

文章编号: 1001-3806(2002)06-0407-02

2μm 波长 Tm, Ho YLF 微片激光器的实验研究

张新陆 王月珠 姚宝权 于占东

(哈尔滨工业大学可调谐激光国家重点实验室, 哈尔滨, 150001)

摘要: 通过钛宝石激光器泵浦 Tm, Ho YLF 微片, 获得 90mW 的 2μm 波长激光连续输出。得到了泵浦功率和输出功率之间的关系以及泵浦光与振荡光之间的转换效率关系。同时也给出了温度对激光输出效率的影响。

关键词: 2μm 波长; Tm, Ho YLF; 微片; 转换效率

中图分类号: TN248.1 **文献标识码:** A

Experiment study of 2μm wavelength Tm, Ho YLF microchip laser

Zhang Xinlu, Wang Yuezhu, Yao Baoquan, Yu Zhandong

(National Key Laboratory of Tunable Laser Technology, Harbin Institute of Technology, Harbin, 150001)

Abstract: The continuous 2μm laser of 90mW is got with Ti sapphire laser to pumping Tm, Ho YLF microchip. Both the relation of output power with pump power and the conversion efficiency relation of output power with pump power are obtained. At the same time, the influence of temperature on laser output power is put forward.

Key words: 2μm wavelength; Tm, Ho YLF; microchip; conversion

引言

2μm 波长的激光光源以其在大气传输的人眼安全特性, 受到研究人员的关注。特别是近 10 年来, 掺有三价稀土离子 Tm^{+3} , Ho^{+3} 的固体激光器引起人们的很大兴趣。这种激光器被认为是应用于医学治疗, 人眼安全远程探测系统, 如: 激光测距机、相干多普勒测风雷达、水蒸气抛面 DIAL 系统等的理想光源。同时, 它还是获得 3μm ~ 5μm 波段光学参量振荡器的激光输出理想的泵浦源。国际上已经有许多小组进行这方面的理论^[1~4]与实验研究^[5,6], 国内尚无人从事此项研究。故进行 2μm 波长的 Tm, Ho YLF 微片激光器实验研究, 并对实验现象和实验结果进行分析有着重要的实际意义。

1 实验装置和实验结果

实验装置如图 1 所示。YLF 晶体属于四方晶系, 有两个等价的 *a* 轴和一个 *c* 轴。Tm, Ho YLF 晶体中, Tm^{+3} 是敏化离子, 泵浦光的偏振方向不同, Tm^{+3} 离子吸收的中心波长也是不一样的。当 *E* *c* 轴时, 吸收谱线的中心在 792nm 处, 而当 *E* *a* 轴

时, 吸收谱线中心在 785nm。选用的泵浦光源是美国光谱物理公司的 3960C 型钛宝石激光器, 激光器的输出中心波长调至 792nm。实验所用的晶体为 6% Tm, 0.4% Ho YLF 晶体。晶体是沿 *a* 轴生长, [100] 方向切割的。晶体外形尺寸为: 4mm × 4mm × 2.5mm。晶体的两个端面相互平行, 并且抛光。

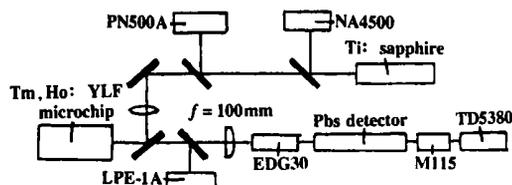


Fig. 1 The schematic graph of experimental set-up

晶体前表面镀有 2μm 激光的高反膜 ($R > 98\%$), 同时对 792nm 波长透射率在 85% 以上。在晶体后表面镀有 2μm 波长激光的全反膜 ($R > 99.9\%$), 同时对 792nm 波长高反 ($R > 90\%$)。这样利用晶体固有的前后平行端面形成自准直的 2μm 纵向泵浦平平微片激光腔。腔长为 2.5mm, 腔内元件数目降到了最少, 减少了器件损耗, 并且充分利用了泵浦光, 使整个实验装置结构紧凑、稳定性增强, 体积大为减小。晶体用外表面涂有导热硅质铝箔包起, 嵌入热电制冷的铜质热沉中, 仅有前表面露出。晶体采用热电制冷方式, 制冷片型号为: TEC1-12705, 它的最大制冷电流为 5A, 最大制冷量为 41W, 冷端与热端的最大温差为 67K。制冷片的冷端与热沉固定在一

作者简介: 张新陆, 男, 1972 年出生。硕士, 讲师。主要从事短波长激光和非线性光学技术研究。

收稿日期: 2001-11-30

起。制冷片的热端由铜质散热片散热。冷端与热端涂有导热硅质,以确保热接触良好。热端铜质散热片采用风冷散热。在热沉中镶有热敏电阻,实时检测激光工作物质的温度。晶体表面还需要用干燥的空气吹拂其表面以避免制冷状态下晶体表面结露。实验中泵浦光的测量采用美国 Molectron 公司的 PM500A 型功率计,接收探头型号为 PM30。振荡光功率的测量采用中科院物理所的 LPE-1A 型功率计。泵浦光波长采用美国 Burlish 公司生产的 WA4500 波长计。振荡光波长在 $2\mu\text{m}$ 附近,已经超过 WA4500 的测量范围。所以,对于振荡光波长,实验中采用 PbS 探测器加前置放大器,配合单色仪和示波器测量。激光晶体产生的振荡光经柱面透镜聚焦到 EDG30 型单色仪中。PbS 探测器属于光导型红外探测器件,常温下,它的响应波长在 $2.2\mu\text{m} \sim 2.4\mu\text{m}$ 。它的信号放大部分采用美国 EG&E PARC 公司生产的 M115 型宽带前置放大器。放大器的信号输出端接到 TDS380 型示波器上。

对于平平激光腔,泵浦光的入射方向对激光的输出有很大影响。泵浦光的方向要与晶体的端面严格垂直,同时,仔细调整晶体的方位,使泵浦光相对晶体

呈偏振。当泵浦功率在阈值附近时, $2\mu\text{m}$ 激光的输出功率上下波动较大,这说明激光在阈值附近状态不太稳定。当泵浦光输出功率高出阈值后,激光器输出比较稳定。

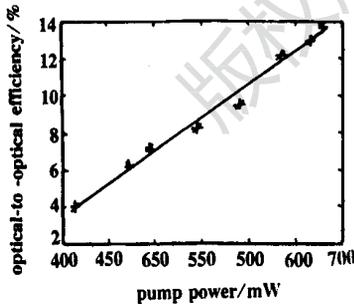


Fig. 3 The change relation of optical-to-optical efficiency with pump power

图 2 给出了温度在 292.8 K 时泵浦光功率与振荡光功率之间的关系。图 3 给出了泵浦光与振荡光的光转化效率与泵浦光效率之间的关系。激光的阈值为 300mW,激光的斜率效率是 26.07%,最大的光-光转换效率是 13.22%。图 4 给出了不同温度下输入功率与输出功率之间的关系。通过实验,可以观察到温度对激光输

出存在明显的影响。

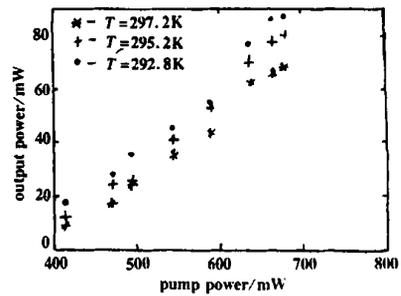


Fig. 4 The change relation of output power with pump power under different temperature

2 结果与分析

通过对比实验数据与理论计算的结果可以看出它们的趋势是一致的,但泵浦功率阈值有所差异。在理论计算中,该激光器阈值为 36mW,斜率效率为 25%。造成其差距的原因主要有以下几个方面。(1)首先,在理论计算中忽略了一些能级跃迁对激光输出功率的影响,如 5S_2 5I_8 , 5F_4 5I_8 等,而实验中这些跃迁的影响还比较强。(2)在理论计算中,认为晶体对泵浦光完全偏振吸收,但在实验时,由于制冷风扇等原因引起的晶体振动影响了泵浦光的偏振吸收。(3)泵浦光直接聚焦于晶体,造成晶体局部过热,使得晶体在轴向存在温度梯度,即晶体的热不均匀性也是导致激光输出功率下降的重要原因。

3 结论

通过实验得到了 $2\mu\text{m}$ 波长 Tm, Ho YLF 微片激光器 90mW 的连续输出,其光-光转换效率为 13.22%,激光的斜率效率是 26.07%。并进行了晶体温度特性实验,实验结果表明,在同一泵浦功率下温度越高输出功率反而降低。并且温度的变化直接影响到上变频系数,在低温下上变频的作用不明显,故通过降低晶体温度可达到降低激光器阈值的目的。

参考文献

- [1] Barnes N P, Rodriguez W J, Walsh B M. J O S A, 1996, B13 (12) :2872.
- [2] Walsh B M, Barnes N P, Bartolo B D. J Luminescence, 1997, 75 : 89.
- [3] Walsh B M, Barnes N P, Bartolo B D. J Luminescence, 2000, 90 : 39.
- [4] Bourdet GL, Lescroart G. Appl Opt, 1999, 38(15) :3275.
- [5] Koch GJ, Deyst J P, Storm M E. Opt Lett, 1993, 18(15) :1235.
- [6] Lee C J, Han G, Barnes N P. IEEE J Electrics, 1996, 32 (1) : 104.