

サイドローブ抑制可飽和吸収体位相同期マルチコアファイバーレーザー

Phase-locked multicore fiber laser by saturable absorber with side-lobe suppression

久保内 照雄, 白川 晃 (電通大レーザー研)

Teruo Kubouchi, Akira Shirakawa (Institute for Laser Science)

E-mail: t_kubouchi@ils.uec.ac.jp

1. はじめに

我々は同一ファイバー内に複数の活性コアを持つマルチコアファイバーを使い非線形効果の上限を上げ、ファイバーレーザーのパワーのスケールアップを行うことを研究している。最近 Yb^{3+} 添加マルチコアフォトニック結晶ファイバー (MCPCF) を使い、可飽和吸収体により in-phase モードの選択と Q スイッチ発振を同時に実現する方法を考案・実証している[1,2]。今回、遠視野でのサイドローブの抑制により可飽和吸収体による in-phase モードの選択率の向上に取り組んだので報告する。

2. 原理

Fig. 1 に今回使用した Yb 添加 6 コア MCPCF の断面図を示す[1,2]。MCPCF はコアの数だけスーパーモードが励振される。遠視野で各コアからの電界が強め合い中心に大きな強度分布を持つモードを in-phase モード (Fig. 2. (a)) といい、他のモードに比べピーク強度が高くなる。この in-phase モードの選択法として今回可飽和吸収体 (SA) を用いた。SA は、強度が低い光には損失を与え、強度が高い光には損失が低くなる。よって、共振器内の MCPCF の遠視野に SA を置くことにより、ソフトアパーチャーとして in-phase モードを選択励振することが可能である。しかし空孔の存在により、in-phase モードのサイドローブが大きく SA に対する透過率が低いため損失となってしまう。従って in-phase モードと高次モードの透過率の差が数パーセントしか生じず、モード選択に限界があった[1,2]。今回、MCPCF 出射端面側の空孔を徐々に消滅させることによりサイドローブの抑制 (Fig. 2. (b)) を行った。これにより SA での in-phase モードと他のスーパーモードの有効面積の差が大きくなり、空孔サイズ $1\mu\text{m}$ では SA のモードごとの透過率の差が 20% となる (Fig. 3)。今回、このサイドローブの抑制により高エネルギー時での安定した Q スイッチ動作とモード選択を目指した。

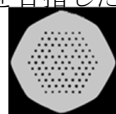


Fig. 1. Yb-doped 6 core MCPCF

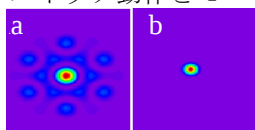


Fig. 2. Calculated far-field profiles of the 6-core MCPCF with (a) normal fiber end and (b) suppressed side-lobe

参考文献 [1] A. Shirakawa *et al.*, Photonics West 2014, 8961-8

[2] 久保内照雄 他, レーザー学会学術講演会第 35 回年次大会, B5-12aVII-9 (2015)

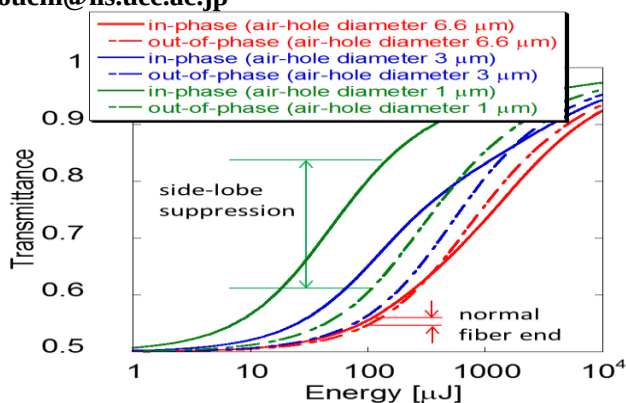


Fig. 3. Transmittance changes for in-phase and out-of-phase mode with different air-hole diameters

3. 実験及び結果

Fig. 4 に実験配置図を示す。SA として Cr:YAG を用いた。発振波長 975 nm のファイバー結合半導体レーザーを用い、6 コア MCPCF を励起した。MCPCF の入射側にダイクロイックミラー (DM1) を近接接合し、出射側にはエンドシールを施して空孔構造を消滅させることによりサイドローブを抑制した。焦点距離 15 mm のレンズによるフーリエ変換により MCPCF からの遠視野像を SA 中に形成した[2]。出力透過鏡 (OC) (透過率 80%) は可飽和吸収体と近接接合して配置し、DM1 と共振器を構成した。そして、出力・遠視野像・パルス波形を測定した。その結果、平均出力 2.47 W ・最大パルスエネルギー $22\text{ }\mu\text{J}$ ・パルス幅 580 ns ・最大ピークパワー 50 W を得た。Fig. 5 にエンドシールを施していない場合の実測遠視野像 (a)[2] と施している今回の実測遠視野像 (b) を示す。このようにサイドローブを抑制することができた。詳細は当日報告する。

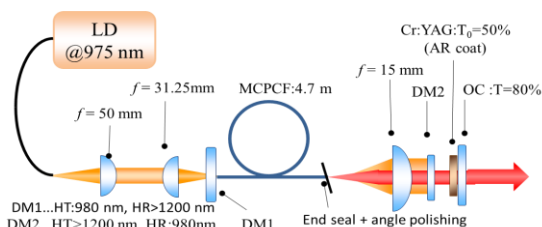


Fig. 4. Phase-locked MCPCF laser with side-lobe suppression

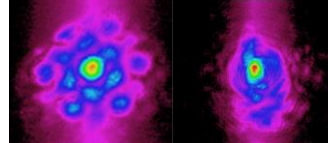


Fig. 5. Measured far-field profiles in the cases of (a) normal fiber end and (b) suppressed side-lobe