Yb 添加マルチコアフォトニック結晶ファイバーによるファイバー増幅

Fiber amplification by Yb-doped multi-core photonic crystal fiber

○(M2)文全営、白川晃(電通大レーザー研)

Quanying Wen, Akira Shirakawa (ILS, Univ. of Electro-Communications)

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

1.はじめに

ファイバーレーザーは、高効率、高冷却性、高ビ ーム品質等の優れた特長を持っている。一方、非 線形光学効果や、ファイバー端面の損傷により性 能が制限される。マルチコアファイバー(MCF)レ ーザーはコヒーレントビーム結合(CBC)によって、 コア数に応じた高出力・高エネルギー化が可能と なる。MCF 中の各コアを伝播する光はエバネッセ ント結合によって、コアの数と同数のスーパーモ ードを形成する。本研究ではYb³⁺添加7コアマル チコアフォトニック結晶ファイバー(MCPCF)(図 1)を用いて、各コアの電界が同位相で遠視野で高 輝度なビームを形成する in-phase モード増幅につ いての研究を行う。



図 1. Yb³⁺添加 7 コア MCPCF の構造パラメータ

2.スーパーモード

本研究で用いた Yb³⁺添加 MCPCF は Yb³⁺を添加し たコアの周りの周期的空孔構造によって、各コア のシングルモード伝搬を実現している。コア間は エバネッセント光により結合している。この結合 によってコア数と同数のスーパーモードを形成す る。MCPCF の構造パラメータ[1](図 1)を用い、 市販のモードソルバ FIMMWAVE を使用して、有 限要素法によりスーパーモードの近視野電界分布 及び遠視野強度分布を計算した(図 2)。特に、最 大の有効屈折率を持つモードは in-phase モード、 最小の有効屈折率を持つモードは out-of-phase モ ードと呼ばれる。in-phase モードはすべてのコアが 同じ位相を持っており、遠視野では中心にピーク パワーがある。



図 2. MCPCF のスーパーモード

3.実験装置

計算で求めた in-phase モードの電界分布とシン

グルモードファイバー出力の電界分布の重なり 積分により MCPCF への結合効率ηを求め、ビー ム半径 ω 依存性を求めた。この計算により最適な レンズ倍率を決めることができる。その設計の下、 図 3 の実験系を構築した。波長 1064nm のシング ルモードファイバー出力のファイバーレーザー の種光を、7 コア MCPCF の in-phase モードにレ ンズ系を介して結合する。励起光は MCPCF のク ラッドに入射して、in-phase モードの高出力増幅 を行う。出射側のダイクロイックミラー(DM)で反 射した出射光をガラス板で分岐し、ビーム形状と 出力を同時に測定した。



図 3. Seed Fiber Laser の増幅の実験系

25.5W 励起で出力 1.07W が得られ、約 10 倍の増 幅率が得られた。同時に 1.9m 長伝搬後のファイ バー端面で 15.5W 励起時の近視野像を観測する と、MCPCF に触れると強度分布が容易に変化す る様子が観察された。。。遠視野像についても、中 心にピークを持ち、且つサイドローブの強度が低 い in-phase 様の遠視野像が観測された。この遠視 野像も MCPCF に触れると像が変化した(図 4)。



図 4. 15.5W 励起時の遠視野像

本研究では、7 コア MCPCF を用いて、in-phase モード増幅に成功した。ファイバーレーザー種光 を7 コア MCPCF に自由空間結合し、近視野像及 び遠視野像の評価を行った。25.5W 励起で出力 1.07W と約 10 倍に増幅した。像は時間の経過に対 し安定である。しかし、MCPCF に触れると変化し 高次モードが励振されていると考えられる。安定 性を向上し、モード解析を行いたい。

参考文献

[1] T. A. Birks, J. C. Knight, P. St. J. Russell, "Endlessly singlemode photonic crystal fiber," Opt. Lett. **22**, 13, pp.961-963, 1997.