Pr ドープ耐候性フッ化物ファイバの小信号利得計測-熱的影響の検討-

Measurement of small signal gain in Pr-doped waterproof fluoride glass fiber

-Examination of thermal effects-

千葉工業大学, (M1)池田 匠, (B)落合 慶亮, (B)黒澤 司, (B)高橋 光, (B)梨本 夏帆, 藤本 靖

Chiba Institute of Technology, (M1) Takumi Ikeda, (B) Keisuke Ochiai, (B) Thukasa Kurosawa

(B) Hikaru Takahashi, (B) Natsuho Nashimoto, Yasushi Fujimoto

1. 概要

Pr ドープ耐候性フッ化物ファイバ(Pr:WPFGF)[1]を用いた高出力可視光レーザーの設計には小信号利得特性の理解が重要である。Pr:WPFGF を用いた可視光レーザーの発振は確認されており [2]小信号利得特性を理論上推定することは可能であるが,これまでにその実験的な検証はなされていない。

本発表は Pr:WPFGF を用いた小信号利得計測を行い,小信号特性を実験的に求める手法とその成果を報告するものである。

2. Pr:WPFGF の小信号利得の測定

ファブリペロー共振器におけるレーザー発振条件は次式で示される。

$$1-(r_1r_2)\exp(2(\gamma-\alpha)l)=0 \qquad (1)$$

ここで r_1,r_2 は共振器ミラーの振幅反射係数, α , γ ,l はそれぞれ増幅媒質の吸収,利得係数,及びその長さである。これを利得係数 γ について解くと

$$\gamma=\alpha-\frac{1}{2l}\ln(r_2r_1) \qquad (2)$$

となる [3]。この関係式を用いることで,利得媒質の小信号利得から共振器の設計を行うことができる。

我々はこの小信号利得測定のために次のような実験系を組んだ。

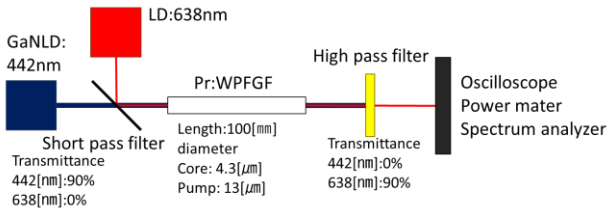

図 1.小信号利得測定実験系

図 1 は実験系の概略図である。実験にはコア径 4.3 μm ポンプ径 13 μm のダブルクラッドファイバーを使用する。励起光源として 442 nm の GaN-LD を使用し,プローブ光源に 638nm の LD(K63S03F-0.02W-S)を使用する。ショートパスフィルタ(Edmund Optics, TS-SPF-550nm-47288)を用い合波した後,ファイバに入射。ファイバから出射した光のうち励起の漏れ光をハイパスフィルタ(Y-52)にて遮断する。増幅されたレーザー光の出力は主にオシロスコープで測定し、必要に応じてパワーメーターやスペクトルアナライザ(OSA)を使用する。

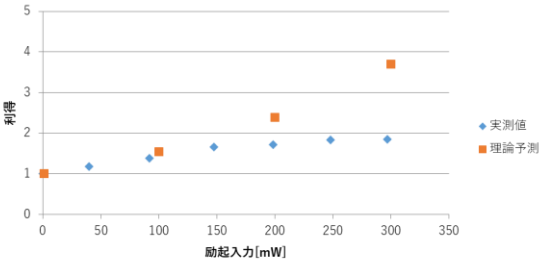

図 2.Pr:WPFGF の小信号利得特性

この実験系を用いた小信号利得特性測定の結果を図 2 に示す。GaN-LD 励起入力が 150mW を超えると理論値から大きく離れ,飽和する傾向が示された。

原因として熱の影響を考えている。Pr:WPFGF の線膨張係数は 130×10^{-7}℃$^{-1}$ であり,100 mm のファイバの温度が 10℃変化すると 13μm 変化することを示している。今回の実験系では焦点距離 14.5 mm の集光レンズを使用している。波動光学のもと計算すると集光前のプローブ光の直径が 2 mm のとき,焦点での直径は 2.94 μm になる。また,ファイバ長が 13 μm 変化するとプローブ光の直径は 4.38 μm に広がることになる。

この問題を解消するためには 2 つの手法が考えられる。1 つはファイバの効率的な冷却機構を設計し導入する。もう 1 つは励起光のデューティー比を熱の影響が無視できる程度に低くして測定を行うものである。実験検討の詳細は当日報告する。

参考文献

1) Y. Fujimoto, et al Progress in Quantum Electronics, 37, pp.185-214(2013)
2) 近畿大学大学院 総合理工学研究科 エレクトロニクス系工学専攻 博士論文 梶川翔太 Pr ドープ耐候性フッ化物ファイバを用いた可視光ファイバーレーザーの開発に関する研究(2019)
3) 多田邦夫,神谷武志監訳 原書 6 版ヤリーヴ-イェー 光エレクトロニクス 基礎編(2010)

© 2019年 応用物理学会