

2種類の外部周波数基準を用いた 半導体レーザーの発振周波数の安定化

○黒崎 芳晴* 佐々木 岳 長谷部 圭紀 佐藤 孝* 大河 正志* 丸山 武男* 坪川 恒也**
新潟大学工学部* 新潟大学大学院自然科学研究科 国立天文台**

1.はじめに

半導体レーザーは小型、軽量、安価で取り扱いが容易であり多くの分野で用いられている。しかし、その発振周波数は雰囲気温度や注入電流によって容易に変化するため、周波数の安定度が重要な応用には発振周波数の安定化が必要とされている。これまで我々は広帯域かつ高安定な周波数基準の構築を考え、高安定なRb原子のD₂吸収線(780.02nm)を用いて、ファブリ・ペローエタロンの透過光スペクトルを780nm付近に安定化してきた。そしてこのスペクトルに780nm帯の直接変調を施した半導体レーザーの発振周波数を安定化するシステムを構築してきた。今回、この安定化システムを雰囲気条件の安定した場所へ移動して同様な実験を行う事で、今まで我々が実験を行っていた場所でのデータと比較・検討したので報告する。

2.外部周波数基準

Rb等、原子の吸収線は固有のスペクトルであるため絶対的な安定度を持つ反面、任意の周波数を選ぶ事は困難である。また、エタロンの透過光スペクトルは雰囲気温度の変化等により共振器長が変化してしまうことで共振周波数、すなわち透過光スペクトルが変動してしまうという欠点を持っている。その反面、エタロンの透過光スペクトルはエタロン板の透過光に対する角度を変えることで、スペクトルのピーク周波数をシフトさせることが可能である。本研究ではこれを利用することで広帯域な周波数基準の構築を図ってきた。このエタロンの特性を逆に利用して雰囲気条件の安定した場所で実験を行うことで、我々の安定化システムに雰囲気条件がどのくらいの影響を与えるかを考察し、我々の安定化システムの改善を検討していくため、今回の実験を行った。

3.実験場所について

今回、国立天文台の江刺潮汐観測施設の一部を実験場所として提供して頂き、安定化の実験を行った。そこでは、雰囲気温度の変動が普段我々が行っている実験場所と比較して、格段に安定している。また、振動、周囲の雑音などが非常に少ない環境である。

4.実験方法

半導体レーザーの注入電流には正弦波状の微小変調を加える直接変調方式を用いる。半導体レーザーから出たレーザー光をRbセル及びエタロンに透過させ、アバランシェフォトダイオードでそれぞれ受光する。この信号をロックインアンプで同期検波することで一次微分波形、すなわち誤差信号を得る。この誤差信号を駆動電流源にフィードバックすることにより安定化を行う。また、温度コントローラにより、半導体レーザーの温度変動が1/100℃以下になるような温度制御が施されている。

安定化された2つのレーザー光の光軸をあわせ、周波数カウンタでビート周波数として測定し、検出された結果をコンピュータに取り込みアラン分散の平方根を計算することにより安定度の評価を行う。

5.実験結果および今後の課題

実験結果をFig.1及びFig.2に示す。新潟でのエタロンを制御しない安定化の結果では、長時間で見ると雰囲気温度の変動と共に安定化している周波数も変動していることがわかる。これに対してピエゾ素子によってスペクトルを制御すると長時間での安定度劣化を大幅に改善できた。これと比較して雰囲気条件の安定した江刺での結果はエタロンの透過光スペクトルを制御することなく、およそ3倍の安定度向上が見られた。今回得られた結果を考慮し、すでに研究を始めている1.5μm帯の半導体レーザーの安定化システムへ応用していく。

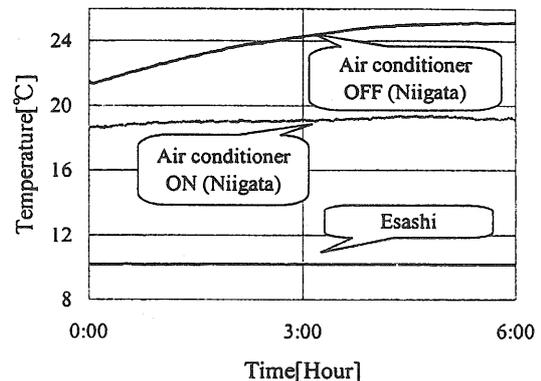


Fig.1 温度変動の比較

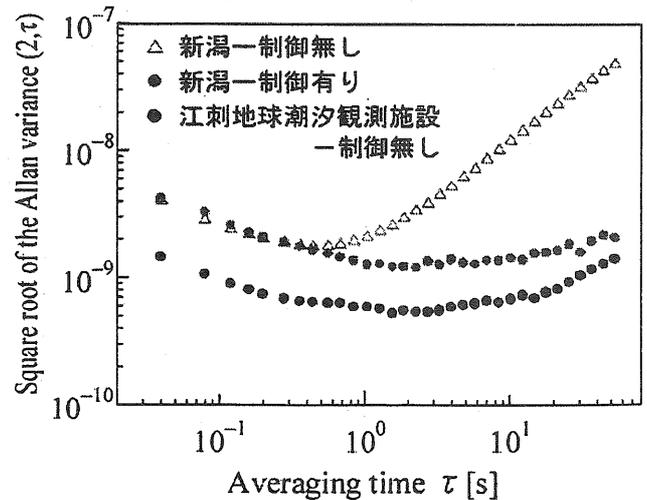


Fig.2 実験結果

謝辞

この研究は国立天文台・水沢観測センターの江刺地球潮汐観測施設を使用させて頂いて行われている。ここに謝意を表す。

参考文献

(1)坂巻秀幸,田代大輔,榛葉實,佐藤孝,：“エタロン対を用いた半導体レーザーの周波数安定化法” 信学論(C),Vol.J 80-C-1,No.6 pp.300-301,1997