 Frequency stabilities