

文章编号: 0253-2239(2006)08-1279-2

两根大芯双包层光纤激光器获得 60 W 相干输出*

何 兵 楼祺洪 周 军 董景星 魏运荣 王之江

(中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800)

摘要: 报道了一个相位锁定的光纤激光器阵列获得 60W 的输出, 同相模式输出时的斜率效率为 37%。对于两种不同的纤芯距离都观测到稳定的高对比度干涉条纹。整个系统在高功率操作时, 所用的空间滤波器没有观察到明显的热问题, 这充分说明了采用这种方法能够进一步提高相干输出功率。

关键词: 激光器; 光纤激光器; 相位锁定; 自成像腔; 空间滤波器

中图分类号: TN248 文献标识码: A

Coherent Output Power of 60 W from Two Large-Core Double-Cladding Fiber Lasers

He Bing Lou Qihong Zhou Jun Dong Jingxing Wei Yunrong Wang Zhijiang

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, The Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800)

Abstract: A phase-locking fiber laser array with up to 60 W of coherent output power based on two large-core fiber is reported. The slope efficiency of the in-phase mode is 37%. For the two core space cases, the steady high-contrast interference strips are observed. When the whole system operates under high pump power level, no thermal effects for the spatial filter have been observed, which means that we can increase the coherent output power further by increasing the individual fiber laser power.

Key words: lasers; fiber lasers; phase-locking; self-imaging resonator; spatial filter

光纤激光器具有结构简单、效率高和散热好等优点, 目前已成为高功率固态激光器的重要选择。现在单根连续波光纤激光器输出功率已经超过千瓦^[1], 国产单根光纤激光器发展也很快, 2005 年其输出功率超过 100 W^[2], 目前已经达到 714 W^[3], 单根脉冲光纤激光器输出功率也超过百瓦^[4]。但是随着输出功率的增加光束质量也变差。光纤激光器的相干组束技术已经成为国际上研究的热点, 因为相干组束技术能在提高输出功率的同时保持良好的光束质量。最近, 我们采用自成像腔实现了不同长度的两个大芯双包层光纤激光器的相位锁定, 获得相干输出功率达到 60 W, 同相模式输出的斜率效率为 37%。这一结果比最近同种方法国内外的文献^[5~7]报道结果高。

图 1 为实验装置示意图, 自成像共振腔是由两个平板耦合输入镜(M1 和 M2), 一个平板输出镜 M3, 和一个会聚透镜 L3 组成。M1 和 M2 是全同双色镜, 对 1064~1110 nm 高反而对 975 nm 透射率大于 95%, M3 对 1050~1110 nm 的反射率为 30%, L3 的焦距 $f=500$ mm, 它在整个系统中作为一个傅里叶变换透镜。两个大功率的半导体二极管阵列激光器(发射波长为 975 nm)作为抽运源。工作介质为两根国产掺 Yb 大芯双包层 D 型光纤, 内包层的数值孔径为 0.37, 纤芯直径为 30 μm , 数值孔径为 0.16, 长度分别为 13.4 m 和 11.6 m, 都是在优化范围附近。输出耦合镜 M3 放在傅里叶透镜 L3 的后焦面。M1 和 M2 放在两根光纤的输入端, 光纤的输出端磨平具有 4% 的非涅耳反射率。两个

* 上海市光科技(04DE05120, 05DE2201)和中国科学院知识创新工程资助课题。

作者简介: 何 兵(1975~), 男, 贵州人, 中国科学院上海光学精密机械研究所博士研究生, 主要从事光纤激光器、放大器和相干组束的研究。E-mail: bryanho@mail.siom.ac.cn

导师简介: 楼祺洪(1942~), 男, 浙江人, 中国科学院上海光学精密机械研究所研究员, 博士生导师, 主要从事光纤激光器及其相干技术、陶瓷激光器和准分子激光器的研究。E-mail: qhlu@mail.shcnc.ac.cn

收稿日期: 2006-06-19; 收到修改稿日期: 2006-07-11

共同的平凸透镜 L1 和 L2, 放在掺 Yb 光纤的输出端作为准直透镜, 相对于会聚透镜的光轴对称地紧挨着放置在傅里叶变换镜 L3 的前焦面上。当 L1 和 L2 直径为 4 mm 和焦距为 6.3 mm 时, 两透镜中心间距为 4 mm, 对应的光纤激光器输出端纤芯间距也为 4 mm; 同样 L1 和 L2 直径为 6.28 mm 和焦距为 8 mm 时, 两透镜中心间距为 6.3 mm, 纤芯间距为 6.3 mm。

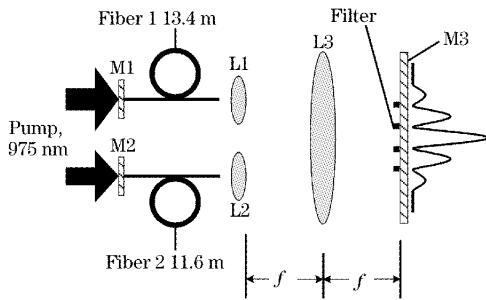


图 1 实验装置示意图

Fig. 1 Schematic diagram of experimental setup

用一个 CCD(型号为 COHU4810)和 Spiricon Inc 公司生产的 LBA-PC300 型激光波面分析仪(软件版本 3.23)测量傅里叶变换透镜 L 后焦面上的输出光束的截面图样。为了稳定相位引入一根高熔点(熔点为 1769 °C)的细铂金丝作为空间滤波器, 铂金丝的直径为 20 μm 。理想情况下, 将该滤波器放在输出镜前面的预设同相模式第一强度极小处, 能对异相模式产生高损失而对同相模式产生低损失。当两根光纤输出端纤芯间距为 6.3 mm 时, 输出镜处的光束截面图样如图 2(a)所示, 呈现出高对比度的干涉条纹, 中心干涉条纹宽度为 90 μm ; 当光纤输出端纤芯间距为 4 mm 时, 同样获得高对比度的干涉条纹如图 2(b)所示, 中心条纹宽度为 126.4 μm , 两种情况下的实验结果均与理论计算的条纹宽度吻合的很好。

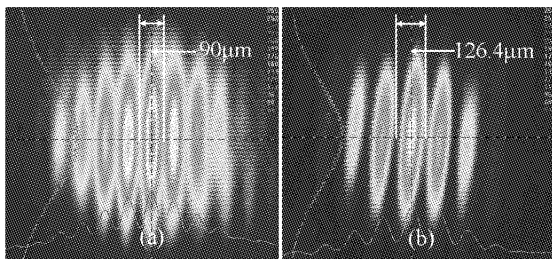


图 2 不同宽度的干涉条纹对应于(a)纤芯距离 6.3 mm, (b)纤芯距离 4.1 mm

Fig. 2 Different widths of interference strips with (a) core space of 6.3 mm, (b) core space of 4.1 mm

图 3 给出了实验所测的激光器阵列在相干和非相干时的输出功率与抽运功率的关系。在没有空间滤波器条件下, 两个激光器同时运行时, 斜率效率 41%; 放上滤波器后, 相位锁定的激光器阵列斜率效率为 37%, 这与文献[3, 4]报道的结果很接近。当总的抽运功率为 162.6 W 时, 非相干输出为 66.5 W, 相干输出达到 60.5 W。实验中, 在高相干功率输出时没有观测到铂金丝有明显的热问题, 说明这种铂金丝滤波器能承受更高功率激光束的照射。综上所述, 整个实验充分说明采用这种方法还可以进一步提高相干输出功率。

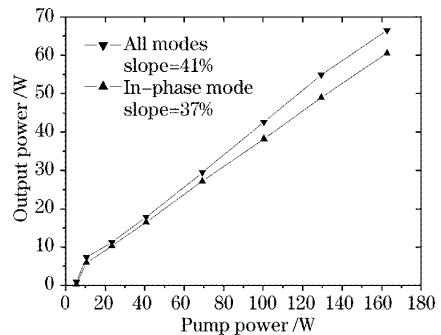


图 3 激光器阵列功率关系曲线

Fig. 3 Output power versus pump power relation of the laser array

致谢 感谢武汉烽火科技有限责任公司对双包层光纤的设计和拉制所提供的帮助。

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 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
- 3 Zhou Jun, Lou Qihong, Zhu Jianqiang *et al.*. A continuous-wave 714 W fiber laser with china-made large-mode-area double-clad fiber[J]. *Acta Optica Sinica*, 2006, **26**(7): 1119~1120 (in Chinese)
周 军, 楼祺洪, 朱健强 等. 采用国产大模场面积双包层光纤的 714 W 连续激光器[J]. *光学学报*, 2006, **26**(7): 1119~1120
- 4 Lingfeng Kong, Qihong Lou, Jun Zhou *et al.*. 133-W pulsed fiber amplifier with large-mode-area fiber[J]. *Opt. Engng.*, 2006, **45**(1): 010502
- 5 Q. Peng, Y. Zhou, Y. Chen *et al.*. Phase locking of fibre lasers by self-imaging resonator[J]. *Electron. Lett.*, 2005, **41**(4): 171~172
- 6 Liping Liu, Yi Zhou, Fanting Kong *et al.*. Phase locking in a fiber laser array with varying path lengths[J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2004, **85**(21): 4837~4839
- 7 Bing He, Qihong Lou, Jun Zhou *et al.*. High power coherent beam combination from two fiber lasers[J]. *Opt. Express*, 2006, **14**(7): 2721~2726