



·强激光物理与技术·研究快报·

-50~50 °C 超宽温运行千瓦级光纤激光器*

李凤昌¹, 王 鹏^{1,2,3}, 王小林^{1,2,3}, 奚小明^{1,2,3}, 吴函烁^{1,2,3},
张汉伟^{1,2,3}, 习锋杰^{1,2,3}, 陈金宝^{1,2,3}

(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;
3. 国防科技大学 高能激光技术湖南省重点实验室, 长沙 410073)

摘 要: 当前, 光纤激光器工作温度范围一般较窄, 如果能够扩展激光器的工作温度范围, 则有望在更多的环境和领域得到应用。近期, 国防科技大学基于风冷结构的光纤耦合半导体激光器(LD)泵浦的全光纤振荡器方案, 在-50~50 °C 超宽温范围内实现了 1 kW 量级的激光输出。通过优化系统设计, 有望进一步提升宽温运行激光器的输出功率。

关键词: 光纤激光器; 光纤振荡器; 宽温运行; 风冷

中图分类号: TN242

文献标志码: A

doi: 10.11884/HPLPB202335.230220

-50~50 °C ultra-wide temperature operation kilowatt-class fiber laser

Li Fengchang¹, Wang Peng^{1,2,3}, Wang Xiaolin^{1,2,3}, Xi Xiaoming^{1,2,3}, Wu Hanshuo^{1,2,3},
Zhang Hanwei^{1,2,3}, Xi Fengjie^{1,2,3}, Chen Jinbao^{1,2,3}

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

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

3. Hunan Provincial Key Laboratory of High Energy Laser Technology, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: At present, the operating temperature range of fiber lasers is generally narrow, and if the operating temperature range of lasers can be extended, they are expected to be applied in more environments and fields. Recently, the all-fiber oscillator scheme pumped by an air-cooled fiber coupled semiconductor laser (LD) at the National University of Defense Technology has achieved a laser output of 1 kW in the ultra-wide temperature range of -50~50 °C. By optimizing the system design, the output power of the laser with wide temperature operation is expected to be further improved.

Key words: fiber laser, optical fiber oscillator, wide temperature operation, air cooling

高功率光纤激光器具有高效率、小体积、低成本、可柔性传输等优点, 在工业应用中具有广泛的应用^[1-4]。然而, 当前光纤激光器一般只能运行在室温附近较窄的温度范围。随着应用领域的扩展, 在激光焊接、激光清障等野外作业中, 激光器单次工作时间不长, 但是需要能够工作在较宽的温度范围内。针对相关应用需求, 课题组开展了宽温运行光纤激光器研究。2022 年, 课题组实现了-30~20 °C 范围内的 1 kW 激光器输出^[5]。

近期, 课题组通过进一步优化设计, 在-50~50 °C 超宽温范围内实现了 1 kW 量级的全光纤激光输出。实验中的超宽温光纤激光器为全光纤振荡器结构, 如图 1 所示。光纤耦合半导体激光器(LD)输出的泵浦光经前向合束器(FPSC)后进入谐振腔中。谐振腔由高反射光纤光栅(HR-FBG)、双包层掺镱光纤(DCYDF)和低反射光纤光栅(OC-FBG)依次熔接构成。后向泵浦 LD 经过后向合束器(BPSC)注入到 DCYDF 中。谐振腔输出的激光经过包层光滤除器(CLS)后由光纤端帽(QBH)扩束输出。实验中, LD 在室温(25 °C)下中心波长为 940 nm, 中心波长的温度

* 收稿日期: 2023-06-11; 修订日期: 2023-08-24

基金项目: 湖南省杰出青年基金项目(2023JJ10057); 长沙市杰出创新青年培养计划(kq2206006、kq2206002)

联系方式: 李凤昌, phenixfc@163.com;

王 鹏, 1169723259@qq.com。

通信作者: 王小林, chinaphotonics@163.com;

张汉伟, zhanghanwei100@163.com;

陈金宝, kdchenjinbao@aliyun.com。

漂移系数为 $0.35 \text{ nm}/^\circ\text{C}$, 实验过程中 LD 中心波长漂移约 42 nm ; DCYDF 纤芯直径为 $25 \mu\text{m}$, 包层直径为 $400 \mu\text{m}$, 纤芯数值孔径为 0.06 , 长约 40 m , 以此保证 LD 中心波长变化时泵浦光的充分吸收; 光纤光栅的中心波长为 1080 nm , 其中 HR-FBG 反射率为 99.5% , OC-FBG 反射率约为 10% . FPSC 为 $(6+1)\times 1$ 合束器, BPSC 为 $(18+1)\times 1$ 合束器, 二者的泵浦臂纤芯直径都为 $135 \mu\text{m}$, 两个合束器将常温下总泵浦功率为 1620 W 的泵浦光注入谐振腔中。实验中, 通过特殊的强制风冷设计, 确保激光器在超宽温环境范围内都可以短时稳定工作。

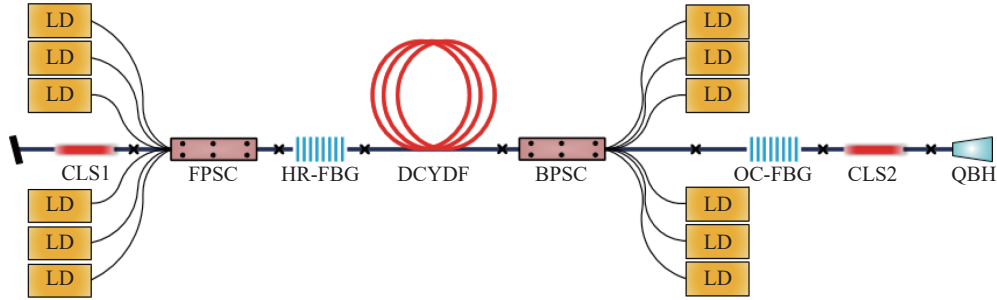


Fig.1 Experimental setup of ultra-wide temperature operating fiber laser oscillator

图 1 超宽温运行光纤激光振荡器实验结构

实验首先测试了常温 (20°C) 时激光器输出功率、效率和光束质量特性。在常温时, 激光器输出功率为 1230 W , 光光转换效率为 75.9% , 如图 2(a) 所示; 光束质量 M^2 约为 1.42 , 如图 2(b) 所示。然后, 在高低温气候箱中开展超宽温运行实验, 在线实时测试了环境温度在 $-50\sim 50^\circ\text{C}$ 温度范围内激光器的输出功率, 结果如图 2(c) 所示。在 -50°C 时, 激光器输出功率在 $805\sim 1176 \text{ W}$ 之间; 在最高温度 50°C 时, 输出功率在 $1029\sim 1102 \text{ W}$ 之间。当环境温度在 $40\sim 50^\circ\text{C}$ 时, 激光器输出功率均大于 1 kW 。

实验初步验证了在 100°C 温度范围内实现 1 kW 激光器的可行性, 后续将继续开展功率提升和工程化研制。

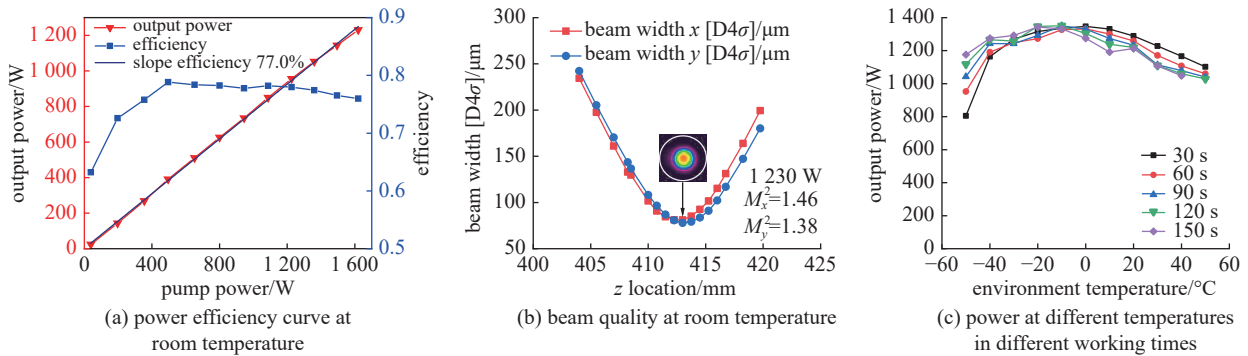


Fig.2 Experimental results of ultra-wide temperature operation of fiber laser oscillator

图 2 超宽温运行光纤激光振荡器实验结果

致 谢 感谢徐小勇、宋涛、钟鹏飞、张坤、孟祥明在实验中的帮助。

参考文献:

- [1] Richardson D J, Nilsson J, Clarkson W A. High power fiber lasers: Current status and future perspectives[J]. *Journal of the Optical Society of America B*, 2010, 27(11): B63-B92.
- [2] Nilsson J, Payne D N. High-power fiber lasers[J]. *Science*, 2011, 332(6032): 921-922.
- [3] Zervas M N. High power ytterbium-doped fiber lasers: Fundamentals and applications[J]. *International Journal of Modern Physics B*, 2014, 28(12): 1442009.
- [4] 王小林, 张汉伟, 杨保来, 等. 高功率掺镱光纤振荡器: 研究现状与发展趋势[J]. *中国激光*, 2021, 48: 0401004. (Xiaolin Wang, Hanwei Zhang, Baolai Yang, et al. High-power ytterbium-doped fiber laser oscillator: Current situation and future developments[J]. *Chinese Journal of Lasers*, 2021, 48: 0401004)
- [5] Wu Jinming, Wan Yingchao, Wang Peng, et al. Wide temperature operation of kilowatt fiber oscillators[J]. *Applied Optics*, 2022, 61(2): 417-421.