

モード同期レーザーのキャリアエンベロープオフセット周波数検出と評価

日大生産工 平澤航生 鈴木秀国
日本大学生産工学部専任教員 石澤淳 野邑寿仁亜

1. 背景

周波数領域で等間隔で並ぶ楕型のスペクトルを持つモード同期レーザーのキャリアエンベロープオフセット周波数(f_{ceo})と繰り返し周波数を制御した光周波数コムは、高精度測定や通信で重要な役割を果たす。我々は、光周波数コムの高出力化と光雑音特性の改善について研究を実施している。そこで、自作の後方励起の光増幅器でモード同期レーザーを高出力化し、高非線形ファイバーでスペクトルを拡張し、自己参照法による f_{ceo} の検出と評価を実施した。

2. 実験方法および実験結果

まず、エルビウム添加ファイバー増幅器(EDFA)を作製する際に必要な材料の選定とそれに応じた性能の比較を先行研究について文献調査[1-4]を行った。この結果から後方励起のEDFAが主流であることが分かった。その為、我々も後方励起のEDFAを作成することになった。次に、後方励起EDFAに用いる1.48 μm レーザーダイオード(LD)の性能試験を行った。この試験は電流ドライバーを使用して、波長1.48 μm の励起LD(FOL1425RUX-617-1468)の駆動電流ごとの光パワーの測定を行った。その結果を図1に示す。

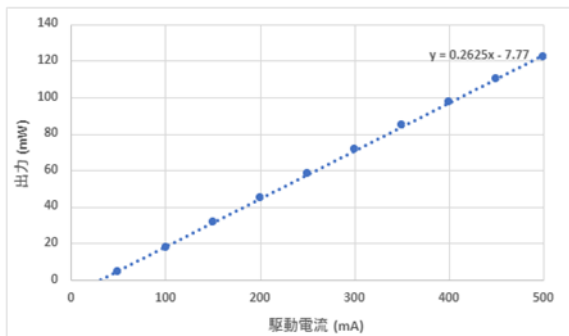


図1 励起LDの性能試験の測定結果
この結果から、発振閾値は18 mAで100 mAから450 mAまでの間の傾きは0.26 W/Aであった。また、駆動電流が500 mAで139 mWの出力で励起が達成されており、580 mAほど印加

すればこの出力を維持できると考えられる[1]。LDの最大パワーはスペックシートより400 mWであるため、励起が起こるまでに必要な電流値は問題ないと考えられる。

次に、1550 nmの半導体レーザーを用いて50:50カプラーの性能試験を行った。その結果を表2に示す。

表2 50:50カプラーの検査結果

入力波長	出力ポート (nm)	パワープ (mW)	アイソレーション (dB)	挿入損失 (dB)
1480 nm	1480	22.10	36.6	0.3
	1550	0.005		
入力波長	出力ポート (nm)	パワープ (mW)	アイソレーション (dB)	挿入損失 (dB)
1550 nm	1480	0.001	41.6	1.1
	1550	14.48		

この結果とテストシートと比較すると、Input 1を入力した時の挿入損失はテストシートの値と近い値となった。その為、このカプラーはEDFAの作成に使用しても問題はないと考えられる。

次に分散シフター(DS)の最適な長さ、最適領域及び最適分散値を求めた。DSとは、共振器からEDFAまでの長さのことを示しており、この領域における分散量によって増幅後のパワーが変化し、最もスペクトルが広がるピークの存在があることが明らかになっている[2]。本研究は偏波保持ファイバ(PMF)を使用するため、シングルモードファイバ(SMF)ではなくPMFの場合の最適な長さを求めた。参考文献[1-4]より、PMFでのDSの最適な長さは3 m～4.6 mであると推測できた。また、DSの長さを調整する際に、先行研究[4]では8 mから50 cmずつ短くしていくことが報告されている。この結果を踏まえて、共振器出口から50:50カプラーまでの長さを測ると偏波保持アイソレータが1.2 m、50:50カプラーの長さが1.2 mで新しく追加する二つ目のカプラーの長さが2.1 mとなり合計4.5 mとなることが分かった。これはPMFでのDSの最適領域の範囲に収まっている為、4.5 mから50 cmずつDSの長さを調整することにした。

最後に1480/1550 nmのWDMカプラーの性能検査を行った。この検査では50:50カプラー

Carrier Envelope Offset Frequency Detection and Evaluation of Mode-Locked Lasers

Koki HIRASAWA, Hidekuni SUZUKI, Atsushi ISHIZAWA, and Junia NOMURA

の検査で使用したレーザー(出力18.68 mW)と波長1480 nm LD(FOL-1425RUX-617-1469)を用いて入力波長が1480/1550nmのときのそれぞれのパワーとアイソレーションの測定を行った。その結果を表3に示す。

表3 1480/1550 nmの性能検査

入力波長	出力ポート (nm)	パワーP(mW)	アイソレーション(dB)	挿入損失(dB)
1480 nm	1480	22.10	36.6	0.3
	1550	0.005		
入力波長	出力ポート (nm)	パワーP(mW)	アイソレーション(dB)	挿入損失(dB)
1550 nm	1480	0.001	41.6	1.1
	1550	14.48		

上記の結果から、スペックシートと比較するとスペックシートではアイソレーションが30 dB、挿入損失が0.4 dBとなっている為、EDFAに使用しても問題はないと考えられる。

3. まとめ

本研究では、 f_{ceo} 検出用の後方励起のEDFAの作製に必要な部品の動作確認を実施した。このEDFAを作製する際に心がけた点は、各部品の選定とその性能の評価とDSの最適領域及びピークの算出である。各部品の性能評価に関してはスペックシートと比較しても遜色ないことが明らかになった。各部品の選定は各先行研究の記述からEDFAの入出力パワー、EDFの励起LDの波長・パワー、励起方向、EDFの長さ・型番・吸収・群速度分散、EDFAの分散値など様々な項目をピックアップして調査を行い、それぞれの値を比較して、どの値が最も適切であるかを確かめることができた。DSの最適分散およびピークの算出に関しては先行研究の値が異なっていた為、各先行研究の最適分散値と本研究で使用するPMFの分散値 $-0.02398 \text{ ps}^2/\text{m}$ より、DSの長さは $\text{DS} = \text{最適分散値} / \text{PMFの分散値}$ となることからDSの長さの最適領域を求めることができた。

今後の展望としてはEDFAを図2のように構成し箱詰めを行って f_{ceo} を検出する。

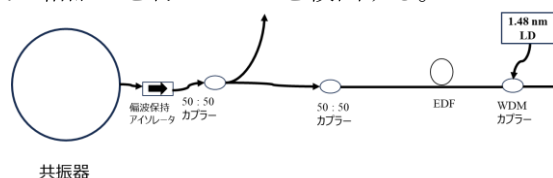


図2 EDFA完成図

参考文献

- [1] 山田 優子, 横浜国立大学修士論文, (2017).
- [2] Y.Nakajima et Al, Opt Communications, 281,17(2008)

[3] 朝比奈 優, 横浜国立大学修士論文, (2018).

[4] 田口 佳穂, 横浜国立大学卒業論文, (2017).