

# 中国激光

## 基于自研光纤的 LD 泵浦光纤激光器实现 10 kW 输出

高功率高光束质量光纤激光器在工业和国防等领域有着重要的应用。由于受到非线性效应、模式不稳定效应、热效应等因素的限制,采用半导体泵浦源(LD)直接泵浦的单纤高光束质量 10 kW 以上光纤激光器的报道较少。在工业产品领域,国内武汉锐科激光技术公司及深圳创鑫激光技术公司于 2021 年分别发布了功率大于 12 kW 的单纤高功率光纤激光器产品,由于均采用芯径较大的增益光纤和传输光纤,输出光束质量较差。在科研领域,中国工程物理研究院和中国科学院上海精密机械研究所的研究人员分别于 2018 年和 2019 年报道了 LD 泵浦的大于 10 kW 的光纤激光器,但是其光束质量( $M^2$ )均大于 3。实现高光束质量的 LD 泵浦的 10 kW 光纤激光器需要综合平衡和抑制激光器中的非线性效应、模式不稳定效应、热效应等,具有较大难度。

本课题组基于自研的掺镱光纤,通过后向泵浦提升了受激拉曼散射(SRS)阈值,采用 981 nm 泵浦源提升了模式不稳定效应(TMI)阈值,实现了功率大于 10 kW、光束质量  $M^2$  约为 2.7 的激光输出。激光器

实验结构如图 1 所示,其中 MFA 为模场适配器。采用主振荡功率放大(MOPA)结构,该结构的种子激光功率为 150 W,中心波长为 1080 nm,放大级采用后向泵浦方式;多组 LD 经过泵浦/信号合束器(PSC)合束后进入双包层掺镱光纤(YDF)。该掺镱光纤为自研的大模场双包层掺镱光纤,纤芯模场面积为  $\sim 700 \mu\text{m}^2$ ,数值孔径为  $\sim 0.06$ ,掺镱光纤在 981 nm 处的吸收系数为  $\sim 0.6 \text{ dB/m}$ ,长度为  $\sim 35 \text{ m}$ ,可以保证充足的泵浦吸收。放大器输出的激光经过包层光滤波器(CLS)后,由光纤端帽(QBH)扩束输出。激光器的功率曲线和转换效率曲线如图 2(a)所示,在最高 13 kW 泵浦功率时,实现了 10.1 kW 的激光功率输出,转换效率为  $\sim 77\%$ 。最高功率时的输出激光光谱如图 2(b)所示,光谱的 3 dB 带宽为 4.7 nm,未观察到明显的拉曼光成分。最高功率时的光束质量如图 2(c)所示, $x$  和  $y$  方向的光束质量因子  $M_x^2$  和  $M_y^2$  分别为 2.8 和 2.6。在该实验中,光纤激光器功率的进一步提升主要受限于泵浦功率。通过进一步提升泵浦能力并结合高效热控,有望实现更高功率的激光输出。

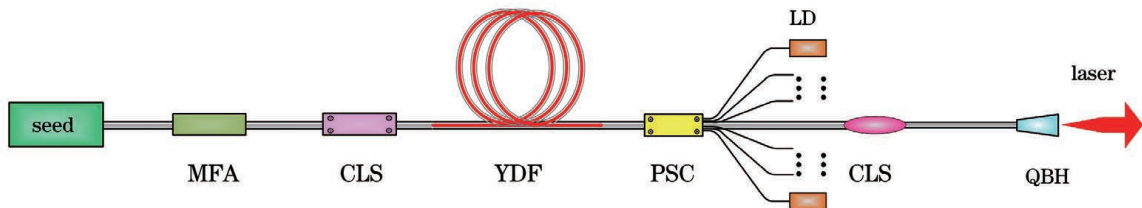


图 1 LD 泵浦的 10 kW 高光束质量光纤激光器的实验结构

Fig. 1 Experimental structure of LD-pumped 10 kW fiber laser with high beam quality

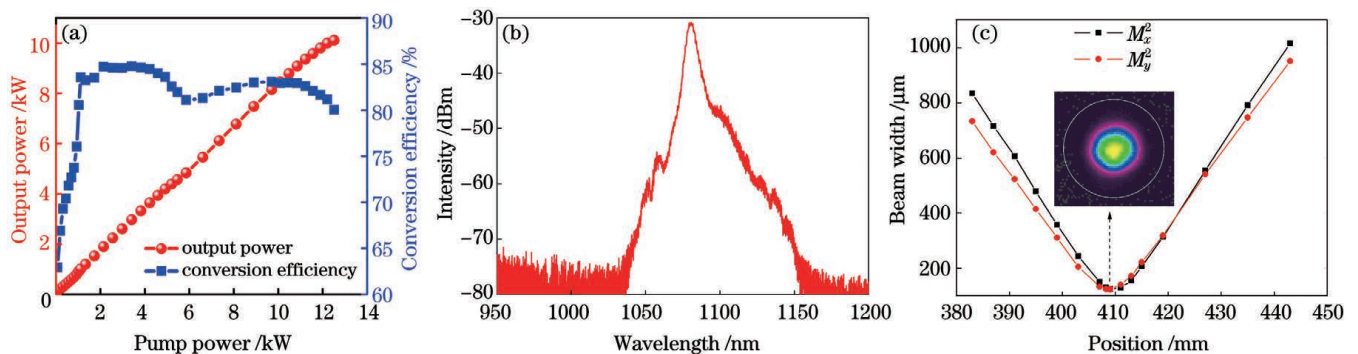


图 2 激光器的输出特性。(a) 输出功率与转换效率;(b) 输出激光光谱;(c) 光束质量

Fig. 2 Output characteristics of laser. (a) Output power and conversion efficiency; (b) output spectrum of laser; (c) beam quality

杨保来<sup>1,2,3</sup>, 杨欢<sup>1,2,3</sup>, 王鹏<sup>1,2,3</sup>, 黄良金<sup>1,2,3</sup>, 奚小明<sup>1,2,3</sup>, 张汉伟<sup>1,2,3</sup>, 陈子伦<sup>1,2,3</sup>, 闫志平<sup>1,2,3</sup>,  
史尘<sup>1,2,3</sup>, 肖虎<sup>1,2,3</sup>, 潘志勇<sup>1,2,3\*</sup>, 王小林<sup>1,2,3\*\*</sup>, 王泽锋<sup>1,2,3\*\*\*</sup>, 周朴<sup>1,2,3</sup>, 许晓军<sup>1,2,3</sup>, 陈金宝<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> 国防科技大学前沿交叉学科学院, 湖南 长沙 410073;

<sup>2</sup> 国防科技大学南湖之光实验室, 湖南 长沙 410073;

<sup>3</sup> 脉冲功率激光技术国家重点实验室, 湖南 长沙 410073

通信作者: \*panzy168@163.com; \*\*chinaphotonics@163.com; \*\*\*zefengwang\_nudt@163.com

收稿日期: 2022-07-04; 修回日期: 2022-07-27; 录用日期: 2022-08-02