

110 磁界による半導体レーザーの発振波長シフトのビート信号を用いた測定

松田 真也 松木 孝 星 倫也 山本 茂樹
 佐藤 孝 大河 正志 丸山 武男 樺葉 實*
 新潟大学 工学部 *東京電機大学 工学部

1. まえがき

半導体レーザーにおいては、半導体の組織やレーザーの温度、磁界、注入電流により発振波長が変化することが知られている。この中で磁界による発振波長シフトの研究は、今まで極低温、強磁界の条件下での実験に限定されていた⁽¹⁾。これは、半導体レーザーが極低温でなければ発振しなかった開発初期に行われたものであるからだと考えられる。そこで我々の研究室では、常温で連続発振を実現しているIS (Inner Strip) 形半導体レーザー等の近赤外半導体レーザーを用いて、常温で比較的弱い磁界の下で実験を行い、発振波長の変化を観測してきた⁽²⁾。今回は、今までのモノクロメータを用いた方法よりも、誤差が小さくできると考えられるビート信号を用いて、CSP (Channelled Substrate Planer) 形半導体レーザーについて実験を行ったので報告する。

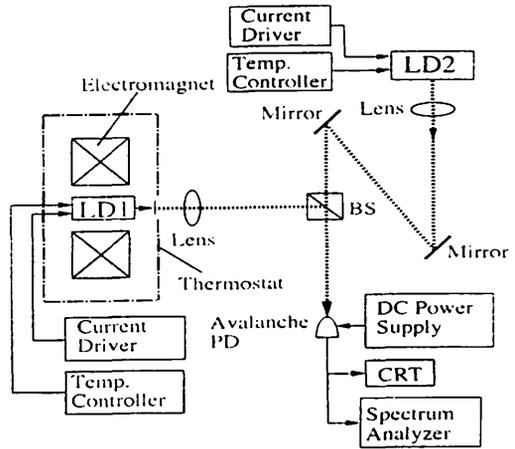


図1 実験系

2. 実験方法

図1に本実験の実験系を示す。まず半導体レーザーを覆っている磁性体の覆いを取り除き、この半導体レーザー本体を電磁石の磁極間に入れて固定する。これをLD1とする。これとは別にLD1と波長を合わせて発振させたレーザーをLD2とする。LD1とLD2からのレーザー光を同時に同じ光路を通るようにし、アバランシェフォトダイオードに入射させて、スペクトラムアナライザーによりビート信号を検出する。ビート信号は二つのビームの干渉によるものであるので、光路を一致させるためにミラーを用いて調節した。この実験では、レーザーの発振波長を安定にするため、温度制御回路によって、レーザー温度の変動を1/100℃以下になるように制御した。

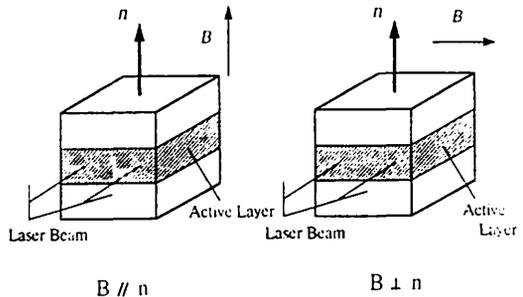


図2 磁界方向の定義

図2には磁界を印加する方向と半導体レーザーの内部構造との方向関係を定義してある。半導体レーザーの積層面に対する法線方向 n と磁束密度ベクトル B との関係が平行($B // n$)、垂直($B \perp n$)になるようにして実験を行った。

3. 実験結果

今回用いたCSP形半導体レーザーの実験結果について磁界を平行に0 T、1.4 T印加した場合を図3、図4にそれぞれ示す。図より磁界を1.4 T印加した場合には約300 MHzの周波数シフトが確認できる。シフトの方向はモノクロメータを用いた測定方法から、低周波数側

(一方向)であることを確認している。図には示さないが磁界を0.47 T、0.93 T印加した場合にはそれぞれ約-100 MHz、-220 MHzの周波数シフトが確認された。磁界を垂直に印加した場合には周波数のシフトは観測されなかった。更に、磁界を印加した際の電流-光出力特性を測定した。磁界を平行に印加した場合を図5に、磁界を垂直に印加した場合を図6に示す。磁界を平行に印加した場合はしきい値電流が大電流側へ、動作電流付近で光出力が低出力側にシフトするのが確認された。磁界を垂直に印加した場合はシフトは観測されなかった。即ち、波長も光出力も磁界を平行に印加した場合に磁界の影響を受けることが確認できた。

4. 実験結果の検討

これまでモノクロメータを用いた実験方法では、CSP形半導体レーザは磁界による周波数のシフトは観測されなかった。しかし、今回ビート信号を用いることにより、これまでの実験の誤差(約500 MHz)の範囲内において磁界を平行に印加した場合に周波数のシフトが観測された。これより誤差をこれまでの1/10程度にできたと思われる。

周波数シフトの理論については、レーザダイオードの内部を流れている電流の通路が磁界を印加することにより変化し、それにより活性層の温度が変化し、これにより屈折率分布が変化して、周波数のシフトが起こるのではないかと考えている。

5. まとめ

CSP形半導体レーザにおいて磁界を平行に印加した場合に周波数のシフトが観測され、垂直に印加した場合には周波数のシフトは観測されなかった。また、ビート信号を用いることにより、実験誤差がこれまでの1/10程度になることが確認された。今後の課題としては周波数シフトの時間変化を観測し、われわれの理論が正しいかどうかを確認する必要がある。

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, 中村 利男, 大河 正志, 丸山 武男, 榎葉 實, "磁界によるGaAlAsレーザダイオードの発振波長シフト", 信学論, Vol. J75-C-I, pp. 579-586 (1992).

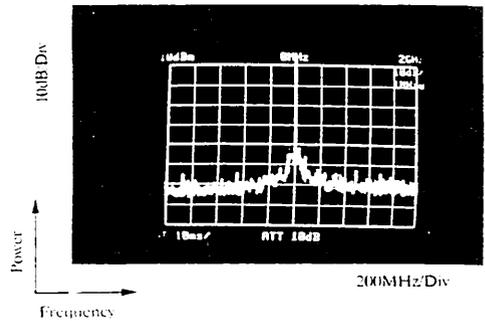


図3 磁界0 Tの時のビート信号

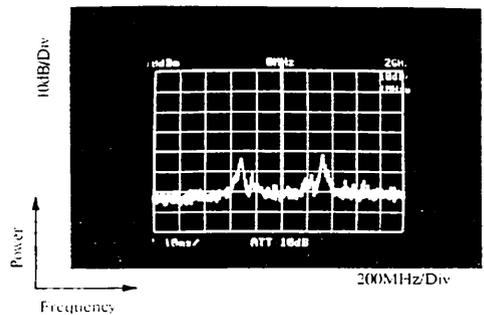


図4 磁界1.4 Tの時のビート信号

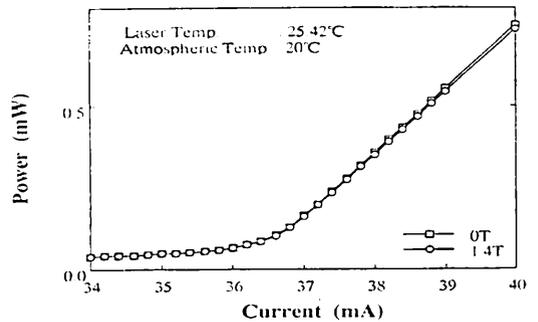


図5 電流-光出力特性 (B // n)

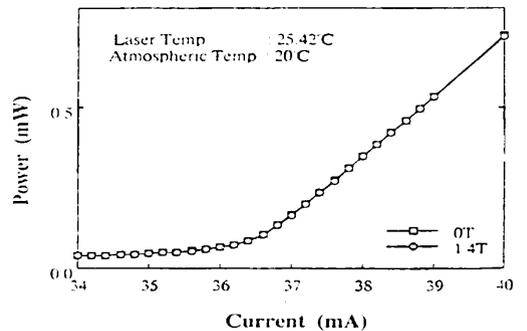


図6 電流-光出力特性 (B ⊥ n)