

可调谐掺钛宝石激光泵浦的 NYAB 准连续 绿色激光的特性*

黄奕川 邱闽旺 罗遵度 江爱栋 杨恕冰 陈光

(中国科学院福建物构所, 福州 350002)

吴瑞昆 刘晔 何剑荣

(中国科学院上海光机所, 上海 201800)

提要 本文报道了准连续 Ti^{3+} 宝石可调谐激光泵浦自倍频激光晶体 NYAB, 获得 $0.531 \mu m$ 绿色激光输出的实验结果。激光阈值很低, 平均输出功率为 $27.6 mW$, 总效率为 22.6% 。

关键词 自倍频, 激光特性

Quasi-continuous green laser performance of NYAB crystals pumped by tunable $Ti^{3+} : Al_2O_3$ laser

HUANG Yichuan, QIU Minwang, LUO Zundu JIANG Aidong,

YANG Shubing, CHEN Guang

(Fujian Institute of Research on the Structure of Matter, Academia Sinica, Fuzhou 350002)

WU Ruikun, LIU Ye, HE Jianrong

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica, Shanghai 201800)

Abstract Self-frequency doubling NYAB laser crystal was pumped by quasi-continuous $Ti^{3+} : Al_2O_3$ laser and green laser output at $0.531 \mu m$ was obtained. Its average output power and total efficiency are up to $27.6 mW$ and 22.6% respectively.

Key words self-frequency doubling, laser performance

四硼酸铝钇钆 $[Nd_xY_{1-x}Al_3(BO_3)_4]$, 简称 NYAB, 属负单轴晶体, 空间群为 R_{32} 。由于 NYAB 的阴离子基团 BO_3 具有平面共轭 π 电子型结构, 有较大的非线性光学系数^[1], 同时它的离子键参数 $L = R_-/R_+ \Delta x$ 特别大, 荧光猝灭效应小, 发射截面较大^[2]。因此它是一种既有良好激光性能, 又有较大非线性光学系数的自倍频激光工作物质。一块 NYAB 晶体, 只要是按照相位匹配方向加工的激光棒, 经过光泵, 不需插入非线性光学晶体, 它就能直接发射 $0.531 \mu m$ 的绿色激光。便于制成体积小、携带方便的实用激光器, 可以广泛地应用于医疗、高空摄影、激光通讯、光盘存储、生物工程等。有关 NYAB 激光器可参阅文献^[3~5]。本文着重报道用准连续可调谐

收稿日期: 1992年4月22日; 收到修改稿日期: 1992年7月8日。

* 本项目为国家自然科学基金资助项目。

Ti³⁺ 宝石激光器输出的激光来研究 NYAB 晶体的激光特性。

我们把晶体按 I 类相位匹配角 $\theta_m = 30^\circ 50'$ 和方位角 $\phi = n\pi/3 (n = 0, \pm 1, \pm 2 \dots)$ 的方向切割, 加工成尺寸为 $3 \times 3 \times 5 \text{ mm}^3$ 的激光棒。测量了晶体的吸收谱如图 1。晶体两端镀膜, 一端镀 $1.062 \mu\text{m}$ 和 $0.531 \mu\text{m}$ 高反, $0.80 \sim 0.81 \mu\text{m}$ 高透, 它起谐振腔全反镜的作用; 另一端镀 $1.062 \mu\text{m}$ 和 $0.531 \mu\text{m}$ 增透。谐振腔的输出端是一块平凹镜的介质膜片, 镀 $1.062 \mu\text{m}$ 高反和 $0.531 \mu\text{m}$ 高透。本实验用上海光机所研制的 Ti³⁺ 宝石激光器作为泵浦源, 纵向泵浦 NYAB 激光器, 如图 2。

利用 Ti³⁺ 宝石激光器内的可调谐机构, 把输出波长分别调到 $804 \text{ nm} \pm 1 \text{ nm}$ 和 $807 \text{ nm} \pm 1 \text{ nm}$, 并用光栅单色仪检测波长。将输出的激光束经由聚焦透镜会聚到 NYAB 晶体上, 光束直径约为 $100 \mu\text{m}$, 利用半共焦腔的光斑半径与输出镜曲率半径的关系, 利用计算机拟合, 使泵浦光束与谐振腔的模体积匹配较好, 并经过不同曲率半径的反复实验, 选择曲率半径 $R = 54 \text{ mm}$ 的平凹镜, 作为 NYAB 激光器的输出镜。经过光泵获得 $0.531 \mu\text{m}$ 的绿色激光。用滤光片、棱镜滤掉剩余的泵浦光和基频光。用 LPE-1A 激光功率计测量平均功率, 泵浦光输入和激光输出见表 1、表 2 和图 3。

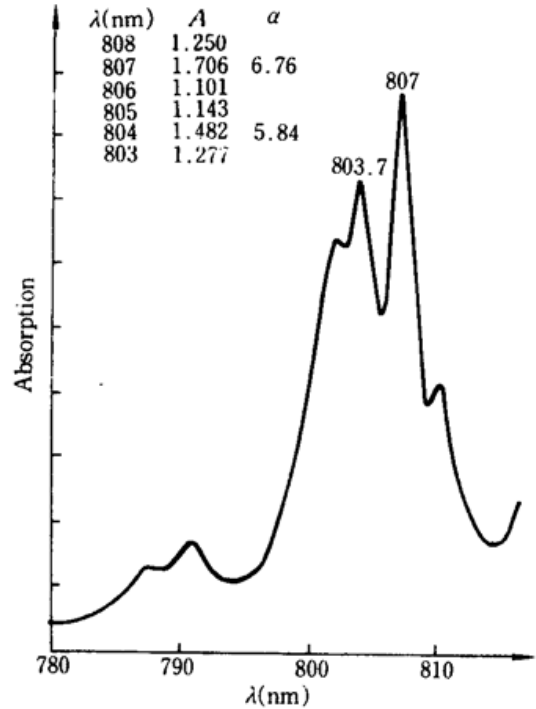


Fig. 1 Absorption curve of NYAB crystals ($\phi 3 \times 5.64$)

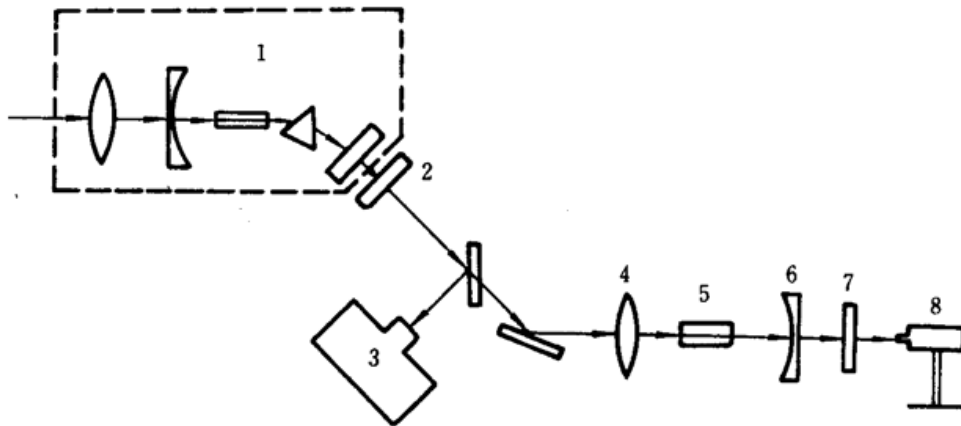


Fig. 2 Laser experimental setup

1—Ti³⁺ : Al₂O₃ laser; 2—filter; 3—grating monochromator; 4—condenser lens; 5—NYAB crystal; 6—dielectric film; 7—filter; 8—power meter

Table 1 Variety of output power with input power ($\lambda = 804 \text{ nm} \pm 1 \text{ nm}$)

Input (mW)	7	23	39	58	100	122
Output (mW)	0.2	1.5	4.4	9.8	20.4	27.6
Efficiency (%)	2.8	6.5	11.3	16.9	20.4	22.6

Table 2 Variety of output power with input power ($\lambda = 807 \text{ nm} \pm 1 \text{ nm}$)

Input (mW)	1.2	13.5	32	50	95	122
Output (mW)	0.1	1.7	4.5	8.5	19.5	26.8
Efficiency (%)	8.3	12.5	14.5	17	20.1	22

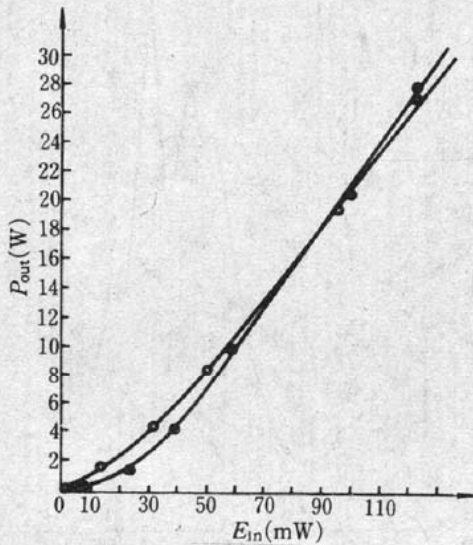


Fig. 3 The variety curve of output power with input power

结果与讨论:

1. 用准连续 Ti^{3+} 宝石激光泵浦 NYAB 激光器, 当输入 122 mW 泵浦光时, 获得 $0.531 \mu\text{m}$ 单横模激光达 27.6 mW, 总效率为 22.6%。从泵浦光的输入和 NYAB 激光器的 $0.531 \mu\text{m}$ 的输出曲线可见: NYAB 的自倍频激光振荡阈值很低; 转换效率高, 而且曲线还呈上升趋势, 可见 NYAB 晶体的自倍频输出还有很大的潜力。

2. 我们拍下 NYAB 激光器输出的绿色激光光斑图(图 4)。从图上可以明显看出它的单横模 (TEM_{00}) 的空间分布特性。

3. 我们用 Ti^{3+} 宝石激光泵浦 NYAB 激光器时发现: 某些晶体尽管肉眼观察不到缺陷和包裹

体, 用泰曼干涉仪检测光学均匀性也较好, 如果其激光输出的光斑图像不规则如图 4 所示, 实验结果可明显看出光斑图越不规则, 激光输出功率就越低。光斑图像越较规则, 输出功率也较高。上述实验说明激光光斑图一定程度地反映了晶体内部存在的微观缺陷。由于 Ti^{3+} 宝石激光器输出的激光是准连续的, 光束经聚焦后可小于 $100 \mu\text{m}$, 而晶体的横截面一般为 $3 \times 3 \text{ mm}^2$ 。在保持激光器谐振腔不变的情况下, 可以不断使晶体沿水平方向和垂直方向移动, 随时观察光斑图像和亮度, 从光斑图像和亮度优劣、强弱来检查 NYAB 晶体的激光性能, 从而可以选择泵浦光束入射到晶体的最佳位置, 以获得较好的模式和较高的输出功率。

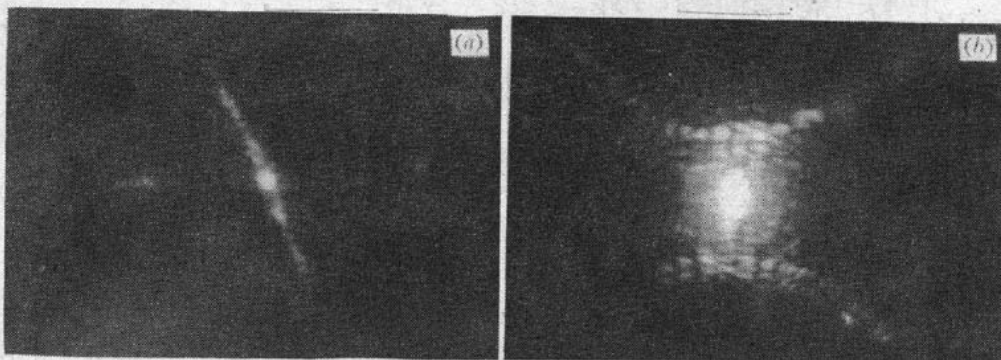


Fig. 4 Laser output spot patterns of NYAB laser

参 考 文 献

- 1 陈剑天 *et al.*, 物理学报, **30**, 716(1981)
- 2 罗遵度 *et al.*, 中国科学, A 辑, **2**, 210~214(1991)
- 3 刘恩泉 *et al.*, 光学学报, **7**(2), 139~143(1987)
- 4 Luo Zundu *et al.*, *Chin. Phys. Lett.*, **6**(10), 440~443(1989)
- 5 Luo Zundu *et al.*, *Proc. SPIE*, **1104**, 132(1989)