

# LD 抽运的高性能微型绿光激光器<sup>\*</sup>

霍玉晶 何淑芳 段玉生

(清华大学电子工程系 北京 100084)

Peter Dekker Judith M. Dawes James A. Piper

(Centre for Lasers and Applications, School of Mathematics, Physics, Computing and  
Electronics Macquarie University, NSW, 2109, Australia)

**提要** 研制成高性能微型全固态绿光激光器。用独特的整体控温技术提高器件效率,全部元件固化为一个整体以提高激光输出功率和光束指向稳定性,用 1 W 的 LD 纵向抽运 Nd:YVO<sub>4</sub>/KTP 激光器,获得 195 mW 的 TEM<sub>00</sub> 模 0.53 μm 连续激光输出。输出功率不稳定性 ≤ ±2%, 光束方向稳定性优于 0.01 mrad/hr 和 0.03 mrad/24 hrs。该器件体积小,效率高,使用方便。

**关键词** 绿光激光器,高性能,微型,激光二极管抽运

半导体激光(LD)抽运的 0.53 μm 绿光激光器由于其具有波长短、光子能量高、在水中传输距离远和人眼敏感等优点,在激光医学、信息存储、彩色打印、彩色投影电视、水下通信、光谱技术、激光技术、机场导航、探潜海底形貌探测和激光武器等科学研究、国防建设和国民经济的许多领域中有重要的应用,因而成为各国研究的重点。此类器件具有功率高、光束质量好、能量转换效率高、体积小、寿命长、使用方便等特点<sup>[1~3]</sup>,因而是其他种类的绿光激光器的替代产品。国外已经有性能很好的用 LD 抽运的绿光激光器出售,但已有商品在价格、体积、光束质量及稳定性方面仍需提高。研制高性能的微型绿光激光器,进一步提高器件的性能,并降低成本是当前努力的方向之一。

## 1 实验装置

本文使用 LD 抽运 Nd:YVO<sub>4</sub> 晶体得到 1.064 μm 近红外激光,再用 KTP 晶体进行腔内倍频得到 0.53 μm 的绿激光。用由中国科学院半导体所生产的连续输出功率为 1 W, 波长为 808.5 nm 的 LD 作为抽运光源,其寿命大于 5000 h,用中国科学院福建物构所生产的 Nd:YVO<sub>4</sub> 激光晶体作激光工作介质,用山东大学生产的 KTP 晶体作腔内倍频器,采用独特的聚焦系统和控温系统提高器件的整体性能,用清华大学固体激光与光电子技术研究所研制的 HH 型高稳定半导体激光器驱动器为 LD 提供稳定的电流,并对器件整体进行温度控制。该驱动器滤除了电

<sup>\*</sup>国家“863”计划、国家自然科学基金(项目号:69347003)和澳大利亚国家研究委员会(The Australian Research Council)资助项目。

网中的浪涌电压脉冲,保证了 LD 的安全运转,实现了器件的国产化。

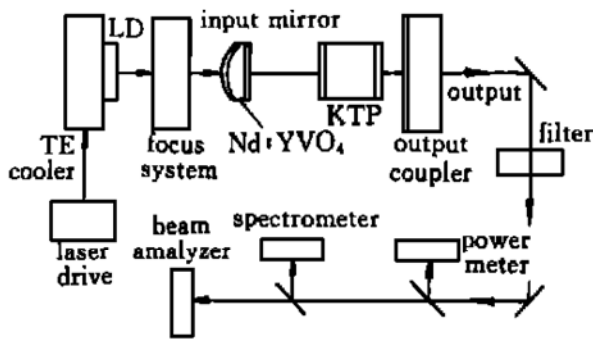


图 1 LD 抽运 Nd:YVO<sub>4</sub>/KTP 腔内倍频绿光激光器示意图

Fig. 1 Schematic diagram of LD pumped Nd:YVO<sub>4</sub>/KTP green laser

采用端面同轴抽运方式,提高抽运光束和所产生的 1.06 μm 激光光束的空间耦合效率。用等效焦距为 3 mm 的小焦距微型非球面透镜收集 LD 激光,把它聚焦成光腰直径为 120 μm 的细光束,并使其光腰处于 Nd:YVO<sub>4</sub>晶体的内部。谐振腔为平凹型,几何长度为 6.5 mm。用球面镜作为抽运端的谐振腔反射镜;用平面反射镜作输出端反射镜,并把倍频晶体放在此平面镜附近。此球面镜是直接镀制在 Nd:YVO<sub>4</sub>晶体的一个端面上的介质膜反射镜,曲率半径为 50 mm,它对 808.5 nm 抽运光高透射 ( $T > 93\%$ ),对 1.06 μm 激光全反射 ( $R > 99.8\%$ ),同时对 0.53 μm 光是高反射 ( $R > 98\%$ )。激光晶体的另一个通光表面上镀有同时对 1.06 μm 光和 0.53 μm 光是高透射的(剩余反射率  $R < 0.5\%$ )增透膜。输出端反射镜对 1.06 μm 光是全反射的(反射率高于 99.8%),对 0.53 μm 光是高透射的(透射率  $> 93\%$ )。

使半导体激光器和倍频晶体及整个器件处于稳定的特定温度,对提高输出功率并保持其稳定是十分重要的。为此,本文选择工作温度相互匹配的 LD 和 KTP 晶体,同时把器件的全部元件固化为一个整体,并采用半导体致冷器对器件进行整体控温。这样既保证了器件的最佳工作状态,即保证 LD 辐射光波长和 Nd:YVO<sub>4</sub>激光晶体的吸收峰值波长重合的同时,也保证了 KTP 倍频时所需的相位匹配条件,还保证了激光谐振腔的稳定。采用整体控温的另一个显著优点是减化了控温装置,减小了器件体积,便于使用。图 2 是研制成的全固化微型器件的结构示意图。器件的整个体积为 φ25 mm×25 mm,只有半个彩色胶卷大小。

## 2 实验结果

如图 1 所示,激光器输出的激光束经过滤波器滤除 0.808 μm 的抽运光和 1.06 μm 的基频光后,用 LP-1A 型激光功率能量计(中国科学院物理所产,分辨率为 0.001 mW)测量输出绿激光的功率,用 AQ-1417B 型光谱仪(日本,分辨率为 0.03

实验装置如图 1 所示。本文采取调整 LD 工作波长、提高抽运光和所产生的基频光之间的空间耦合效率、降低腔内损耗和提高腔内倍频效率等方法提高器件的效率。为此,使用半导体制冷器作为 LD 温度控制元件,以使其工作波长和 Nd:YVO<sub>4</sub>激光晶体的吸收波长峰值 808.5 nm 准确重合,提高对抽运光的吸收率。用长度为 1 mm 的掺杂浓度为 3 at-% 的 a 轴向切割 Nd:YVO<sub>4</sub>晶体作工作介质,入射到其内部的抽运光约有 95% 被吸收。采用 I I 类相位匹配的 3 mm×3 mm×5 mm 的 KTP 晶体作为倍频晶体。它的两个通光面镀同时对 1.06 μm 光和 0.53 μm 光高透射的增透膜,每面剩余反射率  $R < 0.25\%$ 。采用

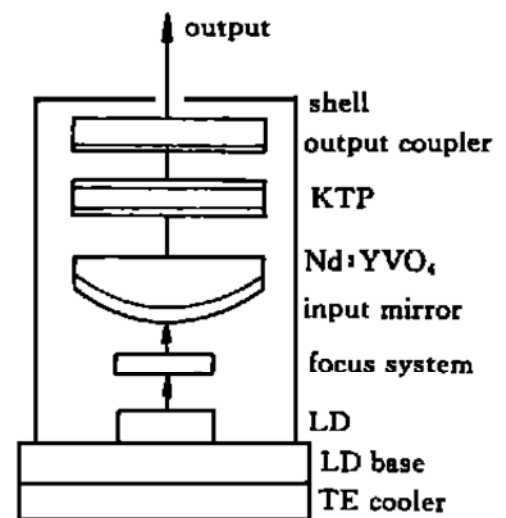


图 2 LD 抽运的高性能微型绿光激光器结构图

Fig. 2 Structure diagram of LD pumped miniature green laser with high performance

nm)测量输出激光的波长,用光束分析仪(Photon Inc.公司)测量绿光激光横模和光束方向稳定性。输出光束光强分布测试记录见图3,光束方向稳定性测试记录见图4。



图3 输出光束光强的三维分布图  
Fig.3 Output intensity distribution in three dimensions

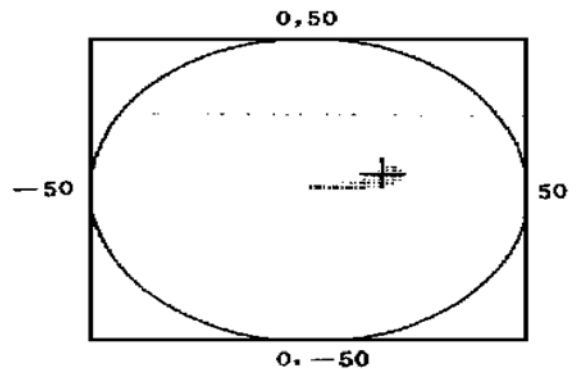


图4 输出光束 24 h 的方向稳定性测试图  
Fig.4 Direction stability of the output beam in 24 hours

测试结果数据如下:激光波长:0.532  $\mu\text{m}$ ;激光横模:TEM<sub>00</sub>;连续输出功率:195 mW;输出功率稳定度: $< \pm 2\%$ ;光束方向稳定性: $< 0.01$  mrad/hr 和 0.03 mrad/24 hrs。

### 参 考 文 献

- 1 T. Y. Fan. Single-axial mode, intracavity doubled Nd:YAG laser. *IEEE J. Quantum Electron.*, 1991, 27(9):2091~2093
- 2 Y. Huo, P. Dekker, J. Dawes *et al.*. Laser diode pumped Q-switched self-frequency doubling laser. Anaheim, CLEO'96, CTuL33
- 3 Takao Izawa, Ryuji Uchimura, Shigenori Matsui *et al.*. Efficient diode bar-pumped intracavity-doubled Nd:YVO<sub>4</sub> laser using stacked-glass plate beam shaper. San Francisco, California; CLEO'98, CthA1

## LD Pumped High Performance Miniature Green Laser

Huo Yujing He Shufang Duan Yusheng

(Department of Electronic Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084)

Peter Dekker Judith M. Dawes James A. Piper

(Centre for Lasers and Applications, School of Mathematics, Physics, Computing and Electronics Macquarie University, NSW, 2109, Australia)

**Abstract** The miniature solid state YVO<sub>4</sub>/KTP green laser with high performance has been developed. A special temperature control technique is realized and all elements in the laser are fixed into a whole with epoxy to elevate the laser efficiency, output power and laser beam point stability. A output power of 195 mW of CW 0.53  $\mu\text{m}$  green laser in the TEM<sub>00</sub> mode has been measured from the miniature green laser pumped by 1 W LD. The beam point stability is smaller than 0.01mrad per hour and 0.03mrad for 24 hours.

**Key words** green laser, high performance, miniature, LD pumped