

文章编号:1001-5078(2007)09-0812-03

# 固体激光与铜蒸气激光混合抽运的染料激光放大实验

陈日升<sup>1,2</sup>, 郭津博<sup>2</sup>, 杨基春<sup>1</sup>, 刘春红<sup>2</sup>, 张晓卫<sup>2</sup>, 张志忠<sup>2</sup>

(1. 天津大学精密仪器与光电子工程学院, 天津 300072; 2. 天津理化工程研究院, 天津 300180)

**摘要:**采用倍频 Nd:YAG 绿光激光器与铜蒸气激光器混合抽运双级染料激光放大器的实验方法,通过抽运激光器精确的脉冲同步控制和匹配技术,获得了 9.0W 的染料激光输出,第二级染料激光放大器对抽运激光的提取效率达到了 26.6%,系统总提取效率达到了 13.6%。实验研究了染料激光输出功率和抽运激光提取效率随染料激光波长的变化关系。

**关键词:**激光器与激光光学;染料激光器;染料激光放大器;铜蒸气激光

**中图分类号:** TN248.3 **文献标识码:** A

## Experiment on Double-stage Dye Laser Amplifiers Pumped by Nd:YAG Laser and CVL

CHEN Ri-sheng<sup>1,2</sup>, GUO Jin-bo<sup>2</sup>, YANG Ji-chun<sup>1</sup>, LIU Chun-hong<sup>2</sup>

ZHANG Xiao-wei<sup>2</sup>, ZHANG Zhi-zhong<sup>2</sup>

(1. College of Precision Instrument and Optoelectronics Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072;

2. Institute of Physical and Chemical Engineering, Tianjin 300180, China)

**Abstract:** A double frequency Nd:YAG green laser and copper vapor laser (CVL) were used to pump double-stage dye laser amplifiers. The average output power of 9.0 watts and high repetition rate dye laser were obtained in the experiment. The pump power extraction efficiency with the second stage dye amplifier was up to 26.6% and the total efficiency of the dye laser system was about 13.6%. The relationships between dye laser output power, pump power extraction efficiency and dye laser's wavelength were also given.

**Key words:** lasers and laser optics; high power dye laser; dye laser amplifier; CVL

### 1 引言

随着可调谐固体激光技术的迅速发展,可调谐染料激光器的应用领域正在逐渐缩小。但在激光光谱学、激光化学、同位素分离等许多需要窄线宽、宽调谐范围激光的科研领域里,染料激光器仍有着不可替代的作用<sup>[1-2]</sup>。在高平均功率、高重复频率的脉冲染料激光器的应用领域里,铜蒸气激光器一直是主要的抽运源<sup>[1-4]</sup>,但铜蒸气激光器有着体积大、寿命短、功率不稳定、维护费用高的缺点,这些缺点给科研工作带来了很大的不便。随着高平均功率、

高重复频率的脉冲固体激光器的飞速发展,固体激光器逐渐成为了高功率、高重复频率脉冲染料激光器的主要抽运源<sup>[5-8]</sup>。与铜蒸气激光器相比,固体激光器较高的功率稳定性对抽运染料激光器有着很大的优势,但高重复频率固体激光器的低脉冲峰值功率使得其抽运染料激光器的效率比铜蒸气激光器要低<sup>[7-8]</sup>。为了充分利用固体激光器的高稳定性和

**作者简介:** 陈日升(1971-),高级工程师,主要从事可调谐激光器及固体激光器等方面研究工作。E-mail: chenrisha@yahoo.com.cn

**收稿日期:** 2007-03-06

铜蒸气激光器的高抽运效率,我们尝试用两种抽运光源混合抽运染料激光器,以获得激光稳定性好、高功率的染料激光。这种抽运染料激光器的方法目前还未见有相关报道。本文主要描述了用一台高平均功率、高脉冲重复频率的二极管抽运的 Nd:YAG 倍频绿光(532nm)激光器和铜蒸气激光器混合抽运染料激光振荡器和两级放大器的实验过程及结果。

## 2 染料激光放大技术简介

染料激光放大技术是使低功率的染料注入激光,在激光放大介质区吸收抽运激光的能量,产生功率放大后的染料激光输出的技术。在高功率、高脉冲重复频率的染料激光放大器中,一般采用横向抽运的方式。图 1 所示为典型的采用横向抽运方式的染料激光放大器的结构示意图。低能量、窄带宽的注入激光脉冲是由染料激光振荡器产生的,注入的染料激光与抽运激光相互垂直传播,注入激光脉冲经过放大介质时,由于抽运光的作用而使染料分子能级粒子数反转,从而产生激光能量的放大输出。

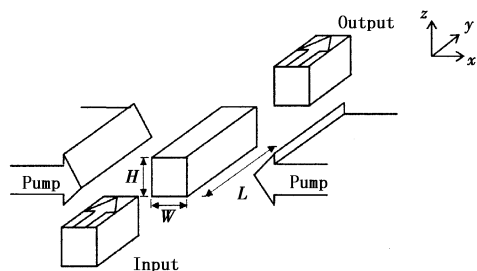


图 1 横向抽运的染料激光放大器结构示意图

Fig. 1 schematic diagram of a transversely pumped dye amplifier

## 3 实验装置

实验中使用的染料激光器是德国 Lambda Physik 公司生产的 LPD-3000 型染料激光器,该激光器包括两个染料池,振荡级与第一放大级共用一个染料池,振荡级产生的染料激光经过两级抽运放大后输出。振荡级和第一放大级是由一台 Nd:YAG 倍频绿光(532nm)固体激光器抽运的,该激光器脉冲重复频率为 9kHz。第二放大级是由铜蒸气激光器抽运的,铜蒸气激光器脉冲重复频率同样设为 9kHz,输出的激光有绿光(511nm)和黄光(578nm)两种成分,我们仅以绿光作为抽运光,抽运功率最大为 30W。固体激光器与铜蒸气激光器由 DG535 脉冲发生器进行触发并精确调节脉冲延时,实验装置如图 2 所示。图中 1 是伽利略型扩束望远镜,用来对

Nd:YAG 激光束进行扩束和准直,2 是平面全反镜,3 是柱面聚焦镜,4 是染料池,5 是光栅,6 是扩束棱镜组,7 是端面全反镜,8 是分束镜,用来把铜蒸气激光束中的黄光分走。实验所用激光染料为若丹明 6G (Rh6G)乙醇溶液。

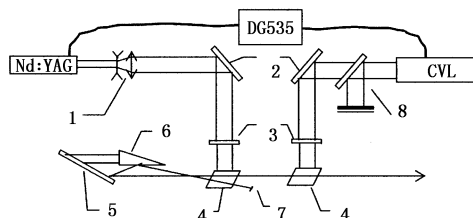


图 2 染料激光双级放大实验装置图

Fig. 2 experimental setup of double-stage dye laser amplifying system

## 4 实验结果及分析

实验中使用 DG535 脉冲发生器的两个通道分别触发 Nd:YAG 激光器和铜蒸气激光器,用快速光电二极管和 TEK-TDS5054B 示波器分别测量了 Nd:YAG 激光器与铜蒸气激光器输出激光的脉冲波形,结果如图 3 所示。Nd:YAG 激光器脉冲宽度(半峰全宽)约为 90ns,铜蒸气激光器绿光脉冲宽度(半峰全宽)约为 20ns。正是由于固体激光器与铜蒸气激光器在脉冲宽度上的巨大差异,使得在相同抽运功率下,固体激光的脉冲峰值功率比铜蒸气激光的脉冲峰值功率低了许多,而抽运激光的脉冲峰值功率是影响染料激光对抽运激光提取效率的重要因素,因而造成了固体激光抽运染料激光时提取效率的下降。

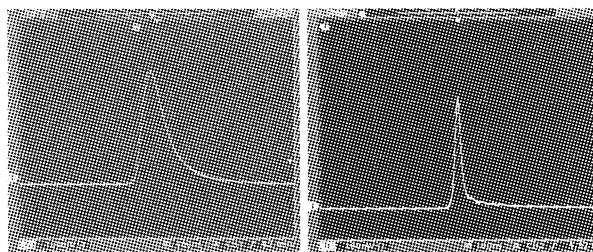


图 3 固体激光器与铜蒸气激光器的激光脉冲波形

Fig. 3 pulse waves of Nd:YAG laser and CVL on oscilloscope

我们将 Nd:YAG 激光器输出的绿光经望远镜扩束准直之后用来抽运染料激光振荡器和第一放大级。固体激光工作在 9kHz,输出激光功率为 37W,此时经第一放大级输出的染料激光的功率随激光波长的变化如图 4 所示。我们将第一放大级输出的染

料激光注入到第二放大级中,然后在 DG535 脉冲发生器上调节触发铜蒸气激光器的脉冲延时,使其输出的激光在到达染料激光第二放大级时与注入放大级的染料激光脉冲同步。图 5 所示为在示波器上观察到的注入染料激光的脉冲与铜蒸气激光的脉冲同步情况。

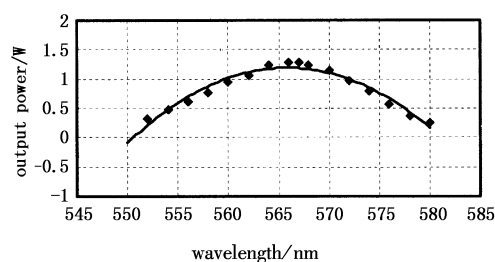


图4 第一放大级输出的染料激光功率随波长的变化

Fig.4 output power of first-stage dye laser amplifier versus wavelength

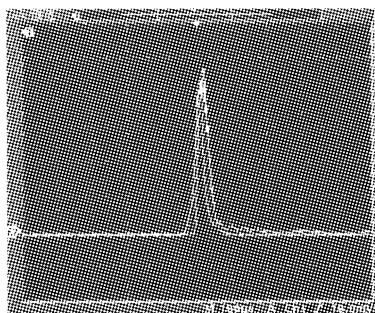


图5 注入染料激光与铜蒸气激光的同步脉冲波形

Fig.5 the synchronized pulse waves of dye laser and copper laser on oscilloscope

实验研究了在抽运第二放大级的铜蒸气激光功率为 29W 时,染料激光第二放大级的抽运激光提取效率随染料激光波长的变化关系,结果如图 6 所示。在染料激光波长为 567nm 处,第二放大级的抽运激光提取效率达到了 26.6%,双级染料激光放大系统的总提取效率达到了 13.6%,染料激光系统的输出总功率最高为 9W。

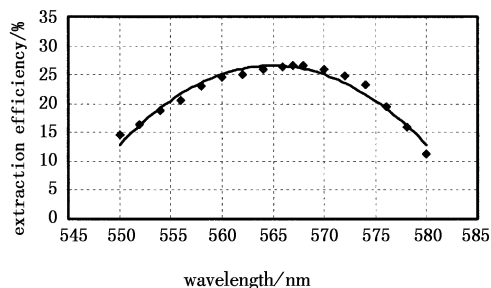


图6 第二放大级的抽运激光提取效率随波长的变化

Fig.6 extraction efficiency of the second-stage dye amplifier as a function of wavelength

## 5 总结

文章描述了应用高平均输出功率、高脉冲重复频率的倍频 Nd:YAG 绿光激光器与铜蒸气激光器混合抽运双级染料激光放大系统的实验过程与结果,获得了最高单级提取效率 26.6%,总提取效率 13.6%,最高输出功率 9W 的实验结果。该实验装置很好地利用了铜蒸气激光器的高脉冲峰值功率特性和固体激光器的功率稳定性,在混合抽运染料激光系统时,获得了光束质量好、输出功率高的染料激光,实验的结果对高平均输出功率、高脉冲重复频率可调谐染料激光器的抽运源的选择提供了有益的参考。

## 参考文献:

- [1] L A Lompre. High power laser chains used for laser isotope separation[J]. SPIE,2000,3886:232-236.
- [2] Richard P Hackel, Bruce E Warner. The copper-pumped dye laser system at Lawrence Livermore National Laboratory[J]. SPIE,1993,1859:121-129.
- [3] R Steven Hargrove, Tehmau Kan. High power efficient dye amplifier pumped by copper vapor lasers[J]. IEEE Journal of Quantum Electronics, October 1980, QE-16(10):1108-1113.
- [4] Akira Sugiyama, Tsuyoshi Nakayama, Masaaki Kato, et al. Characteristics of a dye laser amplifier transversely pumped by copper vapor lasers with a two-dimensional calculation model[J]. Applied Optics, August 1997, 36(24):5849-5854.
- [5] S Lavi, L A Levin, J Liran, et al. Efficient oscillator-amplifier dye laser pumped by a frequency-doubled Nd:YAG laser[J]. Appl. Opt., 1979, 18(4):525-527.
- [6] F Bos. Versatile high-power single longitudinally-mode pulsed dye laser[J]. Appl. Opt., 1981, 20(10):1886-1890.
- [7] Chen Risheng, Xie Quanxin, Zhang Yuanyuan, et al. The experimental study of Rh6G dye laser pumped by Nd:YAG green laser[J]. Laser & Infrared, 2000, 30(3):151-152, 157. (in Chinese)
- [8] K M Abedin. 10 kHz repetition rate solid-state dye laser pumped by diode-pumped solid-laser[J]. Opti. Comm., 2003, 218:359-363.