

論文名：

Frequency Stabilization of Laser Diode Using Atomic Spectrum and Optical Cavity

(原子のスペクトル及び光共振器を用いたレーザの周波数安定化の研究) (要約)

氏名 上原 知幸

---

本論文は、熱運動する原子のスペクトル及び光共振器の共鳴を基準信号として半導体レーザの発振周波数を高度に安定化した研究について述べており、5章から成っている。第1章は序論であり、半導体レーザの発振波長特性や従来の周波数安定化研究を概観する。また、著者が利用したファラデー方式、飽和吸収分光法、FM サイドバンド法を用いた周波数安定化法の概要について述べ、それらがレーザの周波数安定化に適當であることに言及する。加えて本論文の構成について述べる。第2章ではファラデー方式、飽和吸収分光法、FM サイドバンド法、2台のレーザのビート周波数安定化の理論を述べる。ファラデー方式とは磁気光学効果を用いた変調方式であり、レーザ光源の周波数に直接変調を加えずに周波数安定化をするための周波数基準に変調を加える方法である。このため、レーザの変調による周波数安定度の制限を受けることがないという利点がある。次に、飽和吸収分光法であるが、この方法では原子の吸収線のドップラー効果を取り除いた鋭い飽和吸収スペクトルを利用して、高度な安定化を行うことができる。また、FM サイドバンド法という、レーザ光に位相変調を加えてサイドバンドを生成しそのサイドバンドを用いて光共振器の情報を読み出し、レーザの周波数安定化を行う方法について述べる。この方法では、周波数基準として、光共振器を用いている。最後に、2台のレーザのビート周波数を原子時計の安定な発振周波数に安定化する方法について述べる。第3章では、上記の3つの手法を用いて、半導体レーザの周波数を安定化させたことについて述べる。著者はまず半導体レーザを構築し、原子のスペクトルおよび光共振器のスペクトルを観測した後、レーザ光に変調を加え、周波数基準スペクトルから得られた誤差信号を示す。誤差信号にはゼロクロス点が生成されるため、この誤差信号にレーザの周波数を安定化する。ファラデー方式においては、レーザの周波数を安定化するだけでなく、新たに開発した PEAK 方式を用いることにより、極めて大きな周波数弁別特性をもつ周波数安定化法を開発し導入した。周波数弁別利得が飛躍的に向上することにより、それに伴いレーザの周波数が改善した。また、FM サイドバンド法に $\gamma$ 型変調法を加えた方法を用いることにより、2台のレーザの周波数を同時に安定に保つ方法を見出したことについて述べる。また、2台のレーザのビート周波数をルビジウム原子時計の安定な発振周波数に安定化した結果について述べる。第4章では、ファラデー方式、飽和吸収分光法、FM サイドバンド法を用いて半導体レーザの周波数を安定化したことについて述べる。さらに、ファラデー方式においては新たに開発した PEAK 方式、FM サイドバンド法においては新規の $\gamma$ 型変調法を用いることにより、周波数安定度を高めることができたことについて述べる。さらに、重力波検出、周波数標準、物理乱数生成、2台のレーザによるマイクロ波生成を行ったことについて述べる。第5章は、結論であり、本論文の概要と将来への提言及び本研究の応用について述べる。