

外部共振器構造を用いた面発光レーザ(VCSEL)の発振周波数安定化 Frequency stabilization of VCSEL using an ECDL system

*本島陸貴 *土井康平 *三鍋雄太 **大河正志 **佐藤孝
Mutsuki Motojima Kouhei Doi Yuuta Minabe Masashi Ookawa Takashi Satou

*新潟大学大学院自然科学研究科 **新潟大学工学部
*Graduate School of Science and Technology, Niigata University **Faculty of Engineering, Niigata University

1. はじめに

半導体レーザは小型・軽量・高発光効率・低消費電力・長寿命・低コスト・メンテナンスフリーといった他のレーザにはない優れた特徴を持っている。本研究では面発光レーザ(VCSEL:Vertical Cavity Surface Emitting Laser)に注目し、研究を進めている。VCSELは基盤面に対して垂直に出射される半導体レーザである。活性層体積が微小体積であるため、低閾値動作・高速動作が可能であり、共振器長が短いため安定した発振モードが得られやすい等の利点がある。また、従来の半導体レーザよりも雰囲気温度変動の影響を受けにくいとされている^(*)。現在、半導体レーザはコヒーレント光通信など次世代の光通信や超精密光計測への応用が期待されるが、注入電流や雰囲気温度変動によって発振周波数が変化してしまうという性質も合わせもつため、フリーランニング状態ではそれらの応用を実現することが困難である。このため、フリーランニング状態の半導体レーザに外部からの周波数制御で安定させる方法が提案されている。本発表では外部共振器(ECDL:External Cavity Diode Laser)構造を利用した、ダブル光フィードバック法^(**)による半導体レーザの発振周波数の安定化とアラン分散の平方根を用いた評価について述べる。

2. 実験方法

図1に本研究で使用した光学系を示す。VCSEL1、2の出力光はビームスプリッタ(BS1)によって2つに分けられる。一方の光はBS2によってさらに2つに分けられる、それぞれの出力光はLittrow配置で設置されたミラー、または回折格子(1800/mm、アルミコーティング、ブレード型)によってレーザ自身にフィードバックされる。回折格子は波長選択性をもつため発振幅の狭窄化、発振周波数安定度の向上が期待できる。雰囲気温度によるECDLシステムの外部共振器長変動を抑えるため、外部共振器を構成する光学基盤にスーパーインバー(線膨張係数 $0.5 \times 10^{-6}/K$)を用いた。また、雰囲気温度の影響を軽減するために光学系を断熱材で覆っている。VCSELの温度制御には1/100K以下の精度で温度制御を施している。

実験の周波数安定度は同様のECDLシステムを2基用いて、BS3によりそれぞれの出力光の光軸を合わせ、同時に1つのアバランシフォトダイオード(APD)に入射させる。そこで得られる2つの出力差の周波数データからアラン分散の平方根値を計算することによって、2つの外部共振器システムの相対的周波数安定度についての評価を行った。

3. 実験結果及び考察

図2に発振周波数安定度の実験結果を示す。ダブル光フィードバックを施すことにより、ミラー、回折格子の両方においてフリーランニングと比較して発振周波数安定度が向上していることがわかる。ミラーを用いての光フィードバックでの安定度は、一桁以上の安定度向上が確認できた。その理由として、回折格子は波長選択性を持つため、光が

減衰してしまい、戻り光量がミラーに比べて少なくなってしまう。VCSELは出力光がもともと小さいので、ミラーによって多くの光をレーザ自身に戻すことで、回折格子よりも適切なフィードバックが行えたと考えられる。ミラーによる強い光フィードバックは内部共振器モードを引き込むので、安定度の向上につながったと考えられる。

4. 参考文献

- (*)伊賀健一,小山二三夫：“面発光レーザの基礎と応用”, 共立出版,1996-6,p.4
- (**)F.Rogister, D.W.Sukow, P.Megret, O.Deparis, A.Gavrielides, M.Blondel：“All-optical technique for stabilization of an external cavity laser diode: numerical and experiment demonstration” SPIE Vol.3944,2000

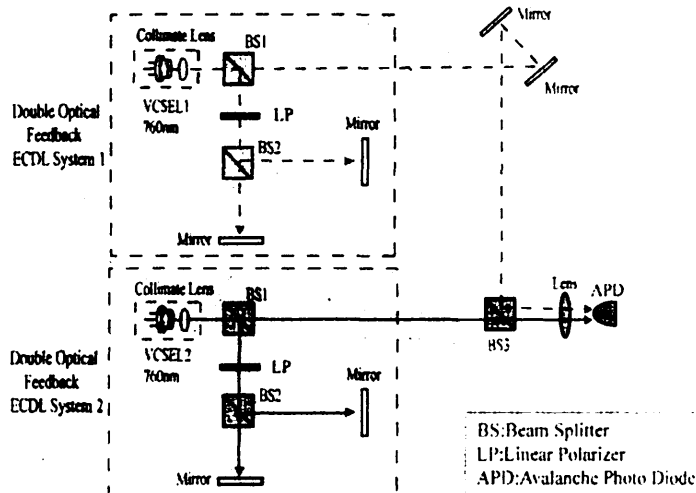


図1 光学系

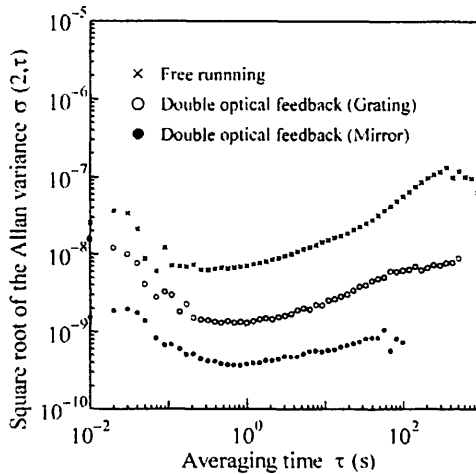


図2 実験結果