

文章编号: 0253-2239(2006)05-0797-2

Yb:Y₂O₃ 陶瓷薄片激光器获得 10.5 W 连续激光输出

漆云凤 楼祺洪 董景星 魏运荣 周 军

(中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800)

摘要: 室温下采用中心波长约 970 nm 准直输出的大功率激光二极管模块作为抽运源, 端面抽运双程吸收的腔型结构, 抽运原子数分数为 8% 的 Yb:Y₂O₃ 多晶透明陶瓷片获得连续激光输出。抽运阈值功率为 7 W, 当抽运功率达到 35 W 时, 获得优化连续激光输出功率为 10.5 W, 光光转换效率为 30%, 斜率效率为 37.5%。激光输出功率随抽运功率基本呈线性增长。采用更高功率抽运源、优化谐振腔结构和减小热效应的影响, Yb:Y₂O₃ 陶瓷激光器的输出功率和效率将会得到进一步提高。

关键词: 激光器; 透明陶瓷; 陶瓷激光器; Yb 掺杂

中图分类号: TN244 文献标识码: A

10.5 W Continuous-Wave Output from Yb:Y₂O₃ Ceramic Disk Laser

Qi Yunfeng Lou Qihong Dong Jingxing Wei Yunrong Zhou Jun

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

Abstract: A continuous-wave (CW) output has been obtained from a polycrystalline 8% mole ratio Yb:Y₂O₃ ceramic disk laser with end-pumping and double-pass absorption cavity, which is end-pumped by a collimated high-power laser diode with the central wavelength located at 970 nm, at room temperature. The threshold pump power of the laser is 7 W, and under pump power of 35 W a CW output power of 10.5 W at 1078 nm is obtained, with optical-optical conversion efficiency of 30% and slope efficiency of 37.5%. There exists a rough linear rise for the output power with the pump power. The higher output power and efficiency can be expectable by adopting higher pump power, optimizing the cavity parameters and decreasing influence of thermal effect.

Key words: lasers; transparent ceramic; ceramic laser; ytterbium doping

1995年,透明激光陶瓷的制备工艺取得突破性进展^[1,2],透明陶瓷作为激光增益介质不仅具有与单晶相比拟的光学质量、良好的化学稳定性、优秀的物理、机械性能和光谱、激光特性;而且,与单晶相比,新型多晶陶瓷的制备具有许多显著的优点:1)易于构造;2)制备费用低;3)能够制备大尺寸和高浓度;4)能够制备多层和多功能结构;5)能够大规模生产。这些优点给予了陶瓷激光器更加灵活的潜在设计优势^[3]。目前国际国内对激光陶瓷的研究方兴未艾,很多研究小组都在致力于各类陶瓷激光材料和陶瓷激光器件的研究以开发陶瓷激光介质的优越潜能。

Yb³⁺ 激活离子具有宽的吸收和发射带宽,长的

荧光寿命;Y₂O₃ 基质坚硬,化学性能稳定,热膨胀系数小,热导率约为 YAG 的两倍。Yb:Y₂O₃ 材料完全有希望挑战 Yb:YAG 在飞秒超短脉冲和大功率激光器领域得到长足的发展和广泛的应用^[4]。然而,Y₂O₃ 单晶的熔融温度为 2430 °C,结构相转移温度为 2280 °C,二者非常接近,因此采用传统的提拉法难以形成有效尺寸的单晶块体。而采用新型的纳米陶瓷制备技术能够使 Y₂O₃ 陶瓷基质的烧结温度比熔融温度低 700 °C,从而使制备大尺寸、高质量的 Yb:Y₂O₃ 激光材料成为现实。目前,国外研究者对 Yb:Y₂O₃ 陶瓷激光器开展了一系列的初步研究,分别报道了 9.2 W 的连续激光输出^[5]和 815 fs 的锁模脉冲输出^[6];国内相关研究也取得一定进

作者简介:漆云凤(1978~),女,湖北武汉人,中国科学院上海光学精密机械研究所博士研究生,主要从事激光二极管抽运全固态陶瓷激光器的研究。E-mail: dreamer_7@mail.siom.ac.cn

收稿日期:2006-01-03;收到修改稿日期:2006-03-14

展^[7~9]。最近我们采用端面抽运双程吸收的腔型结构,室温下获得 10.5 W 连续激光输出,光光转换效率 30%,斜率效率 37.5%。

如图 1 所示,实验采用中心波长约为 970 nm 准直输出的大功率激光二极管(LD)模块作为抽运源,抽运光通过焦距约 10 cm 的非球面透镜在陶瓷的后表面附近形成约 400 μm 的聚焦光斑。在聚焦透镜和陶瓷片之间依次放置对 1075 nm 波长 45°全反腔镜和双面镀 900~1100 nm 宽带增透膜的白宝石片。Yb:Y₂O₃ 透明陶瓷样品由日本 Konoshima 公司生产,掺杂原子数分数为 8%,直径 10 mm,厚度 2.7 mm。其前表面镀有 1075 nm 的减反膜以减少腔损耗,后表面镀有对 970 nm 和 1075 nm 的全反膜作为谐振腔的后腔镜。陶瓷薄片置于一个紫铜热汇中并固定在半导体热电制冷器上,冷却温度约 12 °C。实验准备了透射率从 1%到 10%,曲率半径从 50 mm 到 +∞的一系列输出耦合镜进行比较,适当调节谐振腔长,获得连续激光输出。

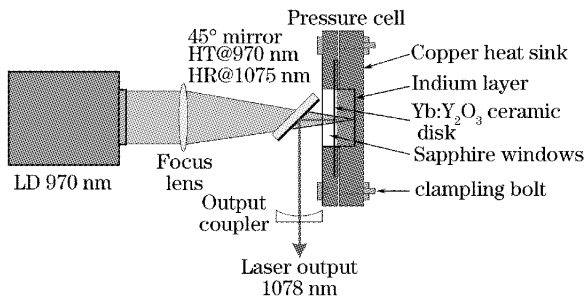


图 1 Yb:Y₂O₃ 陶瓷激光器实验装置示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the experimental setup of Yb:Y₂O₃ ceramic laser

当采用透射率为 5%,曲率半径为 50 mm 的输出耦合镜,腔长约 3 cm 时获得最佳耦合输出。当抽运功率达到 7 W 时,开始出现波长为 1078 nm 的激光输出。升高抽运功率至 35 W,得到 10.5 W 连续激光输出,光-光转换效率为 30%,斜率效率达到 37.5%。如图 2 所示,实验测得的激光输出功率与抽运功率形成良好的线性关系。下一步我们将通过

改善谐振腔和冷却系统进一步减小热效应和提高输出功率。

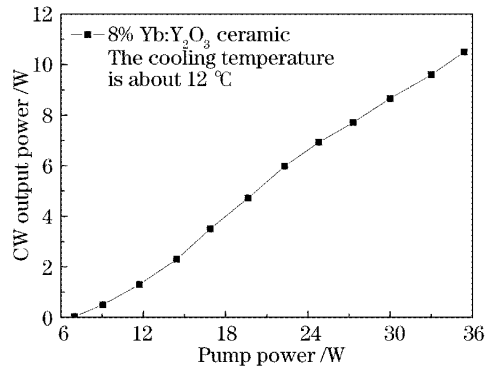


图 2 Yb:Y₂O₃ 陶瓷激光器连续激光输出功率与抽运功率的关系

Fig. 2 Continuous-wave laser output power versus pump power for Yb:Y₂O₃ ceramic laser

参 考 文 献

- 1 Yanagiya Takakimi, Yagi Hideki, Ichikawa Akifumi. Production of Yttrium-Aluminum-Garnet fine powder [P]. Japan Patent, 1998. 10-101333
- 2 Yanagiya Takakimi, Yagi Hideki, Yamazaki Hiroo. Production of fine powder of Yttrium Aluminum Garnet [P]. Japan Patent, 1998. 10-101411
- 3 Jianren Lu, Kazunori Takaichi, Tomohiro Uematsu *et al.*. Yb³⁺:Y₂O₃ ceramics-a novel solid-state laser material [J]. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 2002, **41**(12A): L1373~L1375
- 4 J. Lu, M. Prabhu, K. Ueda *et al.*. Potential of ceramic YAG lasers[J]. *Laser. Phys.*, 2001, **11**(10): 1053~1057
- 5 J. Kong, D. Y. Tang, B. Zhao *et al.*. 9.2-W diode-end-pumped Yb:Y₂O₃ ceramic laser[J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2005, **86**(16): 161116-1~161116-3
- 6 A. Shirakawa, K. Takaichi, H. Yagi *et al.*. Diode-pumped mode-locked Yb³⁺:Y₂O₃ ceramic laser[J]. *Opt. Exp.*, 2003, **11**(22): 2911~2916
- 7 Lou Qihong, Ma Haixia, Qi Yunfeng *et al.*. 5 W CW output Yb³⁺:Y₂O₃ transparent ceramic laser[J]. *Acta Optica Sinica*, 2004, **24**(3): 431~432 (in Chinese)
楼祺洪, 马海霞, 漆云凤等. Yb³⁺:Y₂O₃ 透明陶瓷激光器获得 5 W 连续激光输出[J]. *光学学报*, 2004, **24**(3): 431~432
- 8 Haixia Ma, Qihong Lou, Yunfeng Qi *et al.*. Theoretical study on longitudinally pumped Yb³⁺:Y₂O₃ lasers[J]. *Chin. Opt. Lett.*, 2005, **3**(1): 28~30
- 9 Ma Haixia, Lou Qihong, Qi Yunfeng *et al.*. 5.5 W CW Yb³⁺:Y₂O₃ transparent ceramic laser pumped with 970 nm diode bar[J]. *Opt. Commun.*, 2005, **246**(4~6): 465~469