

文章编号: 1007-5461(2003)06-0648-03

闪光灯泵浦  $\text{Nd}^{3+}:\text{GGG}$  激光特性研究江海河<sup>1</sup>, 贾先德<sup>1</sup>, 袁自钧<sup>2</sup>, 张洪波<sup>1</sup>,  
张庆礼<sup>1</sup>, 孙敦陆<sup>1</sup>, 殷绍唐<sup>1</sup>

(1 中国科学院安徽光学精密机械研究所, 合肥 230031;

2 合肥工业大学理学院, 合肥 230009)

**摘 要:** 用闪光灯泵浦掺钕钆石榴石 ( $\text{Nd}^{3+}:\text{GGG}$ ) 激光晶体, 研究了脉冲宽度 0.5 ms、1 ms、1.5 ms 和 2 ms 的放电泵浦下激光输出, 实验获得了 1.92J 的最大激光能量。**关键词:** 闪光灯泵浦;  $\text{Nd}^{3+}:\text{GGG}$  激光器; 长脉冲激光特性**中图分类号:** TN248.1**文献标识码:** A

## 1 引言

大功率固体激光技术一直是国际上激光技术重要的发展和应用方向, 特别是在工业激光加工、激光核聚变、强激光武器等领域有着重要的应用前景。由于受到激光介质尺寸和热效应的瓶颈限制, 大平均功率固体激光器发展十分艰难。众所周知,  $\text{Nd}^{3+}:\text{YAG}$  是目前最优秀的工业级激光晶体, 但  $\text{Nd}^{3+}:\text{YAG}$  晶体生长时伴有的杂质、应力核心等问题, 使得毛坯的中心部分不能用作激光介质, 无法获得大尺寸的激光元件。而掺钕钆石榴石 ( $\text{Nd}^{3+}:\text{GGG}$ ) 容易在平坦固液界面下生长, 不存在杂质、应力等集中的核心, 整个截面都可有效利用, 容易得到应用于大功率激光器的大尺寸板条和棒状元件, 并且  $\text{Nd}^{3+}:\text{GGG}$  具有好的力学和化学稳定性、高的热导率、宽的泵浦吸收带、长的荧光寿命, 泵浦光的吸收和储能性都较好, 适合于闪光灯、LD 泵浦, 可实现连续波和脉冲式激光运转。  $\text{Nd}^{3+}:\text{GGG}$  已成为大平均功率固体激光器的首选材料<sup>[1,2]</sup>。国外早年已开展了  $\text{Nd}^{3+}:\text{GGG}$  晶体激光特性的实验研究<sup>[3~6]</sup>。

本文报道利用最近我们生长的  $\text{Nd}^{3+}:\text{GGG}$  晶体进行闪光灯泵浦实验, 获得了激光输出, 并研究了长放电脉冲泵浦下的激光特性。

## 2 实验装置

闪光灯抽运  $\text{Nd}^{3+}:\text{GGG}$  激光器的实验装置如图 1 所示。  $\text{Nd}^{3+}:\text{GGG}$  晶体棒的有效尺寸为  $\phi 8 \text{ mm} \times 34 \text{ mm}$ , 掺杂浓度约为 1.5at%, 棒两端磨成平行平面, 未镀增透膜。闪光灯为脉冲氙灯, 由掺铈的石英玻璃管制作而成, 尺寸为  $\phi 8 \text{ mm} \times 90 \text{ mm}$ , 与  $\text{Nd}^{3+}:\text{GGG}$  晶体棒一起封装在腔长为 100 mm 的紧包陶瓷聚光腔中。放电实验过程中采用压缩机制冷系统对全腔进行水冷, 水温设置在  $10^\circ\text{C}$ 。激光谱

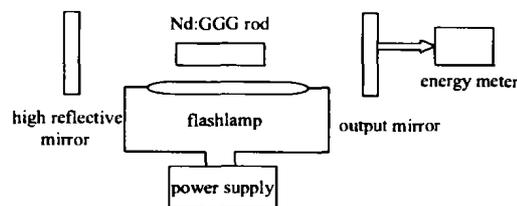


Fig.1 Experimental setup of the Xe-flashlamp pumped  $\text{Nd}^{3+}:\text{GGG}$  laser

基金项目: 安徽光机所所长基金资助项目 (0320206012)。

收稿日期: 2003-09-22

E-mail: hjiang@aiofm.ac.cn

振腔为平平腔结构, 腔长 430 mm。实验泵浦电源的储能电容为  $20500 \mu\text{F}$ , 最大电压为 600 V, 放电脉冲宽度可调。为了研究  $\text{Nd}^{3+}:\text{GGG}$  的大能量泵浦特性, 我们在脉冲重复频率 1 Hz 情况, 进行了脉冲宽度 0.5 ms、1 ms、1.5 ms 和 2 ms 的放电实验。实验中使用北京物科 LP-1A 型能量计测量激光输出能量。

### 3 实验结果与分析

实验中采用输出镜透过率分别为  $T = 40\%$ , 在脉冲重复频率 1 Hz 情况, 进行了泵浦脉冲宽度 0.5 ms、1 ms、1.5 ms 和 2 ms 的放电实验, 通过相纸光斑的观察, 光斑模式较好, 测得激光输出能量与闪光灯输入能量列入表 1, 它们之间的变化关系如图 2 所示。在 0.5 ms、1 ms、1.5 ms 泵浦时, 输出激光能量分别为 0.65 J、0.97 J 和 1.48 J。在 2 ms 的放电时, 泵浦能量为 840 J, 获得的最大激光输出能量为 1.92 J。从实验结果我们能够发现, 随着放电脉冲宽度的增加, 输入泵浦能量线性增大时, 激光的输出能量也呈线性增大。另外, 我们在实验过程中也进行了 3 Hz、5 Hz 的泵浦, 通过相纸光斑的观察, 发现短时间内光斑形状变化不大。这些都说明  $\text{Nd}^{3+}:\text{GGG}$  晶体的热容性较大。适合于大功率激光系统, 特别是热容激光运转。

表 1 闪光灯泵浦  $\text{Nd}^{3+}:\text{GGG}$  晶体的激光实验结果

| 电压 (V) | 电流 (A) | 放电脉宽 (ms) | 泵浦能量 (J) | 激光输出能量 (J) |
|--------|--------|-----------|----------|------------|
| 600    | 733    | 0.5       | 219      | 0.65       |
| 600    | 733    | 1.0       | 438      | 0.97       |
| 600    | 733    | 1.5       | 657      | 1.48       |
| 600    | 700    | 2.0       | 840      | 1.92       |

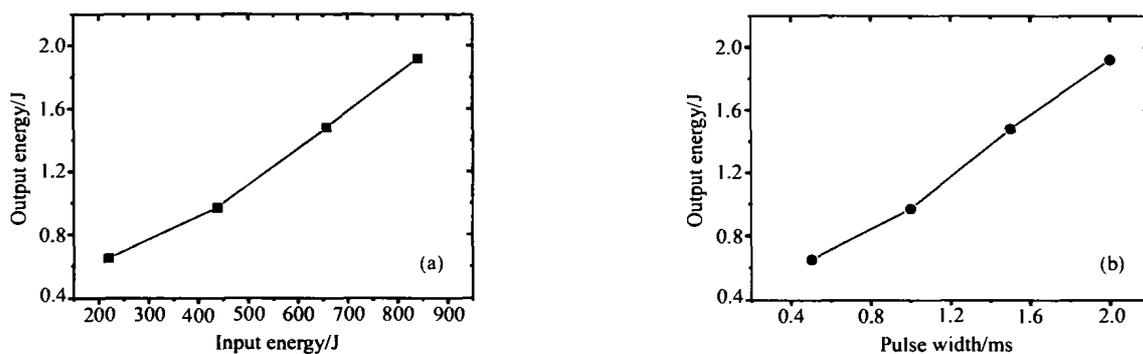


Fig2. Output energy from flashlamp pumped  $\text{Nd}^{3+}:\text{GGG}$  laser versus input energy (a) and width (b) pulse duration

本激光实验系统的激光效率为 0.22%。造成激光效率较低的主要原因之一是由于在实验中利用了现有的实验条件, 闪光灯的长度为 90 mm, 激光晶体长度仅为 34 mm, 闪光灯的长度与激光晶体长度不相匹配; 另外一个原因是实验中所用的  $\text{Nd}^{3+}:\text{GGG}$  晶体为毛坯小样, 尺寸较短, 切割出的晶体棒长度较小, 加上  $\text{Nd}^{3+}:\text{GGG}$  掺杂浓度低, 以及谐振腔的输出腔片的透过率等参数都没有达到最佳化, 因此无法获得足够大的激光增益, 影响了高效率的获得。目前, 我们正在生长更大尺寸的晶体, 为进一步开展大尺寸的  $\text{Nd}^{3+}:\text{GGG}$  激光实验奠定基础。

## 4 结 论

我们用闪光灯泵浦自己生长的  $\text{Nd}^{3+}:\text{GGG}$  晶体, 采用平平腔结构, 在输出耦合镜的透过率为 40% 的情况下, 进行了脉冲宽度 0.5 ms、1 ms、1.5 ms 和 2 ms 的泵浦放电, 对  $\text{Nd}^{3+}:\text{GGG}$  晶体进行了长脉冲大能量的激光热特性实验研究, 光斑模式较好, 并获得了 1.92 J 的最大激光能量。

## 参 考 文 献

- 1 Zhang Qingli, *et al.* Research progress of the laser crystal GGG species [J]. *Chinese Journal of Quantum Electronics* (量子电子学报), 2002, 19(6): 481-484 (in Chinese)
- 2 Tao Dejie, *et al.* Czochralski growth of gadolinium gallium garnet (GGG) Single Crystals [J]. *Chinese Journal of Quantum Electronics* (量子电子学报), 2003, 20(5): 550-552 (in Chinese)
- 3 Maeda K, Wada N, Umino M, *et al.* Concentration dependence of fluorescence lifetime of  $\text{Nd}^{3+}$ -doped  $\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$  lasers [J]. *Japan J. Appl. Phys.*, 1984, 23: 759-760
- 4 Wada N, Abe M.  $\text{Nd}^{3+}:\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$  slab laser [C] // in Proc CLEO 184 paper WA4
- 5 Smith W L. Nonlinear optical measurements in 1982 laser Prog [R]. Annu Rep., Lawrence Livermore Nat Lab., Rep, UCRL-50021-82, pp7-34- 7-38, Aug. 1983
- 6 Yoshida K, Yoshida H, Kato Y. Characterization of high average power Nd:GGG slab lasers [J]. *IEEE J. Quant Electr.*, 1988, 24: 1188-1192

## Lasing Features of Flashlamp Pumped $\text{Nd}^{3+}:\text{GGG}$ Laser

Jiang Haihe<sup>1</sup>, Jia Xiande<sup>1</sup>, Yuan Zijun<sup>2</sup>, Zhang Hongbo<sup>1</sup>,  
Zhang Qingli<sup>1</sup>, Sun Dunlu<sup>1</sup>, Yin Shaotang<sup>1</sup>

( 1 Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031 China ;

2 School of Sciences, Hefei University of Technology, Hefei 230009 China )

**Abstract:** This work presents the lasing features of neodymium doped gadolinium gallium garnet ( $\text{Nd}^{3+}:\text{GGG}$ ) pumped by a Xe flashlamp. Laser output energy has been measured at different pumped pulse width. The maximum output energy of 1.92 J is obtained at pumped pulse width of 2 ms.

**Key words:** flashlamp pumping;  $\text{Nd}^{3+}:\text{GGG}$  laser; long pulsed lasing features

**作者简介:** 江海河 男, 研究员, 主要从事大功率激光技术及器件、激光加工等方向研究。