

繰り返し可変超短光パルスの発生のための

2 波長レーザーの開発

西岡研究室 電子工学科 白石 尚之

1. 序論

2 波長レーザーは非線形光学の差周波発生、側波帯による超短パルス発生[1]などに用いられている。従来、非線形光学を起こすために必要な出力を得るために主レーザーと共振器長が異なる従レーザーの縦モードを一致させる必要がある注入同期[2]を行ってきた。これを 2 波長レーザーで行うには複雑な装置が必要になる。

本研究では共振器長が発振波長程度のマイクロキャビティレーザーと共振モードを持たない増幅器の組み合わせによりフィードバック制御[3]を必要としない、モード跳躍なしの 2 波長レーザーの開発を目的とした。

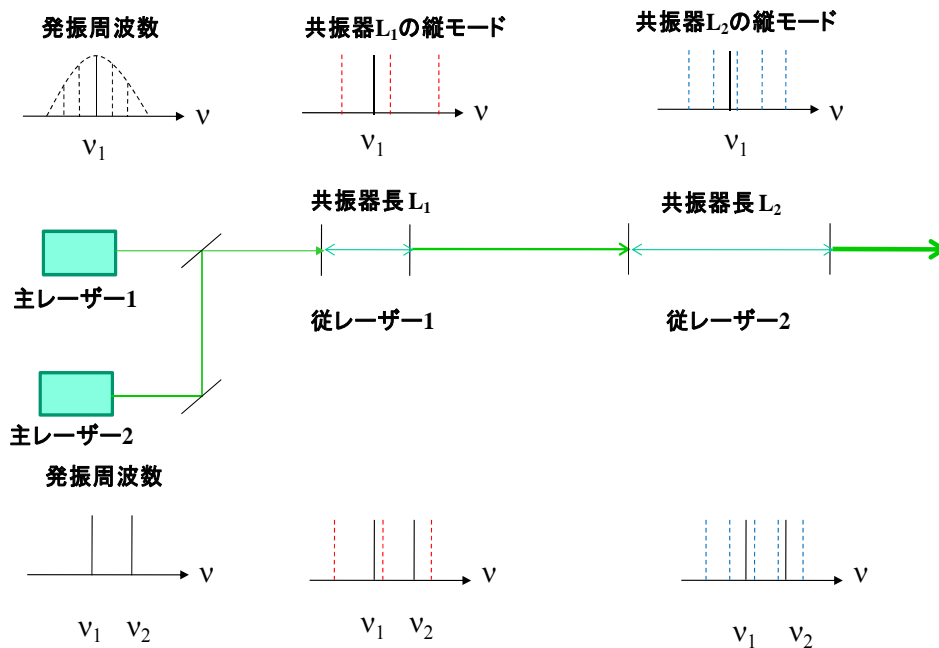


図1 2 波長レーザーの注入同期。

2. VCSEL の特徴

本研究ではマイクロキャビティレーザーとして VCSEL (Vertical cavity surface emitting laser) を使用した。VCSEL の共振器長は波長程度に温度変化に強く、縦モード間隔が広く単一モードとなっている。また、DBR (distributed Bragg reflector) の反射率非常に高く (>99.5%) になっているため、戻り光に強い構造となっている。その構造を図 2 に示す。

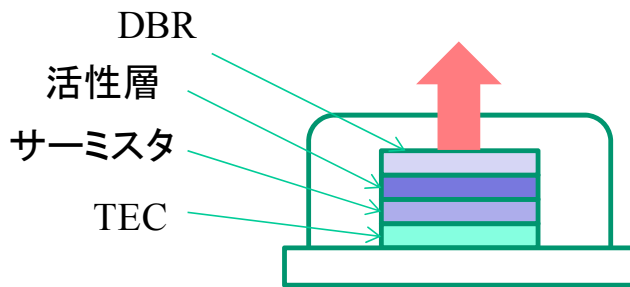


図 2 VCSEL の内部構造

3.2 波長レーザーの構成

2 波長レーザーの構成を図 3 に示す。2 つの VCSEL は 0.3 mW と低出力なので半導体増幅器と高い利得を持つ再生増幅器を組み合わせそれぞれ 30 mW、100 kW の出力を得た。再生増幅器からの戻り光による半導体増幅器の損傷を防ぐために消光比 10^{-4} のファラデーアイソレータを挿入した。

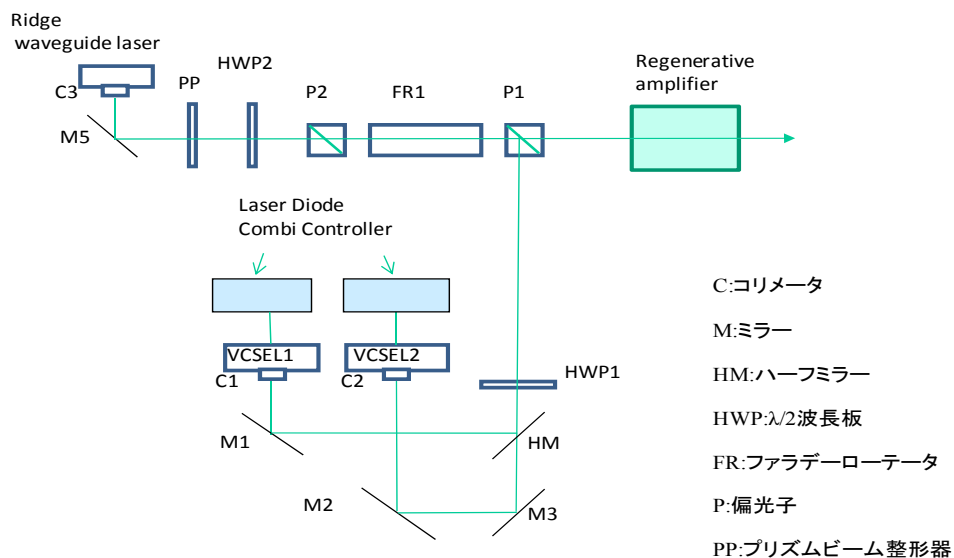


図 3 VCSEL と増幅器による 2 波長レーザーの構成。

4. 周波数可変範囲の測定

TEC(Thermo Electric Cooler)で VCSEL1、2 の温度を変え、サーミスタで温度のモニターを行い、その周波数変化を測定した。260.9~315.4 K、259.5~298.8 K まで変化させたときの発振周波数温度特性を図 4 に示す。VCSEL 1、2 の周波数可変範囲は 1.47 THz となった。それぞれ VCSEL の発振周波数は温度に対し直線を描き、温度を制御することで周波数を一意に決定できることが分かった。また、2 つの VCSEL の偏差は 20 GHz となり、分光器の分解能(60 GHz)の範囲で一致した。

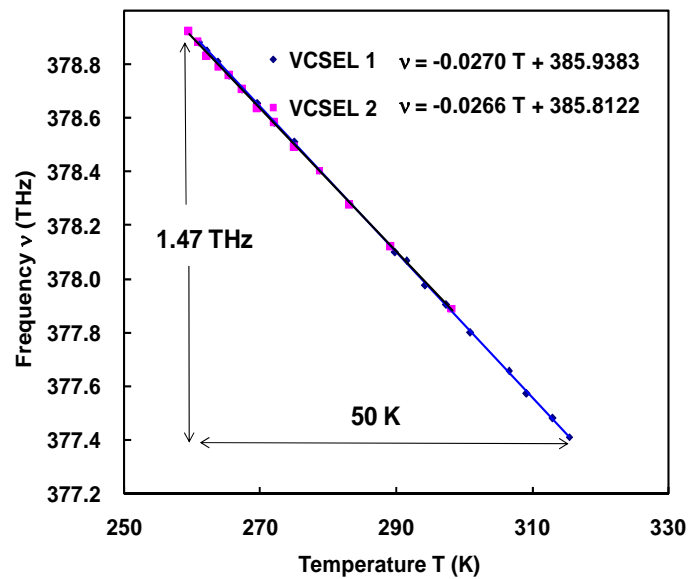


図 4 発振周波数の温度依存性。

5. 側波帯発生

側波帯発生のために 100 kW の 2 波長レーザーを非線形屈折率 $n_2 = 1.92 \times 10^{-20}$ (m^2/W)、媒質長 20 mm の CaF_2 結晶に焦点距離 $f = 300$ mm の平凸レンズで集光した。 CaF_2 を通過した後のスペクトルを図 5 に示す。 CaF_2 通過後のスペクトルを観測すると 2 波長レーザーの左右にサイドバンドを確認した。

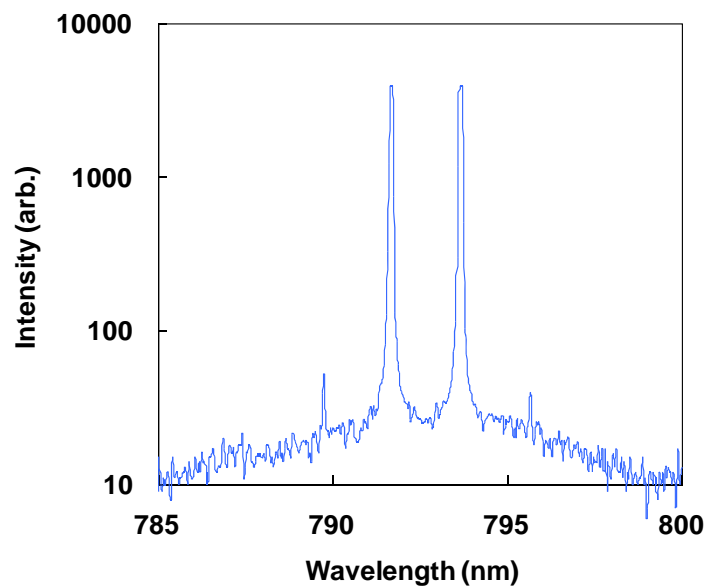


図 5 CaF_2 通過後のスペクトル。

6. 結論と今後の展望

VCSEL と多段の増幅器を組み合わせて連続波長可変、縦横シングルモードの 2 波長レーザーを開発した。VCSEL の発振周波数は温度で決まり、その周波数可変範囲は、1.47 THz であった。半導体増幅器により 100 倍の利得であるパワー 30 mW、再生増幅器により 3.3×10^6 倍の利得である 100 kW の出力を得たので 4 光波混合を起こすのに十分な強度となった。

CaF₂ に対して微弱ながら ±1 次の側波帯を確認することができた。しかし、媒質表面にプラズマが発生して結晶にダメージが入ってしまうのでより多くの側波帯を発生させるには媒質長の長いものを選択するか、非線形屈折率の高い別の媒質が必要であることが分かった。

2 波長レーザーの応用として超短光パルス発生以外にもテラヘルツ発生や数 ns まで観測できるスペクトラルシアリング干渉計へ使用可能と考えられる。

参考文献

- [1] Pavel V. Mamyshev, Stanislav V. Chemikov, and E. M. Dianov, "Generation of Fundamental Soliton Trains for High-Bit-Rate Optical Fiber Communication Lines" IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, **27**, 2347-2355 (1991).
- [2] Dennis J. Derickson, Roger J. Helkey, Alan Mar, Judy R. Karin, John G. Wasserbauer, and John E. Bowers, "Short Pulse Generation Using Multisegment Mode-Locked Semiconductor Lasers" IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, **28**, 2186-2201 (1992).
- [3] Dennis J. Derickson, Roger J. Helkey, Alan Mar, Judy R. Karin, John G. Wasserbauer, and John E. Bowers, "Short Pulse Generation Using Multisegment Mode-Locked Semiconductor Lasers" IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, **28**, 2186-2201 (1992).