

钛蓝宝石激光泵浦的 Nd : YVO₄ 固体激光器

冯宝华 张秀兰 张东香 张道中

(中国科学院物理研究所, 北京 100080)

提要 研究了用钛蓝宝石激光泵浦的 Nd : YVO₄ 固体激光器的特性。得到基频连续激光输出功率为 190 mW, 泵浦阈值为 13 mW, 光学斜效率为 51%。用 KTP 晶体腔内倍频, 得到二倍频激光输出功率为 10mW, 总的光学转换效率为 2.3%。给出了泵浦光波长(740~830 nm)与激光输出功率之间的关系。

关键词 固体激光器, Nd : YVO₄ 晶体, 倍频

1 引言

通常的固体激光器的工作物质一般为 YAG 晶体。近年来发现钒酸钇(YVO₄)晶体具有更好的激光性质。它具有光学质量好, 受激辐射截面与吸收系数高, 而且吸收带宽达 20 nm, 更容易与泵浦源匹配。所以, 它作为中小功率的激光材料越来越引起人们的重视。用激光二极管泵浦的 Nd : YVO₄ 激光器可以做成很小的体积, 而且光学斜效率达到 50%以上^[1,2]。最近二年, 用激光二极管和钛蓝宝石激光泵浦的 Nd : YVO₄ 已经实现了单纵模工作的激光输出以及利用 KTP 晶体腔内倍频技术得到了二次谐波的激光输出^[2~5]。另外, 一些作者对 Nd : YVO₄ 晶体的温度特性进行了研究, 以及对激光的振荡频率与温度之间的关系进行了测量等^[5,6]。

本文报道了用掺钛宝石激光器泵浦的 Nd : YVO₄ 激光器。研究了在室温下 Nd : YVO₄ 晶体的特性。测量了 1.06 μm 的激光输出与泵浦光波长之间的关系。利用 KTP 晶体腔内倍频, 得到了 0.53 μm 的绿光输出。

2 实验装置和结果

实验装置如图 1 所示。实验中使用的泵浦源为连续输出、线性偏振及波长可调谐掺钛宝石激光器(Spectra-Physics, 3900S 型), 波长范围为 700~1000 nm, 线宽小于 40 GHz。使用的 Nd : YVO₄ 晶体是我们所自己生长和加工的, Nd 的掺杂为 2%。晶体尺寸为 3 mm×3 mm×1 mm, 通光长度为 1 mm。为了减少激光的反射损耗, 晶体二面镀有对 1.06 μm 的增透膜。本实验采用纵向泵浦方式。激光谐振腔为平-凹腔结构, 腔长为 1.8 cm。输入耦合镜为平面镜, 镀有对 809 nm 泵浦光约 94%的透过率并同时镀有对 1.06 μm 的高反膜。凹面输出镜的曲率半径为 5 cm, 表面镀有对 1.06 μm 约 93%的反射膜。把钛宝石激光波长调在 Nd : YVO₄ 强吸收峰 809

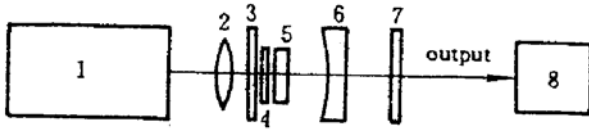


Fig. 1 Experimental setup

1: Ar⁺ laser pumped Ti:sapphire laser; 2: Lens; 3: Input coupler; 4: Nd:YVO₄ crystal; 5: KTP crystal; 6: Output mirror; 7: Filter; 8: Power meter

nm 处,它相应于 $^4F_{5/2}$ 和 $^2H_{9/2}$ 的泵浦带。经过一个焦距为 1.5 cm 的透镜,将 809 nm 泵浦光聚焦在 Nd:YVO₄ 晶体上。仔细调节谐振腔镜,得到 1.06 μm 的激光输出。图 2 给出了实验测量的输入-输出功率的关系曲线。对于不同偏振方向的泵浦光,Nd:YVO₄ 晶体有不同的吸收效率^[7]。在我们的实验中,当泵浦光的功率为 387 mW 时,得到 190 mW 的 1.06 μm 基横模激光输出,阈值泵浦功率为 13 mW,光学斜效率为 51%,这时的泵浦源的偏振方向平行于 Nd:YVO₄ 晶体的 *c* 轴(π 偏振)。把 YVO₄ 晶体旋转 90°,使之 *c* 轴与泵浦光的偏振方向相互垂直(σ 偏振)。这时可明显看出 Nd:YVO₄ 晶体对泵浦光的吸收减弱,有相当一部分泵浦光透过晶体而没有被吸收。所以,得到的 1.06 μm 激光强度明显低于平行 *c* 轴时的激光输出,而且阈值泵浦功率也相对要高。当泵浦功率为 319 mW 时,1.06 μm 输出为 86 mW,阈值泵浦功率为 48 mW,这时的光学斜效率约为 32%。

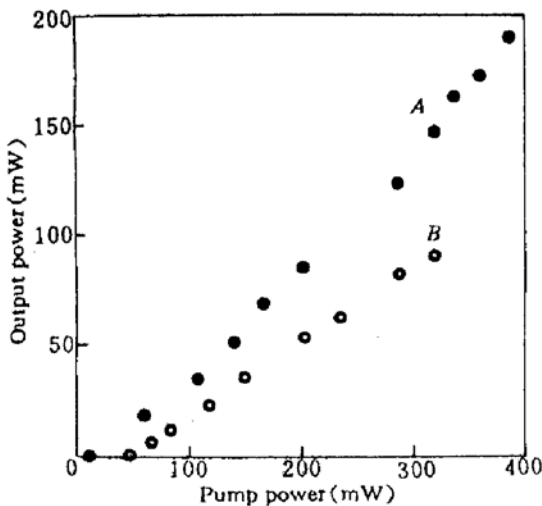


Fig. 2 Measured output power at 1.06 μm as a function of the pump power at a pump wavelength of 808.7 nm. A: π polarization; B: σ polarization

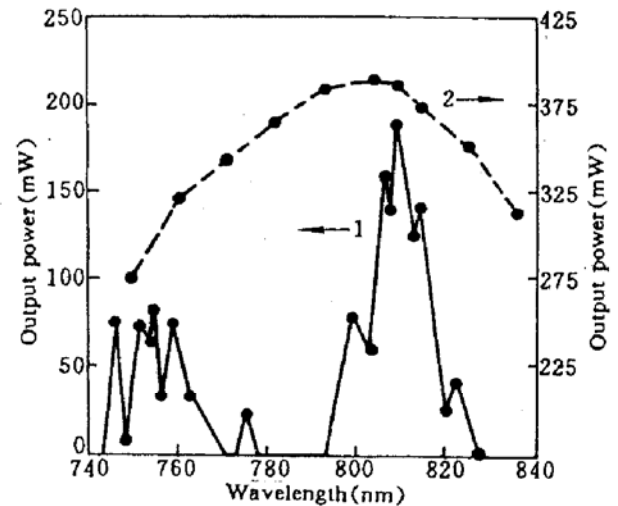


Fig. 3 1: Measured output power at 1.06 μm as a function of the pump wavelength; 2: Ti:sapphire laser output as a function of the wavelength

利用 KTP 晶体腔内倍频技术,我们还对 1.06 μm 基频光的倍频进行了初步的实验研究。将一块 3 mm \times 3 mm,通光长度为 4.6 mm 的 KTP 晶体插入激光谐振腔内,并把输出耦合镜换成对 1.06 μm 反射率为 99% 的凹面膜片,曲率半径为 5 cm。当偏振方向平行于 Nd:YVO₄ 晶体 *c* 轴的泵浦激光(钛蓝宝石 809 nm)功率为 440 mW 时,测量到二倍频(0.53 μm)激光输出功率为 10 mW,这时总的光学转换效率约为 2.3%。在我们的倍频实验中,输出耦合镜对 0.53 μm 的透过率约为 80% 左右。如果提高输出镜对 0.53 μm 的透过率以及对 1.06 μm 的反射率,那么二倍频的绿光输出功率还可望能进一步提高。

由于 Nd:YVO₄ 晶体有较宽的光谱吸收范围^[8],它可以更方便以及有效与不同波长的泵浦源相匹配。在我们以上的实验中,测量的 1.06 μm 的激光输出是在泵浦波长为 809 nm。这

是 Nd : YVO₄ 晶体强的吸收处。利用钛蓝宝石激光的波长调谐, 我们也测量了 Nd : YVO₄ 在不同泵浦光波长范围(740~830 nm)时, 得到的 1.06 μm 激光输出, 如图 3 所示。从实验结果可以看出, 在泵浦波长为 809 nm 时, 有最高的激光输出。在短波方向也有一较强的吸收, 它相应于 ⁴F_{7/2} 和 ⁴S_{3/2} 的泵浦带。在这一光谱范围得到的 1.06 μm 激光输出强度近似等于在 809 nm 吸收时的 1/2 倍, 但是在这一范围钛蓝宝石激光输出强度也相对低一些。图 3 中上面的曲线为钛宝石激光输出功率与波长的关系。

致谢 感谢顾鹤宾同志提供的 Nd : YVO₄ 晶体。

参 考 文 献

- 1 R. A. Fields, M. Birnbaum, C. L. Fincher. Highly efficient Nd : YVO₄ diode-laser end-pumped-laser. *Appl. Phys. Lett.*, 1987, **51**(23) : 1885~1886
- 2 T. Sasaki, T. Kojima, A. Yokotani *et al.*. Single-longitudinal-mode operation and second-harmonic generation of Nd : YVO₄ microchip lasers. *Opt. Lett.*, 1991, **16**(21) : 1665~1667
- 3 T. Taira, A. Mukai, Y. Nozawa *et al.*. Single-mode oscillation of laser-diode-pumped Nd : YVO₄ microchip lasers. *Opt. Lett.*, 1991, **16**(24) : 1955~1957
- 4 G. J. Kintz, T. Baer. Single-Frequency Operation in Solid-State Laser Materials with Short Absorption Depths. *IEEE J. Quant. Electr.*, 1990, **QE-26**(9) : 1457~1459
- 5 T. Honda, H. Morimoto, H. Matsumoto. Broad Tuning of Nd : YVO₄ Green Laser by Temperature Control of Intracavity KTiOPO₄. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 1993, **32**(1A) : 97~98
- 6 Qiu Mingxin, D. J. Booth, G. W. Baxter *et al.*. Performance of a Nd : YVO₄ microchip laser with continuous-wave pumping at wavelengths between 741 and 825 nm. *Appl. Opt.*, 1993, **32**(12) : 2085~2086
- 7 N. P. Barnes, M. E. Storm, P. L. Cross *et al.*. Efficiency of Nd Laser Materials with Laser Diode Pumping. *IEEE J. Quant. Electr.*, 1990, **26**(3) : 558~569
- 8 J. R. O' Connor. Unusual Crystal-Field Energy Levels and Efficient Laser Properties of Nd : YVO₄. *Appl. Phys. Lett.*, 1966, **9**(11) : 407~409

Ti : sapphire laser pumped Nd : YVO₄ solid-state laser

Feng Baohua Zhang Xiulan Zhang Dongxiang Zhang Daozhong

(Institute of Physics, Academia Sinica, Beijing 100080)

Abstract The properties of Nd : YVO₄ solid-state laser pumped with a Ti : sapphire laser have been investigated. The output power of 190 mW and the pump threshold of 13 mW have been obtained where the optical slope efficiency was 51%. The output power of 10 mW for the second-harmonic light was observed using an intracavity KTP crystal, and the total optical efficiency was 2.3%. The dependence of the output power on the pump wavelength ranging from 740nm to 830 nm is given.

Key words solid-state laser, Nd : YVO₄ crystal, generation second harmonic