

## シングルモードダブルクラッド構造 Dy<sup>3+</sup>ドープ耐候性フッ化ファイバを用いた黄色(575 nm)レーザーの高効率化

Higher output of yellow (575 nm) laser by single-mode double-clad structured Dy<sup>3+</sup>-doped waterproof fluoro-aluminate glass fiber

○黄金井 彩花, 桂川 寛也, 小林 将太, 石井 修<sup>1</sup>, 山崎 正明<sup>1</sup>, 藤本 靖

(千葉工業大学, <sup>1</sup>(株)住田光学ガラス)

○Ayaka Koganei, Hiroya Katsuragawa, Shota Kobayashi, Osamu Ishii<sup>1</sup>, Masaaki Yamazaki<sup>1</sup>, Yasushi Fujimoto (Chiba Institute of Technology, <sup>1</sup>Sumita Optical Glass, Inc.)

### 1. はじめに

波長 575~590 nm で発光する黄色レーザーはニキビ治療や科学研究等の多くの用途に応じた、幅広い研究がされてきた。特に医療分野では、オキシヘモグロビンの吸収に優れているため、毛細血管拡張症やその他の疾患の治療に 2 W の臭化銅レーザーが使用されてきた[1, 2]。近年青色レーザーダイオード (LD) の出力向上により、可視光ファイバレーザーの研究が増加している[3]。これまでに LD 励起のマルチモードシングルコア Dy<sup>3+</sup>ドープファイバを使用した黄色レーザーの作製が報告されている[3, 4]。シングルモードダブルクラッド構造のファイバにすることで、高いビーム品質と高出力を備えたファイバレーザーを作製することが可能である[5]。そのため、本研究では、シングルモードダブルクラッド構造 Dy<sup>3+</sup>ドープ耐候性フッ化物ファイバ (Dy<sup>3+</sup>:SM-DC-WPFGF) を用いた黄色レーザーの高出力化について報告する。

### 2. 黄色ファイバレーザー構成とその特性

本研究で使用した黄色レーザーの実験装置を Fig.1 に示す。Dy<sup>3+</sup>:SM-DC-WPFGF は波長 450 nm の GaN-LD (OSRAM PLPT9 450LB\_E) で励起され、5 枚のレンズで集光し、ファイバの両端にミラーを設置し、透過することでレーザー発振される。LD 光の集光径は Fast 軸が最小のとき Fast 軸:5.3 μm、Slow 軸:19.1 μm であり、Slow 軸が最小のとき Fast 軸:11.8 μm、Slow 軸:15.0 μm であった。このときのファイバの内クラッド径は 24.9 μm のため収まっている。レーザー入出力特性について Fig.2 に示す。ファイバ長は 64.6 cm、Output coupler は 575 nm の透過率が異なる 4 種類を使用した。Output coupler 22.2% のとき、シングルモードの黄色ファイバレーザーでは世界

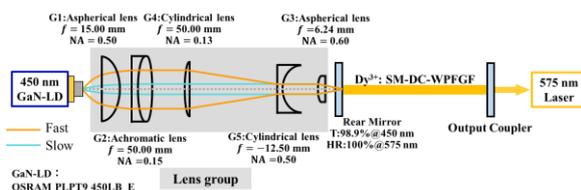


Fig.1. Experimental setup of Dy<sup>3+</sup>:SM-DC-WPFGF yellow laser

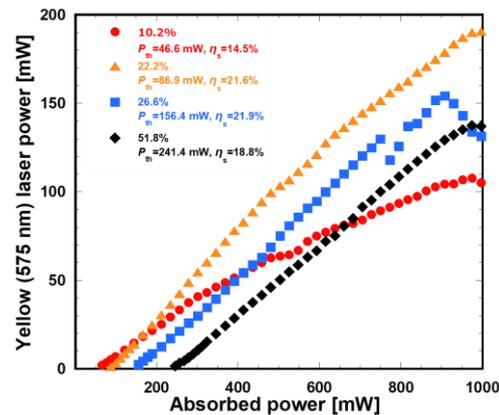


Fig.2. Input/Output characteristics which depends on transmittance of output coupler

で初めてレーザーパワー190.5 mW を得た。

今後さらにレーザーパワーを向上させるためには、現在 42.5% のカップリング効率の向上が必要不可欠である。これを改善するためには、集光光学系を見直す必要がある。集光光学系を Fig.1 に示す 5 枚のレンズから、Fast 軸用シリンダリカルレンズと Slow 軸用シリンダリカルレンズ、非球面レンズの 3 枚に変更し、カップリング効率の向上を行う。

### 参考文献

- [1] S. E. McCoy, "Copper bromide laser treatment of facial telangiectasia: Results of patients treated over five years," *Lasers in Surgery and Medicine*, vol. 21, no. 4, pp. 329-340, 1997.
- [2] E. Kantola, et al, "VECSEL-Based 590-nm Laser System With 8 W of Output Power for the Treatment of Vascular Lesions," *Ieee Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, vol. 25, no. 1, Jan-Feb, 2019.
- [3] J. H. Zou, et al, "Direct generation of watt-level yellow Dy<sup>3+</sup>-doped fiber laser," *Photonics Research*, vol. 9, no. 4, pp. 446-451, Apr, 2021.
- [4] T. Okazaki, et al, "Diode pumped visible Dy<sup>3+</sup>-doped silica fiber laser: Ge-co-doping effects on lasing efficiency and photodarkening," *Applied Physics Express*, vol. 15, no. 1, Jan 1, 2022.
- [5] S. Kajikawa, et al, "Single-mode visible laser oscillation in Pr-doped double-clad structured waterproof fluoro-aluminate glass fibre," *Electronics Letters*, vol. 52, no. 10, May 12, 2016.