

Nd·YVO₄ 晶体的偏振激发荧光光谱及其 LD 泵浦激光特性*

王长青 Y. T. Chow

孟宪林 邵宗书

(香港城市大学电子工程系 香港九龙达之路) (山东大学晶体材料国家重点实验室 济南 250100)

提要 分别利用 π 和 σ 偏振光激发, 测量并对比了 Nd·YVO₄ 晶体的非偏振及偏振荧光光谱。研究了 LD 泵浦 Nd·YVO₄ 激光器的输出特性, 当泵浦功率为 1900 mW 时, 获得了 1012 mW 的 1064 nm 激光输出, 斜效率为 53.6%。

关键词 偏振激发, 偏振荧光光谱, Nd·YVO₄ 晶体, 激光特性

1 引 言

Nd·YVO₄ 是一种适合 LD 泵浦的高效激光晶体^[1~5], 属四方晶系, 锆石英结构, 是正单轴晶体。与各向同性的 Nd·YAG 晶体相比, Nd·YVO₄ 不仅吸收光谱宽、吸收系数高、发射截面大, 而且具有很强的偏振吸收和偏振辐射特性。 α 轴切割的 Nd·YVO₄ 对 π 偏振泵浦光的吸收系数远大于对 σ 偏振泵浦光的吸收系数^[6,7], 因此, 为了充分利用泵浦光能量, 通常采用 π 偏振方式泵浦, 文献[7]给出了 Nd·YVO₄ 晶体的偏振吸收光谱图。本文对 Nd·YVO₄ 晶体在不同偏振光激发下的荧光光谱及其偏振特性进行了测量和分析对比, 用 LD 纵向泵浦 Nd·YVO₄ 激光器, 获得了高效 1064 nm 线的偏振激光输出。

2 荧光光谱的测量及其偏振特性研究

本实验所用的 Nd·YVO₄ 晶体是用 Czochralski 方法生长的, 掺杂浓度为 2 at.-%。将其按 α 轴方向切割, 加工成截面为 3 mm × 3 mm 的样品, 两通光表面抛光、平行, 晶体在通光方向的长度为 0.9 mm。用线偏振的 809 nm 半导体激光激发, 用 HP-70951A 型光谱分析仪测量并记录室温下的荧光光谱, 测量偏振光谱使用的是一片吸收型薄膜偏振片。

当用 π 偏振光激发时, 测得 Nd·YVO₄ 的非偏振和偏振荧光光谱如图 1 所示。在 1050~1100 nm 波段, Nd·YVO₄ 的非偏振谱共有 8 个荧光峰, 某些荧光峰同时具有 π 和 σ 两种偏振分量, 而另一些荧光峰只具有其中一种偏振分量, 主峰 1064.3 nm 的荧光峰宽为 0.9 nm, 其 π 偏振荧光分量远大于 σ 偏振分量, 两个偏振分量的峰值比为 $I_{\pi} \cdot I_{\sigma} = 6.9 \cdot 1$ 。各荧光峰对应的波长及其

* 香港城市大学光电子研究中心资助项目。

偏振情况列于表 1。

表 1 Nd·YVO₄ 晶体荧光光谱的峰值波长及其偏振态

Table 1 Peak wavelengths and polarization of the fluorescence spectra of Nd·YVO₄

peak wavelength/nm	polarization	note
1062.6	σ	
1064.3	π, σ	main peak, $I_{\pi} \cdot I_{\sigma} = 6.9 \cdot 1$
1066.7	σ	
1071.4	σ	
1073.3	π	
1083.8	σ	
1085.4	π	
1087.1	π, σ	

用 σ 偏振光激发时, 荧光谱线的线型、峰值的数目和位置, 以及各个峰的线宽和偏振特性均与图 1 基本相同, 主峰所含的 π 偏振分量仍然大于 σ 偏振分量, 只是两个分量的比值 (偏振度) 小于 π 偏振激发时的结果, 为 $I_{\pi} \cdot I_{\sigma} = 5.3 \cdot 1$ 。因此, 对于激光泵浦的 Nd·YVO₄ 激光器, π 偏振泵浦不仅有利于提高泵浦吸收效率, 而且有利于提高激光发射效率。

3 LD 泵浦 Nd·YVO₄ 激光实验

将前述用于测试荧光光谱的 Nd·YVO₄ 样品按激光实验要求镀膜, 晶体的一面镀 1064 nm 全反和 808 nm 高透膜, 该面作为激光谐振腔的一个腔镜, 另一面镀 1064 nm 增透膜, 以减小腔内反射损耗。

激光实验的泵浦源为 SDL-2342 型半导体激光器, 发光元尺寸为 $370 \mu\text{m} \times 1 \mu\text{m}$, 最大输出功率为 3 W, 输出线偏振激光, 由 SDL-820 型电源进行驱动和控温, 设置 LD 的温度将其峰值波长控制在 808.6 nm (Nd·YVO₄ 的吸收峰), 采用 π 偏振纵向泵浦方式, 用一个特殊的耦合系统将 LD 的输出光束聚焦在 Nd·YVO₄ 晶体内, 实验装置如图 2 所示。

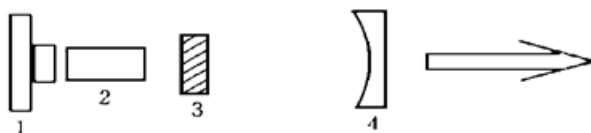


图 2 LD 泵浦 Nd·YVO₄ 激光器实验装置图

1: LD; 2: 耦合系统; 3: Nd·YVO₄; 4: 输出镜

Fig. 2 Experimental setup for the LD-pumped Nd·YVO₄ laser

1: LD; 2: coupling system; 3: Nd·YVO₄; 4: output mirror

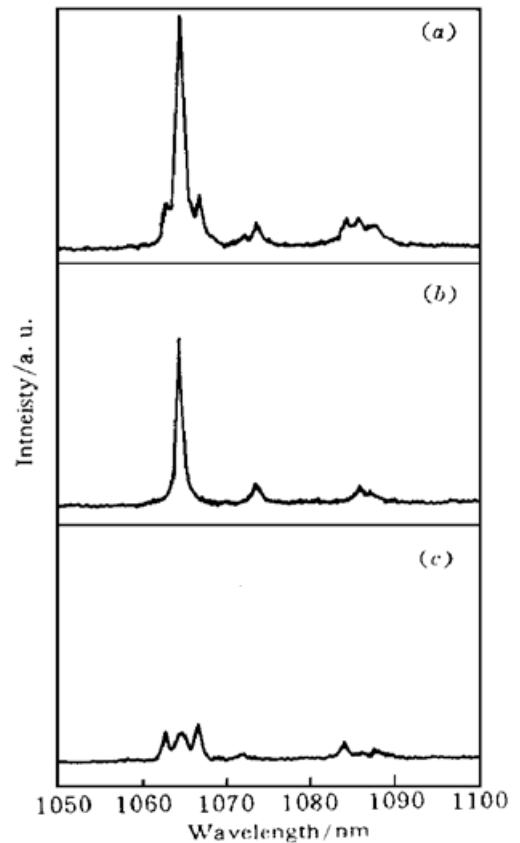


图 1 π 偏振光激发下 Nd·YVO₄ 晶体的室温荧光光谱

(a) 非偏振谱; (b) π 偏振谱; (c) σ 偏振谱

Fig. 1 Fluorescence spectra of Nd·YVO₄ crystal excited by π polarized light at room temperature

(a) unpolarization; (b) π polarization; (c) σ polarization

采用平凹腔结构, 输出镜曲率半径为 20 mm, 对 1064 nm 的透过率有 2.8%, 5.1%, 10.0% 3 种, 对于每种透过率的输出镜, 均将激光腔调整到最大输出状态。当泵浦光以 π 偏振方式入射时, 测得激光器的输入-输出特性曲线如图 3 所示。在输出镜透过率为 5.1% 的情况下, 阈值泵浦功率为 20 mW, 当入射泵

浦功率为 1900 mW 时, 获得最大激光输出功率为 1012 mW, 斜效率为 53.6%。图 4 是激光输出谱线, 峰值波长为 1064.42 nm, 在荧光谱主峰范围之内, 之所以比荧光主峰波长 1064.3 nm 稍长, 是由于激光运转时晶体温度较高, 输出波长向长波长方向漂移造成的^[6], 输出激光线宽为 0.3 nm, 远小于荧光主峰 0.9 nm 的线宽。经检测, 输出激光是线偏振光, 偏振方向平行于晶体 *c* 轴(π 偏振), 输出光斑为与泵浦光斑形状相似的椭圆形。当泵浦光以 σ 偏振方式入射时, 输出激光仍为 π 偏振, 但输出效率较低。

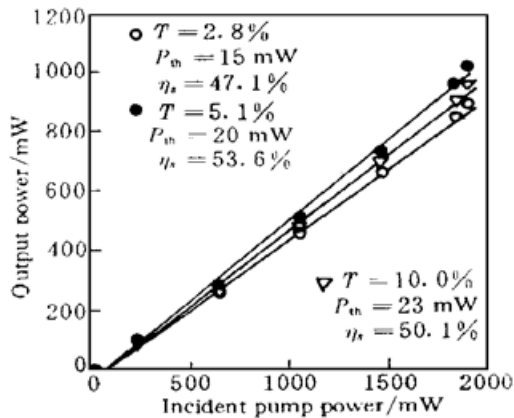


图 3 LD 泵浦 Nd·YVO₄ 激光器输出功率随泵浦功率的变化关系

Fig. 3 The output power of the LD-pumped Nd·YVO₄ laser versus the incident pump power

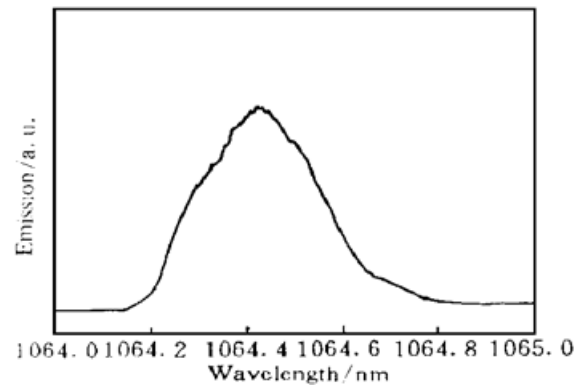


图 4 LD 泵浦 Nd·YVO₄ 激光器的输出光谱

Fig. 4 The output spectrum of the LD-pumped Nd·YVO₄ laser

4 结 论

分别利用 π 和 σ 偏振光激发, 测量了 Nd·YVO₄ 晶体的非偏振和偏振荧光光谱, 发现两种偏振光激发下相应荧光谱线的线型、峰值的数目和位置, 以及各个峰的线宽和偏振特性基本相同。无论激发光的偏振方向如何, 主荧光峰所含的 π 偏振分量总是远大于 σ 偏振分量, 只是两个分量的比值根据激发光偏振方向的不同而有所不同, π 偏振激发时荧光主峰中 π 偏振分量所占的比例大于 σ 偏振激发时的比例。采用 LD 纵向泵浦 Nd·YVO₄ 激光器, 获得了 1012 mW 的 1064 nm 线偏振激光输出, 斜效率为 53.6%, 输出激光的谱线及其偏振特性与荧光谱主峰相符。

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 R. Scheps, J. F. Myers, G. Mizell. High-efficiency 1.06- μ m output in a monolithic Nd·YVO₄ laser. *Appl. Opt.*, 1994, **33**(24): 5546~ 5549
- 3 He Huijuan, Lin Yueming, Lu Yutian. The characteristic study of high-efficiency Nd·YVO₄ laser. *Chinese J. Lasers* (中国激光), 1994, **A21**(8): 621~ 623 (in Chinese)
- 4 Li Chuandong, Hu Wentao, Zhou Fuzheng *et al.*. A LD end-pumped Nd·YVO₄ laser and its high-order transverse mode performance. *Chinese J. Lasers* (中国激光), 1995, **A22**(2): 81~ 84 (in Chinese)
- 5 Jin Tianfeng, Yuan Yiqian, Miao Tongqun *et al.*. High efficiency 1.064 μ m output in diode pumped Nd·

- YVO₄ laser. *Acta Optica Sinica* (光学学报), 1996, **16**(5): 598~ 600 (in Chinese)
- 6 She Deyuan, Wang Changqing, Shao Zongshu *et al.*. Performance of a highly efficient Nd:YVO₄ diode-laser end-pumped laser. *Chinese J. Lasers* (中国激光), 1996, **A23**(1): 19~ 22 (in Chinese)
- 7 Wang Junmin, Li Ruining, Guo Ruixiang *et al.*. Laser diode direct-coupling pumped Nd:YVO₄/KTP high-efficiency intracavity frequency-doubling laser. *Acta Optica Sinica* (光学学报), 1996, **16**(10): 1389 ~ 1392 (in Chinese)

Fluorescence Spectra and Laser Characteristics of Nd:YVO₄ Crystal Excited by the Polarized Emission from a Laser Diode

Wang Changqing Y. T. Chow

(*Department of Electronic Engineering, City University of Hong Kong*)

Meng Xianlin Shao Zongshu

(*National Key Laboratory of Crystal Materials, Shandong University, Jinan 250100*)

Abstract The unpolarized and polarized fluorescence spectra of Nd:YVO₄ crystal excited by π and σ polarized lights respectively are measured and compared. The characteristics of the Nd:YVO₄ laser pumped by a laser diode are studied. A 1064 nm laser with a maximum output power of 1012 mW and a slope efficiency of 53.6% is obtained at the incident pump power of 1900 mW.

Key words excited by polarized light, polarized fluorescence spectrum, Nd:YVO₄ crystal, laser characteristics