

·激光器·

LD 泵浦的高性能微型全固化1.06 μm 激光器*LD Pumped High Performance Solidified Miniature 1.06 μm Laser

霍玉晶** 何淑芳

(清华大学电子工程系, 北京 100084)

271-273

摘要 研制成微型1.06 μm 全固态激光器。采用纵向同轴泵浦方式,独特的整体控温技术和小焦距非球面聚焦透镜,并把全部元件固化为一个整体,从而提高了器件效率、激光输出功率和光束指向稳定性。用2W的LD得到1260mW TEM₀₀模1.06 μm 激光稳定输出,输出功率不稳定性 $\leq \pm 2\%$,光束方向稳定性优于0.01mrad/hr和0.03mrad/24hr。该器件体积小,效率高,使用方便。

关键词 LD泵浦, 1.06 μm 激光器, 全固化。

Abstract The LD pumped miniature solidified Nd:YVO₄ laser with high performance has been developed. Using special temperature control technique and aspherical lens with smaller focus length are used in the laser, and all elements in the laser are fixed into a whole with epoxy. All of the measures elevate the laser efficiency, output power and laser beam direction stability. The output power of 1260 mW of CW 1.06 μm laser in the TEM₀₀ mode has been measured from the miniature laser pumped by 2W LD. The beam direction stability is smaller than 0.01 mrad per hour and 0.03 mrad for 24 hours.

Keywords LD pumped, 1.06 μm laser, miniature, solidified.

半导体激光(LD)泵浦的1.06 μm 近红外激光器由于具有能量转换效率高、功率大、光束质量好、体积小、寿命长、使用方便等优点,因而成为如灯泵近红外激光器及其它种类的

激光器的替代产品,在电子对抗、激光加工、激光医学、光谱技术和激光武器等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^[1~3]。国外已经有性能很好的用LD泵浦的激光器商品出售。但是,已有商品在价格、体积、光束质量及光束方向稳定性方面仍需改进。研制高性能的微型1.06 μm 激光器,进一步降低成本,并提高器件的性能是努力的方向之一。

1 实验装置:

TN 245
TN 243

本文使用LD纵向同轴泵浦Nd:YVO₄晶体得到1.064 μm 近红外激光,把全部零件固化为一个整体的微型全固化激光器,研制成高性能激光器件。其中采用连续输出功率为2W 波长为808.5nm的LD作为泵浦光源,采用中科院福建物构所生产的Nd:YVO₄晶体作激光工作介质,采用本课题组自行研制的聚焦系统和控温系统以提高器件

* 本项目受到国家“八六三”计划、国家自然科学基金项目(69347003)和澳大利亚国家研究委员会(The Australian Research Council)的资助。

** 霍玉晶 (1946年)男,教授,1970年毕业于清华大学精密仪器系,现任清华大学电子工程系激光与光电子技术研究所所长,博士生导师,清华(中)-Lexel(美)激光与光电子研究所所长。近期主要从事晶体纤维和用半导体激光器泵浦的全固态激光器研究。自1990年起在国内外发表学术论文160余篇。

本刊于1999年3月收到

的性能,采用本课题组新近研制的 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。该驱动器滤除了电网中的浪涌电压脉冲,保证了 LD 的安全运转。

实验装置如图1所示。由于所用 LD 的输出功率还比较小,因此提高器件的光-光转换效率是提高器件性能的关键。本文采取调整 LD 的工作波长、提高泵浦光和振荡基频光之间的空间耦合率、降低腔内损耗等方法提高器件的效率。为此,使用半导体制冷器对 LD 的温度进行控制,以使其工作波长和 Nd:YVO₄激光晶体的吸收波长峰值准确重合,提高激光晶体对泵浦光的吸收效率。在本实验中把 LD 的工作波长调整到 808.5nm。采用通光方向长度为 1mm 的掺杂浓度为 3at% 的 a 轴向切割的 Nd:YVO₄激光晶体作为工作介质。入射到此晶体内部的泵浦光约有 95% 被吸收。采用端面同轴泵浦方式,使 LD 的泵浦光束沿激光器光轴方向入射到激光晶体内部,和所产生的 1.06μm 激光光束在空间上能很好地匹配,提高它们的空间耦合率。为得到高的泵浦效率,同时减小器件的体积,采用等效焦距为 3mm 的小焦距微型非球面透镜收集 LD 的激光,把它聚焦成为光腰直径为 120μm 的细光束,并使其光腰处于 Nd:YVO₄晶体的内部。减小泵浦光的光腰直径对提高器件的效率是十分重要的。采用平凹型谐振腔,使用球面镜作为泵浦端的输入端反射镜,并把激光晶体放在此端,以增大激光谐振腔在泵浦端处的振荡激光光束截面。此球面镜是直接镀制在 Nd:YVO₄晶体的一个端面上的介质膜反射镜,球面的曲率半径为 50mm。它对泵浦光是高透射($T > 93\%$)、对 1.06μm 振荡激光是全反射($R > 99.8\%$)的。Nd:YVO₄晶体的另一个通光表面上镀有同时对 1.06μm 基频光是高透射的膜(剩余反射率 $R < 0.25\%$)。使用平面反射镜作为谐振

腔输出端反射镜,从而充分利用泵浦光。输出端是对 1.06μm 基频光的反射率为 97% 的平面介质膜反射镜。反射镜的背面镀有对 1.06μm 光的增透膜(剩余反射率 $R < 0.25\%$)。

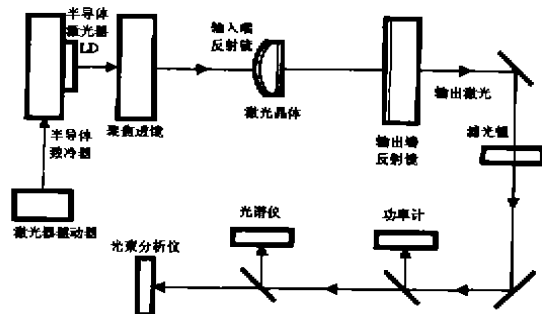
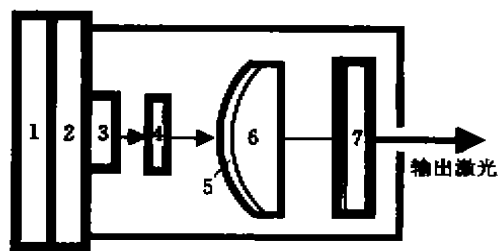


图1 LD泵浦1.06μm Nd:YVO₄激光器
实验装置示意图

使 LD 和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,本文把器件的全部元件固化为一个整体,并采用半导体制冷器对器件进行整体控温。这样在保证 LD 辐射光波长和 Nd:YVO₄激光晶体的吸收峰值波长重合的同时,还保证了激光谐振腔的稳定。采用整体控温的另一个显著的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 $\phi 25\text{mm} \times 20\text{mm}$ 。体积只有半个彩色胶卷大小。



- 1. 半导体制冷器 2. 座管
- 3. 半导体激光器 4. 聚焦透镜
- 5. 输入端反射镜 6. 激光晶体
- 7. 输出端反射镜

图2 LD泵浦高性能微型1.06μm激光器结构图

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 $0.808\mu\text{m}$ 的泵浦光后,用LP-1A型激光功率能量计(中国科学院物理所产,分辨率为 0.001mW)测量 $1.06\mu\text{m}$ 激光的输出功率,用AQ-1417B型光谱仪(日本,分辨率为 0.03nm)测量输出激光的波长,用光束分析仪(Photon Inc.)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和图4。

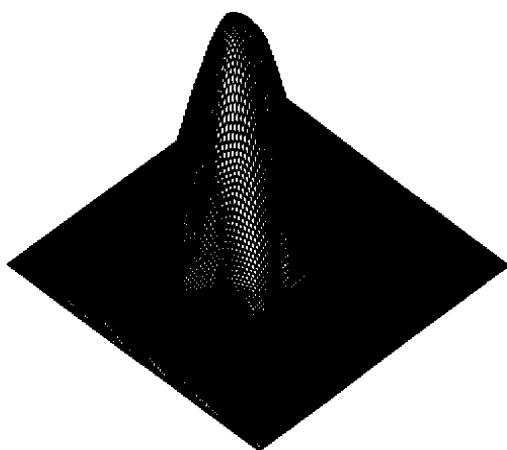


图3 输出光束光强的三维分布图

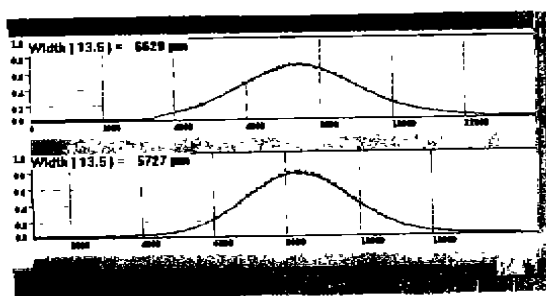


图4 输出光束光强在两个相互垂直方向上的分布图

输出光束方向稳定性测试结果数据如下:

激光波长: $1.06\mu\text{m}$;
激光横模: TEM_{00} ;
激光阈值: 35mW ;
连续输出功率: 1260mW ;

输出功率稳定度: $<\pm 2\%$;

光束方向稳定性: $<0.01\text{mrad/hr}$ 和 $0.03\text{mrad}/24\text{hrs}$;

3 讨论

我们发展了微型高效的聚焦方法、简单实用的整体控温技术和全固化方法,使用吸收谱线宽、吸收系数大的 $\text{Nd}:\text{YVO}_4$ 晶体,研制出高性能的微型 $1.06\mu\text{m}$ 近红外光激光器。使用 2W 的LD,得到 1260mW 的 TEM_{00} 模 $1.06\mu\text{m}$ 激光连续输出,输出功率稳定度优于 $\pm 2\%$,光束方向稳定性优于 0.01mrad/hr 和 $0.03\text{mrad}/24\text{hrs}$ 。此技术已经用于研制成功HSH系列用LD泵浦的微型全固化 $1.06\mu\text{m}$ 激光器。该系列器件性能可靠,体积小($\phi 25 \times 20\text{mm}$),重量轻,安装在标准T03管座上,使用方便,具有很强的市场竞争力,有光明的市场前景。采用更大功率的LD,可以研制出更高性能的器件。据我们所知,此器件在输出功率-体积比、性能-价格比、光束方向稳定性等多方面超过国际同类产品。

参考文献

- [1] T. Taira, A. Mukai, Y. Nozawa and T. Kobayashi. Single-mode oscillation of laser-diode-pumped $\text{Nd}:\text{TVO}_4$ microchip lasers. Opt. Lett., 1991; 16(24): 1955~1957.
- [2] T. Sasaki, T. Kojima, A. Yokotani, O. Oguri and S. Nakai. Single-longitudinal-mode operation and second-harmonic generation of $\text{Nd}:\text{TVO}_4$ microchip lasers. Opt. Lett., 1991; 16(21): 1665~1667.
- [3] C. D. Nabors, A. Sanches and A. Mooradian. High-power, continuous-wave, $\text{Nd}:\text{YVO}_4$ microchip lasers. Opt. Lett., 1992; 17(22): 1587~1589.