

激光二极管端面抽运的 1342 nm Nd: YVO₄激光器*

郑 义 宋连科 徐德刚 王衍勇 王 莉 尚连聚 吴福全
(曲阜师范大学物理工程学院, 曲阜 273165)

姚建铨

(天津大学精密仪器与光电子工程学院, 天津 300072)

摘 要 报道了用高功率线列阵光纤耦合激光二极管端面抽运的 1342 nm Nd: YVO₄激光器, 在 13.30 W 输入抽运功率下, 1342 nm 激光输出功率达到 3.22 W, 斜效率为 25.5%。输出功率不稳定性小于 1%。

关键词 激光二极管端面抽运, Nd: YVO₄激光器, 抽运。

1 引 言

由于 1.3 μm 波段是人眼安全区, 同时与硅光纤低色散和低损耗的波长相一致, 因此 1.3 μm 区域的激光在激光医学、光纤通信、光传感定位和中红外参量振荡器的抽运源等领域有广泛的应用前景; 其倍频红光对应着彩色全息感光胶层的最大光谱灵敏度, 在彩色显示及作为 Cr: LiSAF 激光器的抽运源等领域有着重要的用途。因此, 自 1993 年开始就有激光二极管(LD)抽运的 1342 nm Nd: YVO₄激光器的研究报道, 但是主要限于小功率抽运的研究^[17]; 直到 1998 年后, 激光二极管抽运的 1342 nm Nd: YVO₄激光器的研究才有了很大的进展^[813]。本文报道了用 SDL-3460-P6 高功率线列阵光纤耦合的激光二极管抽运的 1342 nm Nd: YVO₄激光器, 实现了稳定的 TEM₀₀模输出, 最大连续输出功率达到 3.22 W。

2 实验研究

实验所用的激光二极管为美国 SDL 公司出口的 SDL-3460-P6 型, 最大输出功率为 16 W, 光纤输出口径为 600 μm , 数值孔径为 0.37。该激光器用恒温循环器进行温度控制, 使用水作循环液体时, 温度可在 1040 $^{\circ}\text{C}$ 之间调节, 温度控制精度为 ± 0.2 $^{\circ}\text{C}$ 。

为了更好地实现模匹配, 减小激光器运行过程中 Nd: YVO₄晶体的热效应, 保证抽运功率密度小于 Nd: YVO₄晶体的光损伤阈值, 光学耦合系统的设计参数选择为, 工作距 35 mm, 聚

* 国家教育部留学回国人员资助基金和山东省教委科研发展计划(编号 J95G03)资助课题。

收稿日期: 1999-12-21; 收到修改稿日期: 2000-01-21

焦光斑直径为 600 μm , 808 nm 激光的耦合效率为 90%。

激光谐振腔采用简单的平凹腔结构。为了调整方便和保证调整精度, 用专门的平面镜替代文献中常用的 Nd: YVO₄ 晶体的一端面镀膜作为腔镜的做法。平面镜的一端面对 808 nm 激光的透过率为 97.6%, 1064 nm 的透过率为 88.8%, 对 1342 nm 的反射率为 99.7%; 凹面镜的曲率半径为 100 mm, 对 1342 nm 的透过率为 5.3%, 对 808 nm 的透过率为 80%。实验中平凹腔的长度约为 60 mm。

Nd: YVO₄ 晶体由中国科学院物理研究所生长加工, 晶体尺寸为 3 mm × 3 mm × 5 mm, *a* 轴切割, 通光长度为 5 mm, Nd 离子掺杂的原子数分数为 0.7%。我们进行了 Nd: YVO₄ 晶体的镀膜, 两端面对 808 nm 的透过率为 90%, 对 1342 nm 的透过率为 99.9%。Nd: YVO₄ 晶体的侧面用铝箔片包裹置于紫铜夹具内, 以保证与紫铜夹具有良好的热接触, 用循环水对晶体进行冷却, 实验中冷却水的温度为 14.2 °C。Nd: YVO₄ 晶体放在一维平移台, 以保证抽运光在晶体中的最佳聚焦位置。

实验中, 控制激光二极管的温度使其发射的中心波长与 Nd: YVO₄ 的吸收峰重合以最大限度地提高抽运效率。实验中发现恒温循环器的温度控制在 22.3 °C 时, 激光二极管发射的中心波长与 Nd: YVO₄ 的吸收峰重合。

为了去除抽运光, 精确地测量 1342 nm 激光功率, 采取如下方法: 1) 在激光输出镜后面插入小孔光阑, 测量激光功率 P ; 2) 在小孔光阑后面插入一片备用谐振腔输入镜片(808 nm 的透过率为 97.6%, 1342 nm 的透过率为 0.3%), 测出透过光功率 P' , 1342 nm 激光功率 P_1 则由下式求出

$$P_1 = \frac{0.976P - P'}{0.976 - 0.003} \quad (1)$$

我们用美国产的 EPM-2000 双通道激光能量/功率比率计测量激光功率。所用功率探头型号为 PM30V1: 灵敏度 10 mW, 最大量程为 30 W, 光谱适应范围为 1906000 nm; 另一探头为 PM3Q 型: 灵敏度为 0.01 mW, 最大量程为 3 W, 光谱适用范围为 19011000 nm。两探头对 808 nm、1342 nm 激光的响应相同。

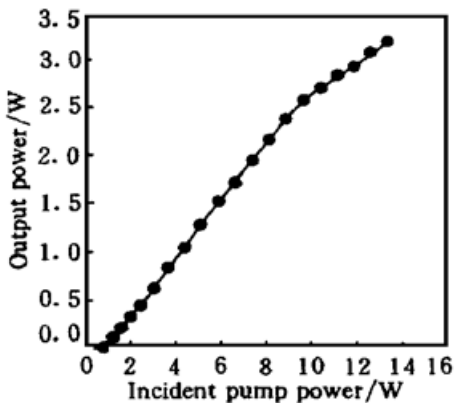


Fig. 1 1342 nm laser power versus pump power

图 1 给出了激光二极管抽运 1342 nm Nd: YVO₄ 激光输出功率的实验结果。当抽运功率为 13.30 W 时, 实现了稳定的 TEM₀₀ 模运转, 其最大输出功率为 3.22 W, 对应的光-光转换效率为 24.2%, 斜效率为 25.5%。激光器的阈值为 0.690 W, 与文献[12]所报道的一致, 而文献[10]等所测的激光阈值偏高, 比较有关 Nd: YVO₄ 晶体的尺寸、掺 Nd 浓度、谐振腔镜及抽运光光学耦合系统

等的设计参数等, 我们认为可能是由模匹配等问题所造成的。

对激光器的稳定性进行了测量, 在激光输出功率为 1.925 W 时, 对激光器进行了 20 分钟的连续监测, 输出功率不稳定性小于 1%。

从图 1 中可以看出, 在抽运功率大于 11.2 W 时, 激光输出功率开始出现饱和现象, 这可能是由晶体的热效应和晶体的掺杂浓度过高等因素所引起的。

结 论 SDL-3460-P6 高功率线列阵光纤耦合的激光二极管抽运 1342 nm Nd: YVO₄激光器激光输出功率达到 3.22 W。实验中观察到:

1) Nd: YVO₄晶体的热效应引起了激光输出功率的饱和现象。

2) 在不同的抽运功率下, 实现最佳激光输出时的抽运光光斑在 Nd: YVO₄晶体中的聚焦位置不同。

3) Nd: YVO₄晶体中, 原子数分数为 0.7% 的掺 Nd 离子浓度可能有些偏高, 是引起输出功率饱和现象的另一个因素。可以采取以下措施, 使激光二极管抽运的 1342 nm Nd: YVO₄激光器的功率和转换效率可以进一步提高:

1) 选择掺 Nd 的原子数分数小于 0.5%、通光长度稍长的 Nd: YVO₄晶体。

2) 进一步提高腔镜和 Nd: YVO₄晶体的镀膜质量、优化谐振腔设计。

3) 采用恒温循环器控制 Nd: YVO₄晶体的温度等。

感谢山东师范大学何京良教授、中国科学院物理研究所张恒利博士和房晓俊博士就本工作所给予的有益讨论。

参 考 文 献

- [1] Plaessmann H, Yamada K S, Rich C E *et al.*. Subnanosecond pulse generation from diode-pumped acousto-optically Q-switched solid-state lasers. *Appl. Opt.*, 1993, **32**(33): 66166619
- [2] Bowkett G C, Baxet G W, Booth D J *et al.*. Single-mode 1.34- μm Nd: YVO₄ laser with cw Ti: sapphire and diode-laser pumping. *Opt. Lett.*, 1994, **19**(13): 957959
- [3] Conroy R S, Kemp A J, Friel G J *et al.*. Microchip Nd: vanadate lasers at 1342 nm and 671 nm. *Opt. Lett.*, 1997, **22**(23): 17811783
- [4] Fluck R, Braun B, Gini E *et al.*. Passively Q-switched 1.34 μm Nd: YVO₄ microchip laser with semiconductor saturable absorber mirrors. *Opt. Lett.*, 1997, **22**(13): 991993
- [5] Fluck R, Zhang G, Keller U *et al.*. Diode-pumped passively mode-locked 1.34- μm Nd: YVO₄ Nd: YLF lasers by use of semiconductor saturable absorbers. *Opt. Lett.*, 1996, **21**(17): 13781380
- [6] 王长青, 沈德元, 吕建仁等. LD 泵浦的 Nd: YVO₄激光器在 1.34 μm 运转的特性. *光学学报*, 1997, **17**(9): 11761179
- [7] Agensi A, Reali G C, Gobbi P G. 430-mW single-transverse mode diode-pumped Nd: YVO₄ laser at 671 nm. *IEEE J. Quantum Electronics*, 1998, **QE-34**(8): 12971300
- [8] 张恒利, 何京良, 陈毓川等. 激光二极管抽运 Nd: YVO₄晶体 1342 nm 和 671 nm 激光器研究. *物理学报*, 1998, **47**(9): 15791584
- [9] 张恒利, 何京良, 侯 伟等. LD 抽运的 1.34 μm Nd: YVO₄晶体高效率激光器. *中国激光*, 1999, **A26**(6): 481484
- [10] 张恒利. 激光二极管泵浦 Nd: YVO₄晶体 1342 nm 及 671 nm 激光器研究. 博士学位论文, 北京, 中国科学院物理研究所, 1999.
- [11] Chen Y F, Lee L J, Huang T M *et al.*. Study of high power diode-end-pumped Nd: YVO₄ laser at 1.34 μm : influence of Auger upconversion. *Opt. Commun.*, 1999, **163**(4/6): 198202
- [12] Sennaroglu A. Efficient continuous-wave operation of a diode-pumped Nd: YVO₄ laser at 1342 nm. *Opt. Commun.*, 1999, **164**(4/6): 191197
- [13] Lafond E, Hirth A. Optimization of a single mode Q-switched oscillator at 1.34 μm . *Opt. Commun.*, 1998, **152**(4/6): 329334

1342 nm Nd: YVO₄ Laser End-Pumped by a Diode Laser

Zheng Yi Song Lianke Xu Degang Wang Yanyong Wang Li

Shang Lianju Wu Fuquan

(*College of Physics and Engineering, Qufu Normal University, Qufu 273165*)

Yiao Jianquan

(*College of Precision Instruments and Optoelectronics Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072*)

(Received 21 December 1999; revised 21 January 2000)

Abstract A Nd: YVO₄ laser at 1342 nm end-pumped by a high power linear-array fiber-coupled diode-laser is reported. An output power of 3.22 W at 1342 nm was obtained from $x = 0.7$ of atomic fraction Nd-doped YVO₄ laser with 13.30 W of incident pump power, corresponding to a slope efficiency of 25.5%. The output power fluctuation was less than 1%.

Key words end-pumped by diode-laser, Nd: YVO₄ laser, pump.