

文章编号: 0253-2239(2006)07-1119-2

采用国产大模场面积双包层光纤的 714 W 连续光纤激光器*

周 军¹ 楼祺洪¹ 朱健强¹ 何 兵¹ 董景星¹ 魏运荣¹ 张芳沛¹
李进延² 李诗愈² 赵宏明¹ 王之江¹

(¹ 中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800)
(² 烽火通信科技股份有限公司, 武汉 430079)

摘要: 采用两个中心波长约 976 nm 准直输出的高功率半导体激光模块为抽运源, 通过空间滤波和非球面透镜耦合技术, 双端抽运长度为 21 m 的大模场面积国产掺镱双包层光纤, 获得了 714.5 W 的高功率连续激光输出。采用反向抽运, 当入纤抽运功率为 760 W 时, 激光输出功率达到 501 W; 采用双端抽运, 当入纤抽运功率为 1137 W 时, 获得了 714.5 W 的高功率连续输出, 光光转换效率为 62.8%, 斜率效率为 67%。

关键词: 激光器; 光纤激光器; 国产双包层光纤; 双端抽运

中图分类号: TN244 文献标识码: A

A Continuous-Wave 714 W Fiber Laser With China-Made Large-Mode-Area Double-Clad Fiber

Zhou Jun¹ Lou Qihong¹ Zhu Jianqiang¹ He Bing¹ Dong Jingxing¹ Wei Yunrong¹
Zhang Fangpei¹ Li Jinyan² Li Shiyu² Zhao Hongming¹ Wang Zhijiang¹

(¹ Shanghai Institute of Optics and fine Mechanics, The Chinese Academy of Science, Shanghai 201800)
(² FiberHome Telecommunication Technology Co. Ltd., Wuhan, 430074)

Abstract: A continuous-wave (CW) fiber laser with 714 Watts output power has been obtained from 21 meters Chia-made Ytterbium-doped large-mode-area double-clad fiber. Two high-power collimated beam laser diodes (wavelength 976 nm) with spatial filter and aspheric lens are used for pumping from the two ends of the fiber. A CW output power of 501 W is obtained under pump power of 760 W with backward pumping scheme. And the maximum output power of 714.5 W is realised under total pump power of 1137 W with double-sided end-pumping scheme, the optical-to-optical efficiency and the slope efficiency whicd respect to the launched pump power are 62.8% and 67%, respectively.

Key words: laser; fiber laser; China-made fiber double-clad fiber; double-sided end-pumping scheme

随着大功率半导体激光技术的发展, 半导体激光抽运的固体激光器(DPSSL)在很大程度上克服了灯抽运固体激光器的效率低、规模难以扩大、介质热变形导致的光束质量下降等问题。虽然半导体激光抽运的固体激光器相对于 CO₂ 和灯抽运 Nd:YAG 具有很大的优越性和竞争力, 但在高功率工作时, 热效应依然是影响其光束质量和功率提升的限制瓶颈。光纤激光器以细长的掺杂光纤为工作介质, 使激光工作介质的表面积/体积比大大增加, 有利于散热问题的

解决。考虑到量子转换效率、抗激光损伤阈值和基底损耗等原因, 掺镱石英双包层光纤是实现 1 μm 波段高功率光纤激光器或放大器的最佳选择。

随着光纤设计和工艺的改进、抽运源功率的提高和新的抽运耦合技术的出现, 近几年来, 双包层光纤激光器的连续输出功率快速提升。2004 年, 英国南安普顿大学采用大模场面积的光纤, 单根光纤获得千瓦级的激光输出^[1]。2005 年, IPG 公司采用种子光振荡放大的方案, 单根光纤获得 2 kW 的近单

中国科学院知识创新工程和上海市科委光科技专项(05DZ22001, 046105020)资助课题。

作者简介: 周 军(1972~), 男, 山东宁阳人, 中国科学院上海光学精密机械研究所副研究员, 主要从事半导体激光器抽运固体激光器、高功率光纤激光器及光纤放大器的研究。E-mail: junzhou@mail.siom.ac.cn

收稿日期: 2006-06-09; 收到修改稿日期: 2006-06-19

模激光输出,是目前单光纤获得的最高功率输出^[2];德国 Jena 的应用物理研究所采用光子晶体光纤,获得了 1530 W 的连续激光输出^[3]。

高性能掺镱双包层光纤一直是制约我国高功率光纤激光研究和推广应用的瓶颈,我们和烽火通信科技股份有限公司合作,在高功率光纤激光领域取得了突破^[4],国产掺镱双包层光纤先后获得 200 W、444 W 的连续激光和平均功率为 133.8 W 的脉冲放大激光输出^[5,6]。最近,我们采用大内包层尺寸、大模场面积的掺镱双包层光纤,获得了 714.5 W 的连续激光输出,斜率效率 67%。

实验装置如图 1 所示,两个准直输出的高功率半导体激光器模块(LD1、LD2)为抽运源,通过内置空间滤波器对抽运光进行滤波。采用非球面透镜实现抽运光到光纤内包层的耦合,抽运耦合效率在 85%左

右。光纤长度 21 m,内包层 D 形(610 μm /550 μm),数值孔径约为 0.46,掺杂纤芯直径为 38 μm ,数值孔径为 0.08。光纤的一端紧贴一对抽运光高透、激光高反的腔片,另一端则直接利用其端面反射构成激光反馈,并通过 45°双色片将产生的激光导出。为降低热效应对激光器的影响,采用温控 V 型槽对光纤端进行冷却温控。实验中,仅开前端抽运源 LD1,进行正向抽运,当入纤抽运功率为 377 W 时,获得了 198 W 的连续激光输出;仅开后端抽运源 LD2,入纤抽运功率为 760 W 时,激光输出 501 W;双端抽运源 LD1 和 LD2 均开,入纤抽运功率为 1137 W 时,激光输出功率达到 714.5 W,光-光转换效率 62.8%,斜率效率 67%,见表 1。从实验测得的输出功率曲线可知,抽运功率和输出激光功率呈很好的线性关系,表明该光纤还有进一步提高输出功率的潜力。

表 1 不同抽运方式下的功率输出、光-光转换效率和斜率效率

Table 1 Output power characteristic, optical-to-optical efficiency and slope efficiency under different pumping scheme

Pumping scheme	Pump power /W	Output power /W	O-T-O efficiency	Slope efficiency
Forward pumping LD1 ON, LD2 OFF	377	198	52.5%	64%
Backward pumping LD OFF, LD2 ON	760	501	66%	73%
Double-sided pumping LD1 ON, LD2 ON	1137	714.5	62.8%	67%

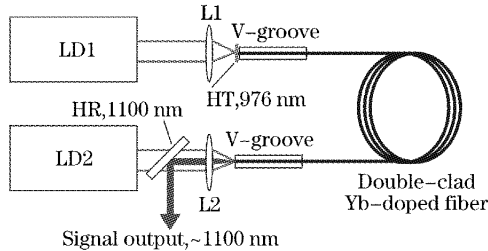


图 1 掺镱双包层光纤激光器实验装置示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the experimental setup of Yb-doped double-clad fiber laser

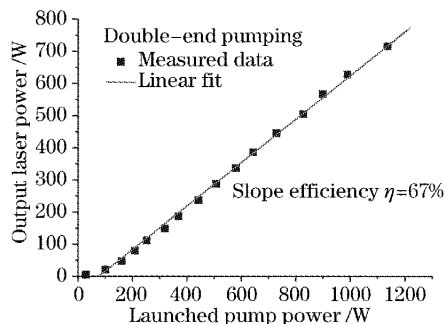


图 2 双端抽运掺镱双包层光纤激光器的连续激光输出功率与入纤抽运功率的关系

Fig. 2 Continuous-wave output power versus pump power for Yb-doped fiber laser with double-sided end-pumping scheme

对于端面抽运的掺镱双包层光纤激光器,不同抽运方式下的激光转换效率不同,反向抽运的效率最

高、正向抽运的效率最低、双向抽运处于二者之间,见表 1。我们选择较高功率的抽运源 LD2 反向抽运,单端抽运就获得了 501 W 的激光输出。为了防止剩余抽运光将另一端的抽运源损伤,确保抽运源的安全,我们光纤的长度远大于其最佳长度(13 m 左右),因而光光转换效率和斜率效率都不是很高。下一步我们将在对光纤长度进行优化的基础上,改进光学耦合系统,实现更高功率的激光输出。

致谢: 感谢上海光机所光学薄膜中心在镀膜方面给予的大力协助!

参 考 文 献

- 1 Y. Jeong, J. K. Sahu, D. N. Payne *et al.*. Ytterbium-doped large-core fiber laser with 1.36 kW continuous-wave output power [J]. *Opt. Express*, 2004, **12**(25): 6088~6092
- 2 www.globalexecutiveforum.net/more_photonics_News.htm
- 3 G. Bonati, H. Voelckel, T. Gabler *et al.*. 1.53 kW from a single Yb-doped photonic crystal fiber laser[C]. *Photonics West*, San Jose, Late. *Breaking Developments*, 2005. Session 5709-2a
- 4 Dong Xue, Qihong Lou, Jun Zhou *et al.*. A 110-W fiber laser with homemade double-clad fiber[J]. *Chin. Opt. Lett.*, 2005, **3**(6): 345~347
- 5 Lou Qihong, Zhou Jun, Zhu Jianqiang *et al.*. 440 W continuous-wave high-power output from home-made Yb-doped double-clad fiber[J]. *Chin. J. Lasers*, 2005, **32**(1): 20 (in Chinese)
楼祺洪,周 军,朱健强 等. 国产双包层掺镱光纤实现 440 W 的连续高功率激光输出[J]. *中国激光*, 2005, **32**(1): 20
- 6 Lou Qihong, Zhu Jianqiang, Zhou Jun *et al.*. Pulsed 133 W high-average-power double-clad fiber amplifier[J]. *Chin. J. Lasers*, 2005, **32**(4): 552 (in Chinese)
楼祺洪,朱健强,周 军 等. 双包层光纤放大器获得 133 W 高平均功率脉冲激光输出[J]. *中国激光*, 2005, **32**(4): 552