M3　直接FSK変調時における半導体レーザの周波数安定化とその評価方法の改善

田村和人　東秀樹　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．はじめに

半導体レーザを用いてコヒーレント通信を行う場合、発振周波数の安定化が必要となる。我々は、Rb原子の吸収線を基準とした半導体レーザの周波数安定化に取り組んでいる。

直接変調時にはレーザ光の発振スペクトルが広がってしまうため、安定度が低下することが知られている。そこで我々はPEAK方式を考案し、直接変調時の発振周波数の安定化を行ってきた[1]。ここではこの安定度の評価方法として、ロックインアンプの出力によるものと、ビート信号によるものについて実験を行い考察したので報告する。

2．周波数安定化の原理

本研究では発振周波数の安定化のために、Rb原子のD_2吸収線（波長780.02nm）を外部基準周波数とし、安定化を行う。吸収信号からその一次微分波形を得て、その波形（図1）から安定化点として、点Pが得られる。この安定化点からのずれ$\Delta\nu$に対する誤差信号ΔVをレーザの注入電流にフィードバックすることによって安定化を行う。図1のGdを周波数弁別利得という。このGdが大きければ、つまり点Pにおける傾きが大きければ、より高い安定度を得ることができる。

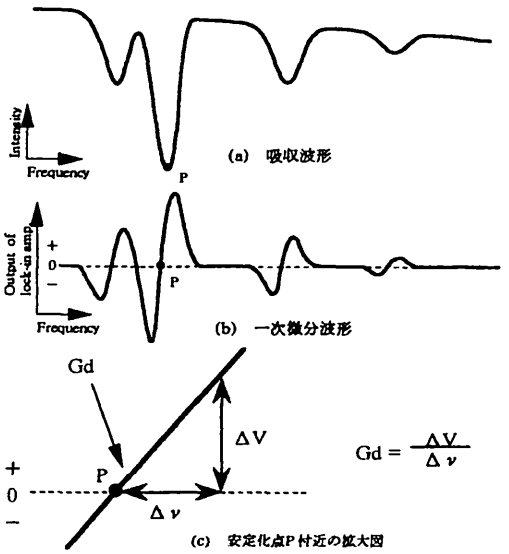

図1　周波数安定化の原理

3．実験方法

図2に実験系を示す。半導体レーザ（LD1）の発振周波数を吸収線付近に合わせ、注入電流を掃引しながらレーザ光をRbセルに透過させ、ホトダイオード（PD）で受光する。注入電流に微小な正弦波変調を加え、得られた強度信号と微小変調信号とをロックインアンプで同期検波し、得られる誤差信号（一次微分信号）をフィードバックすることにより安定化を行う。

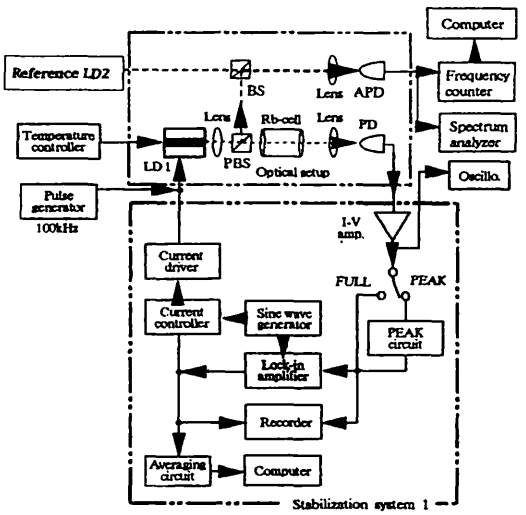

図2　実験系

図３（a）のように直接 FSK（Frequency Shift Keying）変調時（変調周波数 100kHz、周波数シフト量 500MHz）にレーザ光の発振周波数を掃引させると、図３（b）のような透過強度信号が得られる。従来方式（FULL 方式）では、太線で示される広がった吸収波形（図３（c））となり、安定化点での Gd が小さくなるので安定度が低下する。そこで、信号波形のうち強い信号のみを取り出す PEAK 方式を考案した。PEAK 方式によって、図３（f）のような一次微分波形が得られ、Gd が大きくなり安定度が向上する。

安定度の評価については、従来のロックインアンプによる方法と、参照レーザ光（LD2）とのビート信号を直接周波数カウンタで測定する方法の２種類について行った。なお LD2 は Rb セルに取り付けられたコイルに電流を流すことにより、間接的にレーザ光に変調を加える方法で、安定化されている。双方とも信号をコンピュータに取り込みアラン分散による評価を行った。

４．結果と考察

ロックインアンプによる評価を図４（a）に示す。Gd は無変調で 13、FULL で 7、PEAK で 24 となり、相対的な評価ではあるが PEAK 方式の有効性を確認できた。ビート信号による評価を図４（b）に示す。ロックインアンプによる評価に比べると FULL 方式と PEAK 方式の差がほとんど得られなかった。これは、ビート信号にスペクトルの広がりがあるため周波数カウンタが正確にビート信号を読み取れないためであると考えられる。

５．今後の課題

今後は、ビート信号による安定度の評価において、周波数カウンタが正確に読み取るような方法を検討し、評価の信頼性を向上させてゆきたいと思う。

参考文献　[1]　佐藤孝・石黒誠・水本潤一・渡部博道・大河正志・丸山武男・榛葉實：「異なる直接 FSK 変調条件における半導体レーザの周波数安定化」，電学論，Vol.115-C，No.5　，　728~735　(1995)

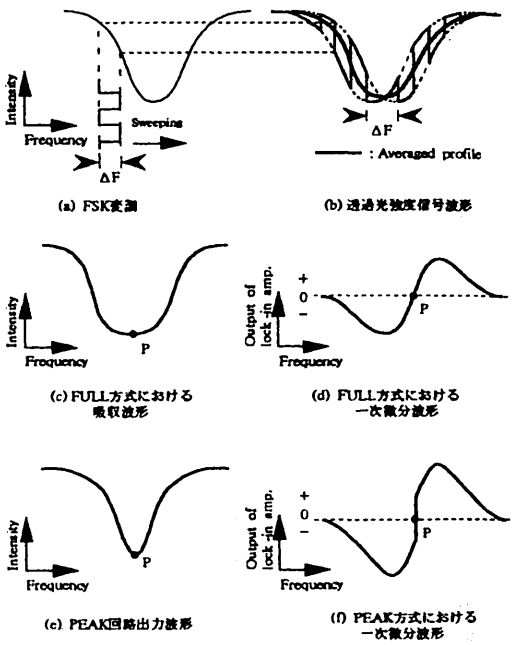

図3　FSK変調時の透過光強度信号と FULL方式／PEAK方式

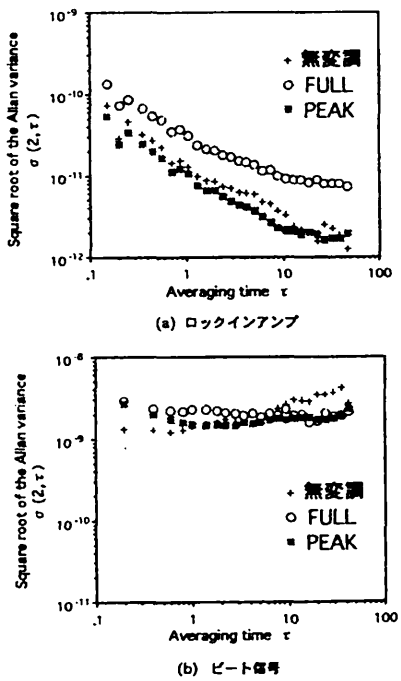

図４　安定度の評価