

21-25

第4卷第5期  
1996年10月光学 精密工程  
OPTICS AND PRECISION ENGINEERINGVol. 4, No. 5  
October, 1996

## 强预燃灯泵钛宝石激光器特性研究

张永梅 余吟山

(中国科学院安徽光学精密机械研究所, 合肥 230031)

TN248.1

**A** 摘要 本文对强预燃闪光灯泵浦的钛宝石激光器进行了研究。实验采用双直流预燃电路, 研究强预燃对激光输出的影响。研究发现, 强预燃能够提高激光效率。合适的预燃电流是 1.6 A。在这个条件下, 从  $\phi 8 \times 160$  mm 钛宝石棒获得 600 mJ 的激光输出, 转换效率为 0.16%。钛宝石激光具有很宽的调谐范围, 在腔内插入棱镜构成色散腔, 获得了 80 nm 的调谐宽度。

关键词: 钛宝石激光; 强预燃; 闪光灯泵浦; 调谐特性

## 1 引言

激光器

钛宝石可调谐激光器的出现和发展是 80 年代固体激光技术的最重要进展之一。尤其是 1982 年 Moulton 首次报导钛宝石激光器以来<sup>[1]</sup>, 钛宝石激光器因其宽调谐, 高输出、室温运转等优良特性, 在大气光学、激光遥感、非线性光学、激光化学和激光光谱等方面有着广泛的应用。早期的钛宝石激光器都是用激光泵浦, 价格昂贵、结构复杂, 因此它的应用受到一定的限制。发展高能量、结构简单、价格便宜的灯泵钛宝石激光器已成为当前国家关心的一个发展方向。

闪光灯泵浦的钛宝石激光器是 80 年代中期才在国际上出现的一种新型固体可调谐激光器, 它的优点是在室温下可获得高能量、高效率、高重复率、宽调谐, 而且结构简单、造价低、寿命长、稳定性好。因此它刚一出现就在国际上受到人们广泛的重视, 其研究和发展速度很快。1984 年 L. Esterowitz(美国)研制成国际上第一台用闪光灯泵浦的掺钛宝石激光器, 到目前为止, 美国正式报道的最高激光输出已达到 6.5 J/脉冲<sup>[2]</sup>。在重复率器件方面, 美国已达到 40 Hz, 平均功率 41 W<sup>[3]</sup>; 德国已达到 110 Hz, 平均功率 220 W<sup>[4]</sup>。

## 2 氙灯强预燃下激光输出的实验研究

脉冲光灯用于泵浦固体激光器不久, 人们便发现, 如果对灯内气体进行预电离, 能显著改善闪光灯寿命<sup>[5]</sup>。预电离的另一个优点是能提高闪光灯的效率<sup>[6]</sup>, 因而得到应用。A. Hirth, H. Furumoto, T. K. Yee 等人的研究表明, 在短脉冲闪光灯泵浦的染料激光器中, 采用预电离甚至能够使效率提高 100%<sup>[7-9]</sup>。

收稿日期: 1996 年 8 月 1 日

实验电路原理如图 1 所示,电路由四部分组成:高压电源、主放电回路、小直流预燃、大直流预燃。主放电电路由火花隙、低储能电容 C 和闪光灯组成。双直流预燃电路由低电流预燃和强流预燃组成。在激光器运转过程中,闪光灯内始终维持一定的预燃强度。球隙击穿时,将电压加到串联灯组两端,而此时由于灯管已预燃导电,所以能立即形成一次脉冲放电。

对每一预燃电流 (2A, 1.6A, 1A, 0.5A, 0.25A), 分别研究泵浦能量与输出能量的关系。实验结果如图 2、图 3 所示:

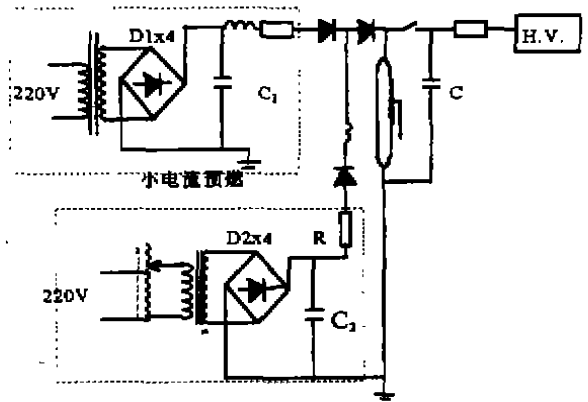


图 1 灯泵钛宝石激光器双预燃电路  
Fig. 1 Double-simmer circuit of flashlamp-pumped Ti: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> laser

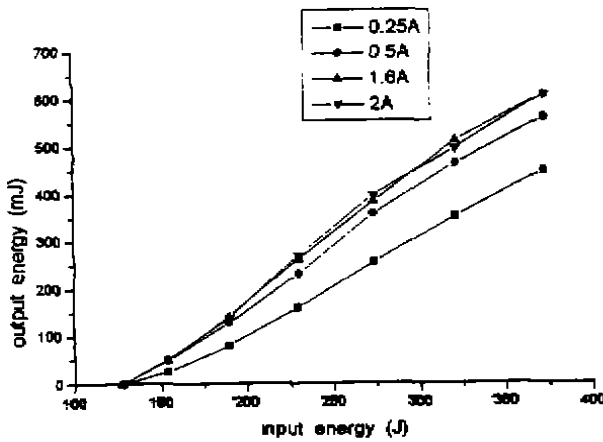


图 2 不同预燃电流下,激光能量与泵浦能量的关系 (储能电容  $c=4 \mu\text{F}$ )

Fig. 2 Output energy us input energy with different simmer currents (storage capacitor  $c=4 \mu\text{F}$ )

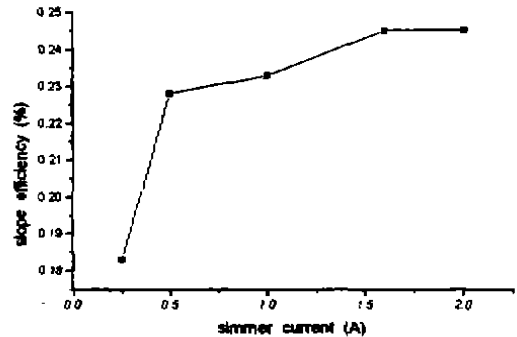


图 3 预燃电流对激光斜率效率的影响

Fig 3 Slope efficiency us simmer current

比较实验结果可发现预燃电流对激光性能的影响表现在以下几个方面:

(1) 预燃电流对激光单脉冲能量影响较大。在泵浦能量相同时,预燃电流越大,单脉冲能量越大。在预燃电流为 1.6 A, 泵浦能量为 372 J 时, 获得最大输出能量 608 mJ。

(2) 预燃电流对斜率效率的影响是: 随着预燃电流的增强, 斜率效率呈上升趋势, 并逐渐趋向一个稳定值。这就是说, 氙灯强预燃确实能够提高激光效率。

当预燃电流达到 1.6 A, 达到了最高效率。预燃电流越大, 功耗也越大, 给器件的散热带来很多麻烦。在以后的实验中, 预燃电流取 1.6A。

对于以上的实验结果, 我们可从闪光灯的放电波形和阻抗特性两方面来解释:

1、如图 4 是在相同泵浦能量、不同预燃电流的放电波形。预燃电流较小时,放电波形上升时间较慢,脉宽较窄,所以在阈值以上的振荡时间较短,激光能量就比较小。预燃电流增大时,放电波形上升时间越来越短,放电脉宽越来越大,在阈值以上的振荡时间相对较长,激光形成过程中,能够多次获得增益,单脉冲能量就较大。所以预燃电流增大能够提高激光单脉冲能量。

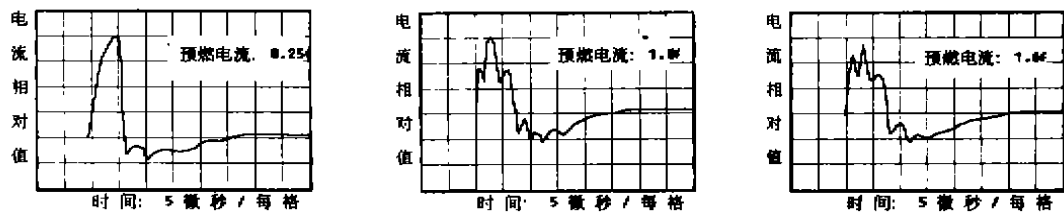


图 4 不同预燃电流下闪光灯的放电波形

Fig. 4 Flashlamp discharge pulse shapes with different simmer currents

2、闪光灯的阻抗特性决定了能量从电容器转移到闪光灯的效率,而阻抗主要取决于放电的弧光直径<sup>[10,11]</sup>,因为弧光直径决定了放电等离子体在灯内扩散的时间。随着预燃电流的不同,弧光直径发生变化。当预燃电流较小时,闪光灯内的弧光直径较小,这样,脉冲大电流放电时,放电等离子体扩散到管壁需要较长的时间,随着预燃电流的增强,弧光直径逐渐增大,大电流放电等离子体扩散到管壁所需的时间逐渐缩短。虽然弧光直径增大的量值非常小,只有零点几毫米,但它对激光性能的影响非常明显,也就是说,闪光灯的电光转换效率提高了,因而使整个系统的效率得到提高。当放电弧光直径达到与闪光灯的内径一致时,闪光灯的阻抗不能再降低,这时预燃电流对激光输出的影响就达到了饱和。

### 3 灯泵钛宝石激光的调谐特性

实验装置如图 5 所示,用色散棱镜实现激光调谐。

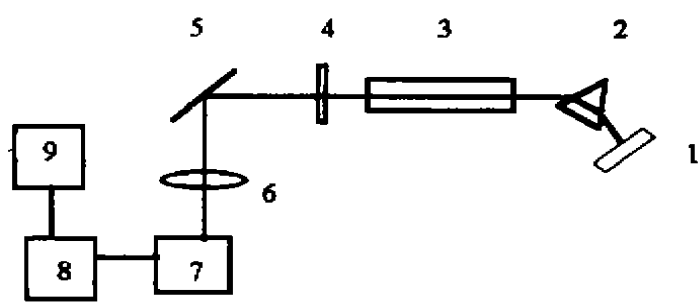


图 5 钛宝石激光调谐实验装置

fig. 5 Setup of Ti, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> laser tuning experiment

- 1. 全反镜 2. 调谐棱镜 3. 钛宝石棒(φ8×160 mm)
- 4. 输出镜 5. 反射镜 6. 透镜 7. 光栅单色仪
- 8. 光电倍增管 9. 示波器

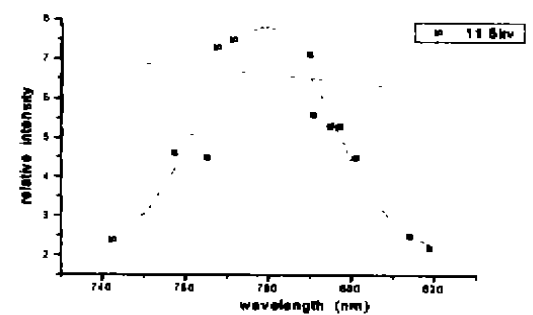


图 6 钛宝石激光单棱镜调谐曲线

Fig 6. Ti, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> laser tuning curve from a prism dispersion cavity

如果激光腔内不加色散元件,就构成自由振荡腔。自由振荡腔激光输出较强,但光谱很宽。用单色仪、光电倍增管、示波器组成的系统来测量,由于腔内没有波长选择装置,激光输出线宽较大,约有 100 Å,中心波长是 7860 Å。

钛宝石晶体的发射谱是宽带谱。激活区发射的宽带荧光以棱镜分光后,得到波长的空间分布,各种波长的光以不同的角度入射到后腔全反射镜上。绕着与棱镜色散面垂直的轴旋转反射镜,可对不同波长构成谐振腔,从而实现调谐。调谐曲线如图 6,调谐范围约 80 nm。调谐范围主要受到腔片镀膜带宽的限制。据悉日本理化所和 Showa 光电子公司利用电子束淀积已研制出用于钛宝石激光器的新型宽带反射膜。

## 4 结 论

本文从改善钛宝石激光器件性能、延长闪光灯寿命出发,研究了闪光灯强预燃对激光输出的影响,并在此基础上研究了钛宝石激光的调谐特性。研究表明,钛宝石晶体在室温下激光运转良好,闪光灯强预燃确实能够改善激光输出,实验表明,1.6 A 的强预燃电流无论对于激光能量还是效率都达到最好水平。钛宝石晶体有很宽的调谐范围,采用棱镜色散腔调谐,获得 80 nm 的调谐范围。此外强预燃能延长闪光灯寿命,目前为止闪光灯工作已超过 10 万次。

钛宝石激光器的可靠运转还取决于质量高的晶体棒、可靠的荧光转换剂的使用和有效的泵浦方式。闪光灯泵浦的钛宝石激光器已经表现出优越的性能,它无疑会成为各种领域的重要的激光光源。

## 参 考 文 献

- [1] P. F. Moulton, *Opt. News*, 1982, 8, 9
- [2] A. J. W. Brown and C. H. Fisher. *IEEE*, 1993, QE-29(9), 2513
- [3] E. G. Erickson, in *OSA proc. On Tunable Solid State Laser*, 1989, 5, 26-32
- [4] A. Hoffstadt, *Optics Letters*, 1994, 19, 1523
- [5] W. Koechner, *Solid-State Laser Engineering*, 3rd ed. . Springer Verlag, Berlin, 1992, 6, 336
- [6] R. L. Stephens and W. F. Hug, *Simmering lamps live longer. Laser Focus*, 1972, 8(7), 38
- [7] A. Hirth, R. Meyer, and K. Schetter, *On the proper choice of the preionization mode of linear flashlamps. Opt. Commun.*, 1980, 35, 255
- [8] H. Furumoto, *State of the art high energy and average power flashlamp excited dye-lasers. in Flashlamp Pumped Laser Technology*, F. Schuda, ed. , *Proc. Soc. Photo-Opt. Instrum. Eng.* , 1986, 609, 111-128
- [9] T. K. Yee, B. Fan, and T. K. Gustafson, *Simmer enhanced flashlamp pumped dye-laser. Appl. Opt.* , 1979, 18, 1131-1132
- [10] T. G. Barton, R. Guttenberger, and H. J. Foth, *Appl. Phys.* , 1995, 34(12), 2004
- [11] W. Koechner, *Solid-State Engineering*, 3rd ed. (Springer-Verlag, Berlin). , 1992, 6, 285-287

## Studies on Flashlamp-pumped Ti:Sapphire Laser with Strong Simmer Current

Zhang Yongmei, Yu Yinshan

(Anhui Institute of Optics & Fine Mechanics, Academia Sinica, Hefei 230031)

### Abstract

In this paper, a flashlamp-pumped Ti:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> laser with strong simmer currents is studied. A technique of double simmer currents is used and the influence caused by strong simmer current on the laser output energy is studied. We find that laser efficiency increases when strong simmer current is used. The appropriate simmer current is 1.6 A. Laser energy more than 600 mJ and overall efficiency 0.16% are obtained. Ti:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> laser has a wide tuning range and 80 nm tuning range is obtained from a prism dispersion cavity.

**Key words:** Ti:Sapphire lasers; Strong simmer current; Flashlamp-pump; Tuning character.

**张永梅** 女,出生于1971年6月。1993年7月毕业于北方交通大学物理系,1993年9月至1996年7月在中国科学院安徽光机所攻读硕士学位,主要从事准分子激光器及钛宝石激光器的研究。