

### L 3 磁界によるIS形半導体レーザの 発振波長シフトと光出力シフト

柴田 和則 松田 真也 佐藤 孝 大河 正志 丸山 武男 榎葉 賢\*  
新潟大学 工学部 \*東京電機大学 工学部

#### 1 はじめに

半導体レーザにおいて、その組織やレーザ温度、注入電流、磁界により発振波長が変化することは知られている。この中の磁界による発振波長シフトの研究は、これまで極低温・強磁界の実験に限定されていた<sup>1</sup>。そこで本研究では、常温で連続発振を実現している様々な近赤外半導体レーザの中から大きな波長シフトが再現性よく得られているIS(Inner Strip)形半導体レーザを用い、比較的弱磁界の下での出力及び発振波長の変化を測定し、それらの関係から発振波長シフトの理論について考察したので報告する<sup>2</sup>。

#### 2 実験方法

図1に実験系を示す。まず実験で使用する半導体レーザはあらかじめ150時間程度電流を流しておき、初期の大きな特性変化の影響を受けないようにする。磁界を印加する半導体レーザ(LD1)の本体を覆っている磁性体を取り除き、電磁石の磁極間に固定する。これとは別に、LD1の波長に合わせて独立した電流源で駆動させた半導体レーザをLD2とする。LD1とLD2からのレーザ光を同時に同じ光路を通るようにミラーで調節し、アバランシェフォトダイオード(APD)へ入射させる。そして、アバランシェフォトダイオードの出力をスペクトラムアナライザに入力しビート信号を検出する。ビート信号とは二つのビームの干渉によるもので、二つの光の周波数差を表した信号である。

これまでの実験より、磁界の印加方向と半導体レーザの結晶方向が発振波長シフトに関係することがわかっている。ここで、図2に示すように磁界の印加方向と半導体レーザの内部構造との方向関係を定義し、半導体レーザの積層面に対する法線方向を $n$ 、磁束密度ベクトルを $B$ とする。実験は磁界を平行( $B // n, \theta = 0^\circ$ )から垂直( $B \perp n, \theta = 90^\circ$ )の間で行う。

磁界の強さを変化させ、 $B // n$ に印加した場合の光出力をパワーメータで観測する。

実験の際、レーザの発振波長を安定させるため、独

立した温度制御回路によりレーザの温度変化を $0.01^\circ\text{C}$ 以下に制御した。

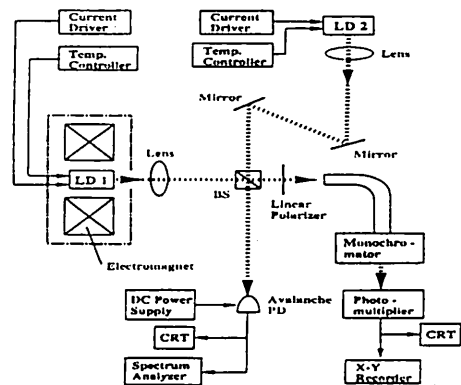


図1 実験系

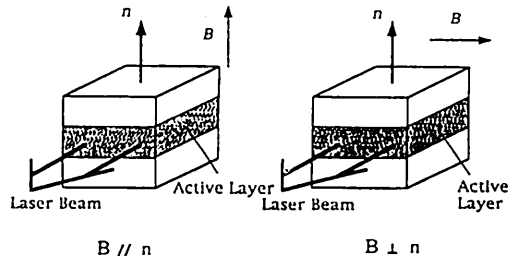


図2 磁界方向の定義

#### 3 実験結果

図3に角度依存性の結果を示した。ここでは、シフト量の測定範囲の関係で印加した磁界は $0.93\text{T}$ である。縦軸に周波数、横軸に角度をとり、エラーバーは $\pm 25\text{MHz}$ である。図より角度を平行から垂直に変化させていくに従って周波数シフトが減少していき、垂直の場合は周波数シフトは観測されていないことがわかる。ここで、 $\cos \theta, \cos^2 \theta$ 、一次直線をモデル関数として選び、測定結果と比較してみると、 $\cos^2 \theta$ がもつ

とも良い近似であった。

電流-光出力特性について、磁界を  $B // n$  に印加した場合(図4)を示す。 $B // n$  の場合はしきい値電流付近から光出力が低出力側にシフトし始め、動作電流付近では約 $-0.034(\text{mW})$ シフトしていることがわかった。この結果はレーザの温度を上昇させた場合と同様の变化を示していることがわかる。一方、 $B \perp n$  の場合は光出力のシフトは観測されなかった。

駆動電流付近における、 $B // n$  の場合の光出力シフトの磁界依存性を図5に示す。この両対数グラフの直線の傾きは約1.5となった。

#### 4 考察

周波数シフトの角度依存性について考察すると、電流方向(法線ベクトル  $n$  方向)の磁界の強さが  $B \cos \theta$  と表される。これまでの実験から、発振波長のシフト量は磁界の強さの2乗に比例しているので、 $B^2 \cos^2 \theta$  となると考えられる。実験結果も、発振波長シフトの角度依存性が  $\cos^2 \theta$  に比例していることを示している。

光出力シフトの磁界依存性については、データ数が少ないため今後実験を重ね、周波数シフトの  $B^2$  依存性と比較し検討する必要がある。

ここで、我々が考えている発振波長のシフト理論は、半導体中を流れる電流と同じ方向の磁界が印加されると、活性層周辺で拡散している電流が磁界によって抑えられ、電流の通路が変化する。そのため、活性層付近の温度が上昇し、屈折率分布などが変化し発振波長がシフトするというものである。

#### 5 まとめ

これまでの研究結果より、半導体レーザの磁界による発振波長シフトは、半導体レーザの内部構造によって異なり、磁界を印加する方向に依存することがわかっている。今回の実験は実験精度を上げ、測定誤差を軽減し、光出力の磁界依存性などの多くの測定を行うことにより、さらに詳しい発振周波数シフトのメカニズムを解明していくことに主眼をおいた。

#### 6 参考文献

1. F.LGALEENER, I.MELNGAILIS, G.B. WRIGHT, and R.H.REDIKER: "Magnetic Properties of InAs Diode Electroluminescence" J.Appl.Phys., Vol.36, pp.1574-1579(1965)

2. 佐藤 孝・川島英俊・星 倫哉・山本茂樹・大川正志・丸山武男・榎葉 實「半導体レーザの磁界による発振波長シフトとそのシフト機構の検討」, 電学論, 114-C, No.10, pp.1031-1038(平6-10)

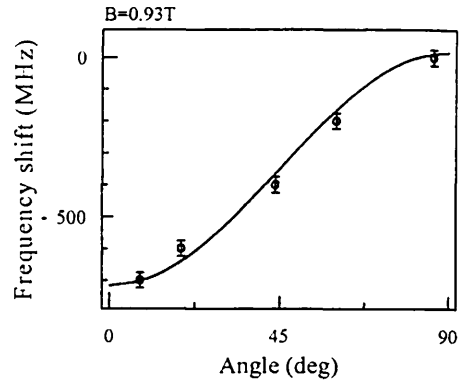


図3 周波数シフトの角度依存性

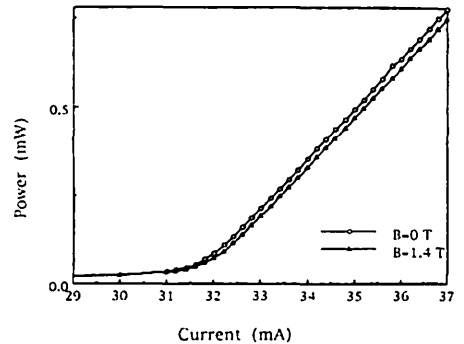


図4 電流-光出力特性 ( $B // n$ )

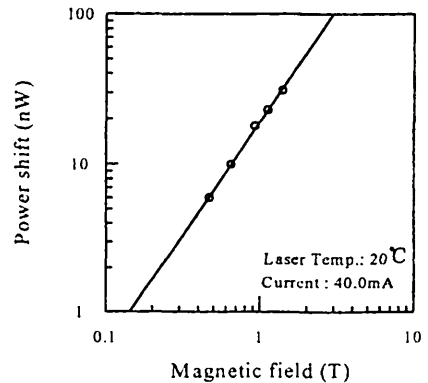


図5 光出力シフトの磁界依存性