

J 7 位相共役鏡を用いた半導体レーザのモードロッキング

山田直人* 鈴木孝昌** 佐々木修己** 丸山武男**

* 新潟大学院自然科学研究科

** 新潟大学工学部

1. はじめに

光応用計測において用いられる半導体レーザは、周波数の安定性が高いこと(周波数雑音が低いこと)、発振スペクトル幅が狭いことなどが必要である。

そこで、それらを補正する一つの技術としてレーザの注入同期¹⁾(Injection locking)を用いたモードロッキングがある。これはマスターレーザの光をスレイブレーザのレーザ口に注入することにより実現できるが、高い注入効率を得るためにはやっかいな光軸調整を行わなければならない。今回我々は、相互励起型の二重位相共役鏡²⁾を構成し、その自動焦点作用を用いることで正確な光注入を実現した。ここでは、そのロックの方法と実験結果について報告する。

2. 相互励起型二重位相共役鏡による光注入

図1に今回用いた二重位相共役鏡の構成を示す。2つのインコヒーレントビームを結晶へ入射させ、Bird-wing型の位相共役鏡を構成した。2つの入射光 E_1 、 E_2 は互いの位相共役光 E_2^* 、 E_1^* になるので E_1^* 、 E_2^* は自動焦点作用により入射波がたどってきた経路に沿って互いの光源に戻っていく。従ってマスターレーザ側にアイソレータを挿入することによって、マスターレーザからスレイブレーザへの正確な光注入が実現できる。

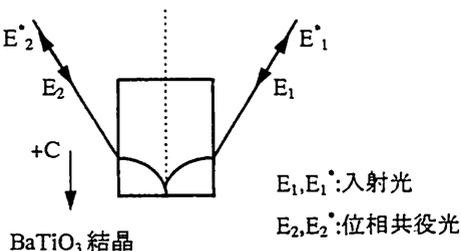


図1 Bird-wing型二重位相共役鏡

3. 実験装置とモードロックの確認について

図2に実験装置の構成を示す。2つの光源には発振波長約 690nm、光出力 30mW のほぼ特性のそろった半導体レーザ(LD₁、LD₂)を使用した。マスターレーザをLD₁、スレイブレーザをLD₂とし、各LDからの出射光を前述の Bird-wing型の構成になるようにフォトリフレクティブ結晶(BaTiO₃)に入射する。これにより発生する2つの位相共役光は光検出器(PD₁、PD₂)でそれぞれ測定する。

また各レーザの出射光を、ビームスプリッタBS₁、BS₂とり出し、BS₃で重ね合わせてPD₃により観測する。この際、スレイブレーザからの光には圧電素子(PZT₁)で正弦波振動($f=1\text{KHz}$)を与える。光注入によりスレイブレーザ(LD₂)の発振スペクトルがシフトし、モードロックがおきると、互いの発振スペクトルが一致する。このときPD₃では干渉波形が観測され、モードロックの確認を行うことができる。PD₁、PD₂、PD₃のデータは各々A/Dコンバータで計算機に取り込み、データの収集をした。

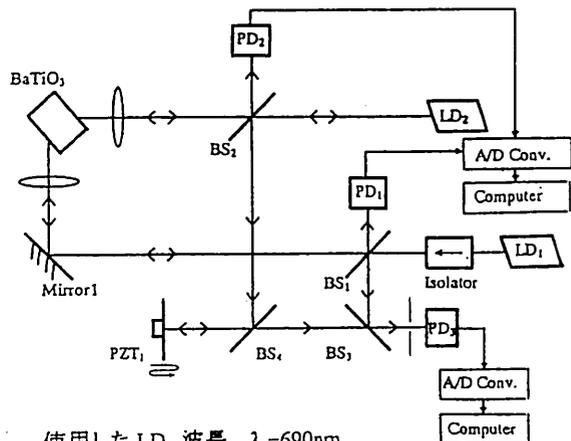


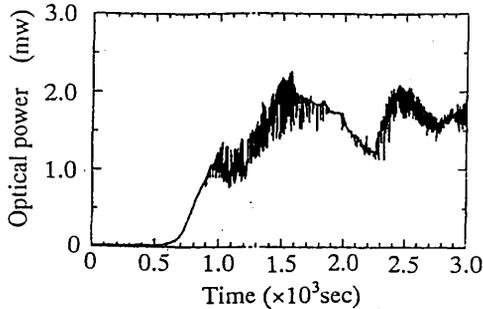
図2 実験装置の構成

4. 実験結果

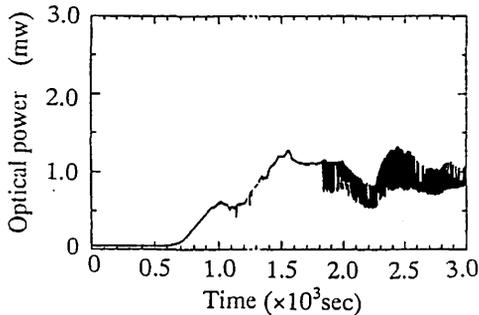
図3(a)、(b)に二つの位相共役鏡の時間応答波形を示す。これを見ると、約 600(sec) で位相共役光が発生し結晶内で同じ格子を共有しているので、応答波形はほぼ同じ形になる。また位相共役光の強度が安定しておらず、比較的擾乱に弱いことが分かる。

次に図4(a)、(b)に位相共役光発生前(光注入なし)と位相共役光発生後(光注入あり)のときの PD₃ の出力を示す。光注入なしでは(a)のように干渉波形を測定することはできないが、(b)ではマスターレーザの発振波長を調整することにより、干渉波形を測定することができた。

これによりモードロックが実現できたことが分かる。しかし長時間の観測では、干渉波形のビジビリティに変動が見られた。

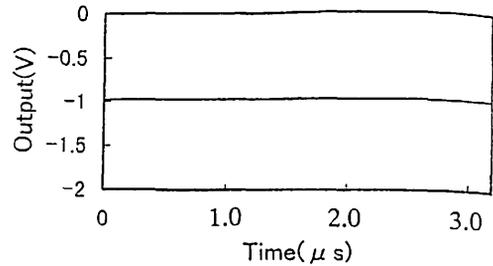


(a) PD₁ の出力

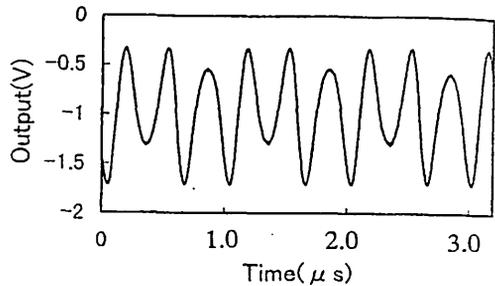


(b) PD₂ の出力

図3 位相共役光の時間応答波形



(a) 光注入なし



(b) 光注入あり

図4 PD₃ における検出信号

5. まとめ

相互励起型の二重位相共役鏡を用い、半導体レーザのモードロックを試みた。この結果、マスターレーザからスレイブレーザへの正確な光注入が行え、干渉波形を測定することにより、モードロックの確認ができた。

今後は、相互励起型二重位相共役光の強度変動を抑制し、モードロックの状態を長く安定に保つため、本システムの安定性を高める必要があると考えられる。

参考文献

- 1) T.Shimura, M.Tamura, and K.Kuroda: "Injection locking and mode switching of a diode laser with a double phase-conjugate mirror" Opt.Lett. vol.18, No.19 (1993)
- 2) M.D.Ewbank: "Mechanism for photorefractive phase conjugation using incoherent beam" Opt.Lett. vol.13, No.1 (1988)