



·强激光物理与技术·研究快报·

## LD 直接泵浦全光纤激光器输出功率突破 20 kW

奚小明<sup>1,2</sup>, 杨保来<sup>1,2</sup>, 张汉伟<sup>1,2</sup>, 潘志勇<sup>1,2</sup>, 黄良金<sup>1,2</sup>, 王 鹏<sup>1,2</sup>, 杨 欢<sup>1,2</sup>, 史 尘<sup>1,2</sup>,  
闫志平<sup>1,2</sup>, 陈子伦<sup>1,2</sup>, 王小林<sup>1,2</sup>, 韩 凯<sup>1,2</sup>, 王泽锋<sup>1,2</sup>, 周 朴<sup>1</sup>, 许晓军<sup>1,2</sup>

(1. 国防科技大学 前沿交叉学科学院, 长沙 410073; 2. 国防科技大学 南湖之光实验室, 长沙 410073)

**摘 要:** 高功率光纤激光器具有高效率、小体积、低成本、抗回光能力强等突出优点, 在工业加工等应用领域中具有明显的竞争优势。近期, 国防科技大学基于光纤耦合半导体激光器(LD)直接泵浦的主振荡功率放大器(MOPA)实现了单纤 20.27 kW 的功率输出。放大器采用纯后向泵浦方案, 中心波长 1080 nm, 光光效率达到 84.8%, 拉曼散射抑制比大于 50 dB。通过优化光纤和器件的设计, 可进一步提升激光器的功率和光束质量。

**关键词:** 光纤激光器; 光纤放大器; 半导体激光器; 后向泵浦

中图分类号: TN242

文献标志码: A

doi: 10.11884/HPLPB202335.220424

## 20 kW monolithic fiber amplifier directly pumped by LDs

Xi Xiaoming<sup>1,2</sup>, Yang Baolai<sup>1,2</sup>, Zhang Hanwei<sup>1,2</sup>, Pan Zhiyong<sup>1,2</sup>, Huang Liangjin<sup>1,2</sup>, Wang Peng<sup>1,2</sup>, Yang Huan<sup>1,2</sup>,  
Shi Chen<sup>1,2</sup>, Yan Zhiping<sup>1,2</sup>, Chen Zilun<sup>1,2</sup>, Wang Xiaolin<sup>1,2</sup>, Han Kai<sup>1,2</sup>, Wang Zefeng<sup>1,2</sup>, Zhou Pu<sup>1</sup>, Xu Xiaojun<sup>1,2</sup>

(1. College of Advanced Interdisciplinary Studies, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China;

2. Nanhu Laboratory, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

**Abstract:** Thanks to the advantages of compact, inexpensive and high conversion efficiency, high power fiber lasers are highly desired in industry applications. Recently, an all-fiber high power fiber amplifier directly pumped by laser diodes (LDs) was experimentally established. A maximum power of 20.27 kW was achieved with the optical-to-optical efficiency of 84.8%, central wavelength of 1080 nm, and Raman-suppression ratio of >50 dB. We believe that the brightness and the output power can be further improved by optimizing the design of the Yb-doped fiber and devices.

**Key words:** fiber laser, fiber amplifier, laser diode, backward pumping

高功率光纤激光器具有光束质量好、转换效率高、热管理方便等优点, 在激光切割、激光焊接、增材制造等工业加工领域有着广泛的应用需求<sup>[1-2]</sup>。为了提高产品竞争力, 国内创鑫激光、锐科激光等公司都推出了 12 kW 的低成本单模块光纤激光器, 用以替代高成本的多模块功率合束光纤激光器。2022 年, 中国工程物理研究院和国防科技大学等单位也报道了基于级联泵浦的 20 kW 单链路全光纤激光器<sup>[3-5]</sup>。受限于半导体激光器(LD)亮度以及泵浦光的注入能力, LD 直接泵浦的光纤激光器在输出功率方面一直滞后于级联泵浦方案的发展。2019 年, 中国科学院上海光学精密机械研究所陈晓龙等人报道了基于国产器件的 LD 直接泵浦 10 kW 单纤激光输出, 放大级最大光-光转换效率为 87.8%<sup>[6]</sup>。2022 年, 国防科技大学基于 LD 直接泵浦方案实现了近 13 kW 单纤激光输出, 光光效率为 86.3%, 光束质量  $M^2$  为 2.85<sup>[7]</sup>。但相比于级联泵浦方案, LD 直接泵浦光纤激光器具有高效率、小体积、低成本等突出优点, 在工业应用中具有明显的竞争优势, 是高功率光纤激光器发展的主流方案之一。

近期, 国防科技大学通过优化激光器方案, 实现了 LD 直接泵浦的单链路 20 kW 光纤激光输出。激光器的结构如图 1(a) 所示, 输出功率为 510 W、中心波长为 1080 nm 的种子激光(Seed)经模场适配和包层滤除一体化器

\* 收稿日期: 2022-12-20; 修订日期: 2023-01-18

基金项目: 国家自然科学基金项目(61705266, 61905282, 62005315); 脉冲功率激光技术国家重点实验室主任基金项目(SKL 2020ZR04)

联系方式: 奚小明, [exixiaoming@163.com](mailto:exixiaoming@163.com)。

通信作者: 王小林, [chinaphotonics@163.com](mailto:chinaphotonics@163.com);

王泽锋, [zefengwang\\_nudt@163.com](mailto:zefengwang_nudt@163.com);

周 朴, [zhoupu203@163.com](mailto:zhoupu203@163.com)。

(MFA+CLS1)后进入放大器的双包层掺镱光纤(DCYDF)中。放大级采用纯后向泵浦方案,18组总泵浦功率约为23.4 kW的LD通过(18+1)×1反向泵浦/信号合束器(BPSC)注入到DCYDF中。输出激光经过包层光滤除器(CLS2)滤除包层光后由光纤端帽(QBH)输出。实验结果如图1(b)、(c)所示。从图1(b)可知,放大器输出功率随泵浦功率线性增长,当注入最大泵浦功率为23.3 kW时,输出功率为20.27 kW。激光器的斜率效率为86%,在最高输出功率时,激光器光光效率为84.8%;在输出功率15 kW时,测得光束质量 $M^2$ 约为7。放大器输出光谱如图1(c)所示,在最高功率时,激光器3 dB线宽约为3.5 nm,拉曼抑制比大于50 dB。下一步将对激光器进行模式控制与光束质量优化,提升激光器的亮度。

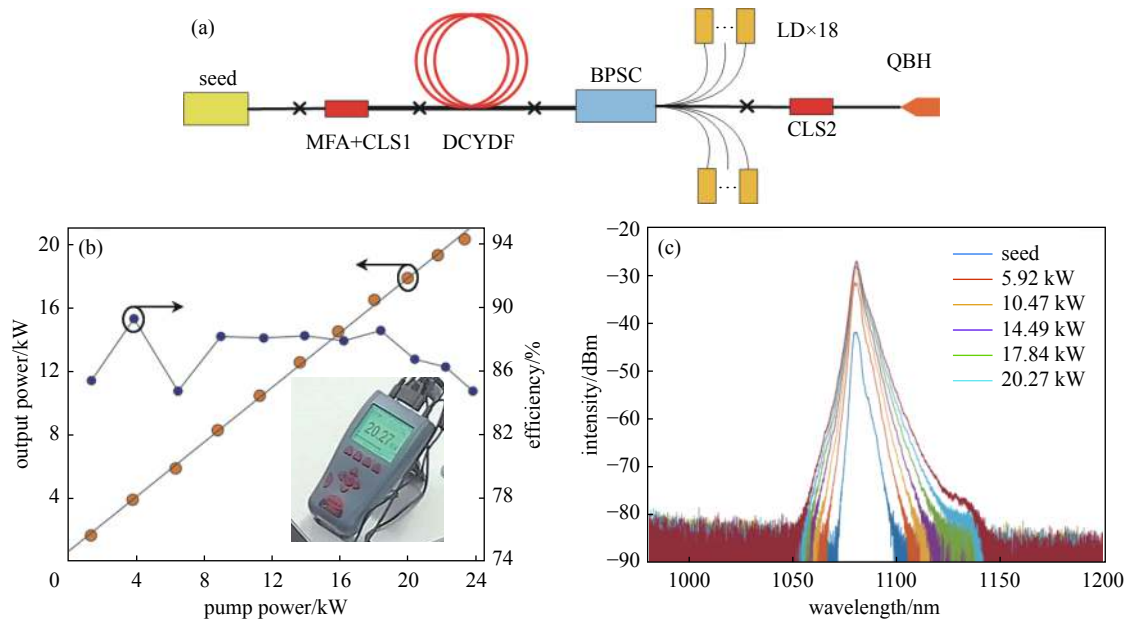


Fig. 1 (a) Schematic of the experimental setup; (b) output power; (c) output spectra

图 1 (a) 激光器结构示意图; (b) 输出功率; (c) 激光光谱

#### 参考文献:

- [1] Richardson D J, Nilsson J, Clarkson W A. High power fiber lasers current status and future perspectives[J]. *J Opt Soc Am B*, 2010, 27(11): B63-B92.
- [2] Zervas M N. High power ytterbium-doped fiber lasers: fundamentals and applications[J]. *International Journal of Modern Physics B*, 2014, 28(12): 1442009.
- [3] 肖虎, 潘志勇, 陈子伦, 等. 基于自研光纤和器件实现20 kW高光束质量激光稳定输出[J]. *中国激光*, 2022, 49: 1616002. (Xiao Hu, Pan Zhiyong, Chen Zilun, et al. 20 kW high beam quality fiber laser with homemade active fiber and devices[J]. *Chinese Journal of Lasers*, 2022, 49: 1616002)
- [4] 林傲祥, 肖起榕, 倪力, 等. 国产YDF有源光纤实现单纤20 kW激光输出[J]. *中国激光*, 2021, 48: 0916003. (Lin Aoxiang, Xiao Qirong, Ni Li, et al. Realization of single fiber 20 kW laser output with domestic YDF active fiber[J]. *Chinese Journal of Lasers*, 2021, 48: 0916003)
- [5] 李峰云, 黎玥, 宋华青, 等. 全国产光纤材料器件实现高SRS抑制比20.88 kW输出[J]. *中国激光*, 2021, 48: 2116002. (Li Fengyun Li Yue, Song Huaqing, et al. Realization of high SRS suppression ratio 20.88 kW output with all domestic optical fiber material devices[J]. *Chinese Journal of Lasers*, 2021, 48: 2116002)
- [6] 陈晓龙, 楼风光, 何宇, 等. 高效率国产化10 kW光纤激光器[J]. *光学学报*, 2019, 39: 0336001. (Chen Xiaolong, Lou Feng guang, He Yu, et al. Home-made 10 kW fiber laser with high efficiency[J]. *Acta Optica Sinica*, 2019, 39: 0336001)
- [7] 王鹏, 奚小明, 张汉伟, 等. LD泵浦光纤激光放大器实现13 kW高光束质量输出[J]. *强激光与粒子束*, 2022, 34: 121001. (Wang Peng, Xi Xiaoming, Zhang Hanwei, et al. Laser-diode-pumped fiber laser amplifier for 13 kW high-beam-quality output[J]. *High Power Laser and Particle Beams*, 2022, 34: 121001)