

K5 1.5 μm 帯半導体レーザの内在的二次高調波増大に関する研究 ～2つの光フィードバック系が

SHG 及び基本波スペクトルに与える影響～

関健雄 酒井雅文 芳賀佑介* 大澤康暁 佐藤孝* 大河正志* 丸山武男* 榛葉實**

新潟大学大学院自然科学研究科 *新潟大学工学部電気電子工学科 **東京電機大学工学部

1. まえがき

本研究では、半導体レーザから出ている内在的二次高調波(SHG:Second Harmonic Generation)について調べている。それは我々の研究室で行っている Rb 原子の D_2 吸収線(780.02nm)を外部波長基準とした半導体レーザの波長安定化を、現在光通信で用いられている 1.5 μm 帯半導体レーザに内在する二次高調波に適用するためである。実現できれば Rb 吸収線を用いた安定化法が、1.5 μm 帯半導体レーザの波長安定化に適応できると考えている。しかし、SHG 出力は基本波出力に比べて $10^{-8} \sim 10^{-9}$ 倍と極めて小さい。そこで、非線形光学結晶を用いた SHG 出力の増大が研究されている。⁽¹⁾ それに対し、我々は SHG 出力が基本波出力の2乗に比例して増加することを利用し、光フィードバック法によって基本波出力を増大させ SHG 出力の増大を試みている。⁽²⁾ この方法はまた、半導体レーザの発振スペクトル幅を狭窄化する働きもあり、光 FSK(Frequency Shift Keying)通信にも応用が可能な、良好な波長安定度が期待できる方法であると考えられる。

2. これまでの結果

これまでファブリ・ペロー (FP) レーザ、DFB(Distributed Feedback)レーザの2種類のレーザを用いてそれぞれ光フィードバック系を1つ使用した時の SHG 出力、そして基本波スペクトルを観測してきた。

FP レーザを使用した場合、光フィードバックにより SHG 出力が増大し、基本波スペクトルが変化することを確認することができた。

DFB レーザを使用した場合でも、光フィードバックにより SHG 出力が増大し、基本波スペクトルが狭窄化することを確認することができた。

しかし、光フィードバックは複数のパラメータで変化するので再現性が困難である。そこで光フィードバック系を2つ用いることにより光フィードバックがより安定に実現されたという報告⁽³⁾に基づき、我々の研究においても2つの光フィードバック系を用いることで SHG 出力が更に増大すると考えた。そこで、単純な共振器構造を持つ FP レーザを用いて、光フィードバック系を2つ利用した時の SHG 出力の増大、そして基本波スペクトルの変化を確認した。その結果、特定のモードにパワーが集中する傾向は見られたが我々の目標であるモード数の減少は確認できなかった。その時の実験系、SHG 出力、基本波スペクトルをそれぞれ図1、2、3に示す。

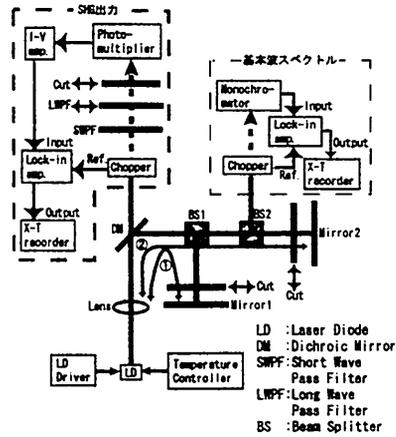


図1 実験系

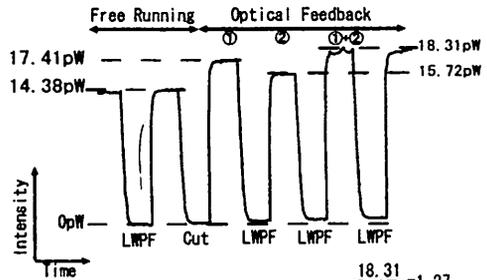


図2 SHG出力(ファブリ・ペローレーザ)

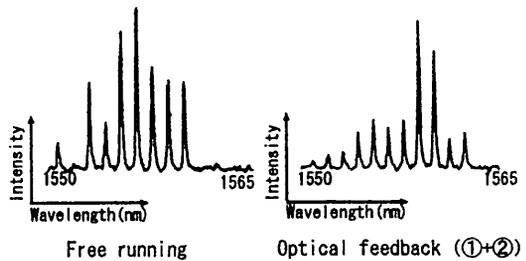


図3 基本波スペクトル(ファブリ・ペローレーザ)

3. 2つの光フィードバック系 (DFB レーザ)

今回は DFB レーザを用いて、光フィードバック系を2つ使用した時の SHG 出力と基本波スペクトルの観測を行った。

3.1 実験方法

実験系は FP レーザを使用した時と同様に図1で行う。LD は駆動電流を一定とし、温度変動が±0.01℃以下となるようにする。

レーザ光をレンズで平行光にし、ダイクロミックミラー(DM:Dichroic Mirror)により基本波成分の反射光と二次高調波成分の透過光とに分ける。

DM の反射光である基本波成分をビームスプリッタ(BS:Beam Splitter)1、2で、図の様に光を2つに分けミラー1、ミラー2を用い LD に光を戻し、光フィードバック系を作る。それぞれ光フィードバック系①、光フィードバック系②とする。

DM での透過光である SHG 成分は SWPF(Short Wave Pass Filter)に通し更に基本波成分を除去しフォトマルチプライヤー(PM:Photomultiplier)で受光する。この信号の S/N を上げるためにチョッパー(Chopper)でレーザ光に強度変調をかけ、ロックインアンプで同期検波し、X-T レコーダーで出力を記録する。PM で受光した信号がすべて SHG 出力であることを、LWPF と Cut 板を出し入れし、その時のゼロレベルが等しくなることで確認する。

BS2 で反射した光は基本波スペクトルを観測するためにモノクロメータ(Monochromator)に入射させる。モノクロメータの受光素子 PbS は連続光では測定できないのでチョッパーを通過させる。

3.2 実験結果

SHG 出力を図4に、基本波スペクトルを図5に示す。SHG 出力に関して、光フィードバック系がそれぞれ①のみ作用している時、そして①、②が同時に作用している時 SHG 出力の増大が確認できた。しかし、②のみが作用している時、SHG 出力の増大は確認できなかった。基本波スペクトルについて、やはり光フィードバック系が①のみ、そして①、②が同時に作用している時に変化が見られたがスペクトル幅は広がりパワーも小さくなってしまった。②のみが作用している時、変化は確認できなかった。

4. まとめと今後の課題

DFB レーザを使用した場合、光フィードバック系を2つ設定してもその内の1つは影響しづらいたことが確認できた。それは DFB レーザ内の回折格子が波長依存性を持った強い共振器の役割を果たしているため外部共振器の1つである光フィードバック系②が影響しづらいたためだと考えている。

今後は光学系やミラーの設定方法などを再考し、繰り返しこの実験を進めていきたい。

謝辞

本研究の一部は文部省科学研究費の援助により行われた。

参考文献

- (1)Michel Poulin,Christine Latrasse,Driss Touahri,Michel Tetu,Carl Paquet : "Compact frequency standard at

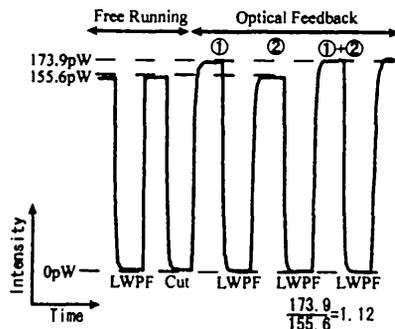


図4 SHG出力 (DFBレーザ)

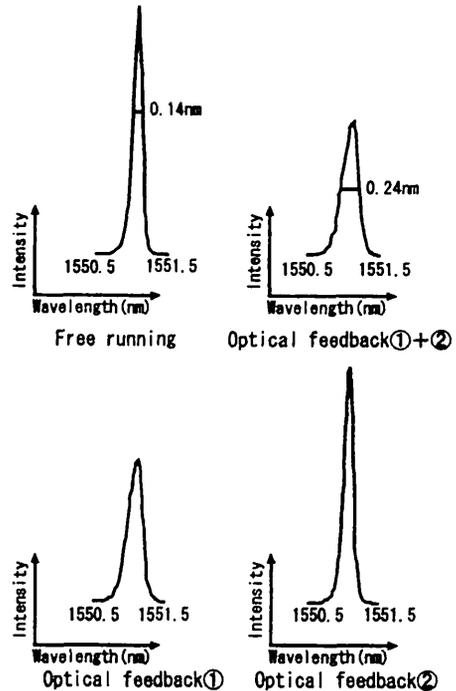


図5 基本波スペクトル (DFBレーザ)

- 1556nm based on the two-photon transition in rubidium at 778nm ", SPIE Conference on Laser Diode and Applications III, Vol.3415, pp.29-36 (1998-7)
- (2)丸山慎也, 岡崎 正, 佐藤 孝, 丸山武男, 榎葉實: "半導体レーザの光フィードバック時における基本波と内在的二次高調波" LQE-98-120(1999-01) 信学技報
- (3)F. Rogister, D.W.Sukow, P. Megret, O. Deparis, A. Gavrielides and M.Blondel, "All-optical technique for stabilization of an external cavity laser diode: Numerical and experimental demonstrations", SPIE conference on Physics and Simulation of Optoelectronic Devices VIII, [3944-58].