

文章编号:1001-5078(2007)06-0508-02

1319nm Nd:YAG 激光器的研制及其倍频研究

廉伟艳, 周 瑜, 王廷营, 张贵忠, 向望华

(天津大学精密仪器与光电子工程学院, 光电信息技术科学教育部重点实验室, 天津 300072)

摘 要: 基于逆变理论设计研制了全 IGBT 充放电、闪光灯泵浦的 Nd:YAG 激光器的电源系统, 实现了 1319nm 波长的激光运转, 系统工作稳定。还进行了二倍频实验, 测量了 660nm 的红光输出特性。

关键词: Nd:YAG 灯泵激光电源; 逆变系统; IGBT; 1319nm 激光器; KTP 倍频

中图分类号: TN248.1⁺3

文献标识码: A

Study of 1319nm Nd:YAG Laser and Its Frequency Doubling

LIAN Wei-yan, ZHOU Yu, WANG Ting-ying, ZHANG Gui-zhong, XIANG Wang-hua

(Key laboratory of Optoelectronic Information Technology and Science, Ministry of Education,
College of Precision Instrument and Optoelectronics Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: The present thesis described the work on designing and building of a laser power supply of Nd:YAG laser operating at 1319nm wavelength by using the relatively novel technology of IGBT device, and of a high-frequency transformer functioning at 10kHz. A laser cavity was also constructed and some frequency-doubling measurements were made by using a KTP crystal, a frequency-doubled output at 660nm-red-light was realized.

Key words: Nd:YAG pump power supply; electric inversion system; IGBT; 1319nm laser; KTP-crystal frequency-doubling

1 引 言

1.3 μm 光谱波段处于二氧化硅光纤的低色散、低损耗区, 对光纤传输很有价值, 因此在医学、光通讯、彩色显示和军事上都有着广泛的应用。

1997 年莫斯科大学的列昂诺夫开发了 1319nm 的 Nd:YAG 激光器, 其倍频光获得了平均功率为 10W 的红光输出。2004 年 5 月, 王涛、姚建铨等人改进了以前的实验方法, 获得了 1319nm 激光连续输出最高功率 43W, 660nm 红光准连续输出 2W 的双波长输出^[1]。1319nm 波段的 Nd:YAG 激光器的研究在逐渐兴起, 但基本上集中于光学系统的设计研究, 所得到的激光也基本上是短脉冲型。由于实际需求, 长脉冲 1319nm 激光器的研究必将成为一个热点, 其二次倍频光 660nm 红光作为三元色光之一, 也有着巨大的应用前景和潜在的经济效益。

本文对 1319nm 波长、闪光灯泵浦的 Nd:YAG 激光器的谐振腔进行了设计计算; 设计了一种新型

的氙灯触发预燃电路; 利用 IGBT 实现电压的逆变, 控制充放电电路, 简化了整套系统; 对所研制的激光器输出的 1319nm 激光进行了测量分析; 采用临界相位匹配的 KTP 晶体, 得到了较好的倍频红光。

2 实际电路设计

我们设计的 Nd:YAG 激光器包括以下几部分:

激光电源系统、水冷系统、激光谐振腔系统、He-Ne 激光辅助调整系统, 其结构方框图如图 1 所示(包括倍频装置)。

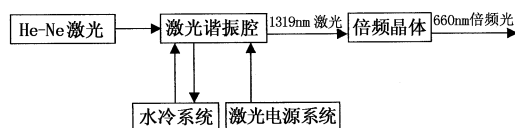


图1 1319nm Nd:YAG 激光器的结构框图

作者简介: 廉伟艳(1982-), 女, 天津大学精密仪器与光电子工程学院物理电子学专业硕士研究生。E-mail: lianwy@126.com

收稿日期: 2006-11-13

He-Ne 激光束用来调整谐振腔;水冷系统由外部引入自来水以冷却泵浦氙灯;激光电源系统自主设计完成;激光谐振腔通过激光电源系统的泵浦和控制产生 1319nm 的脉冲激光。该激光系统再加上倍频 KTP 晶体就产生 660nm 波长的倍频红光输出。当激光电源点燃脉冲氙灯后,脉冲氙灯就对激光谐振腔中的工作介质 Nd:YAG 棒进行泵浦,使工作介质的电子产生能级跃迁,实现粒子数反转。激光通过耦合输出镜输出。

本触发预燃电路,采用可控硅 SCR 作为过压保护,采用限流电阻来稳定氙灯的预燃电流,同时解决了脉冲过后因滤波电容不够大可能出现的氙灯熄灭现象。电源体积小、效率高,对电网电压的波动也有很好的调节作用,工作稳定可靠^[2]。

根据系统的实际需要,我们选择 IGBT 作为激光电源系统的功率开关器件。它具有工作速度快、输入阻抗高、驱动电路简单、热温度性好的优点,载流量大、阻断电压高,目前已经被广泛应用于各种逆变器中。

我们的充电系统采用单相隔离式 DC-DC 电路,主电路为半桥逆变式,用两个脉冲相位相反的 IGBT 交替导通关断构成逆变开关电路,如图 2 所示^[3]。IGBTQ₅ 和 Q₆ 通过变压器原边的电流方向刚好是相反的,这样,整流输出的直流电就变为高频交流电,通过高频变压器耦合进入输出整流滤波电路。由输出反馈控制部分来判断整流输出电压是否达到要求,进而控制充放电的进行。C₈ 用来进一步增强电路的抗不平衡能力,防止由于开关功率管的特性差异而造成变压器的磁芯饱和;L₁、L₂ 分别为两个回路的限流电感;C₉ 为高频变压器的原边滤波电容,R₁₆ 为放电保护电阻,在 C₈ 上的电流发生极性变

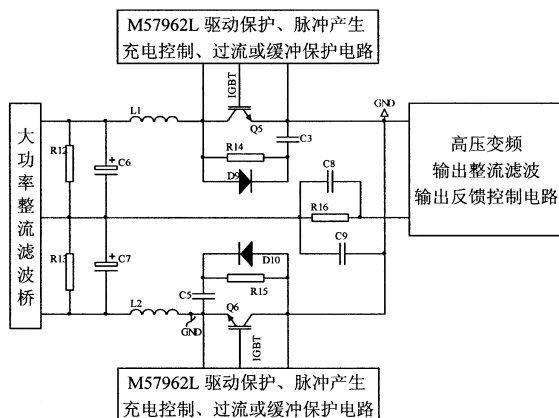


图2 充电系统电路框图

化时,使得 C₈ 上的电流通过 R₁₆ 进行放电,避免产生瞬时大电流。放电部分依然采用 IGBT 为开关器件,如图 3 所示。当控制 IGBT 允许放电时,C₁₂ 上的电量将以驱动脉冲产生的频率,通过 IGBT、D₅、D₆、L₁ 给氙灯放电,使氙灯发光,为激光增益介质提供泵浦光。

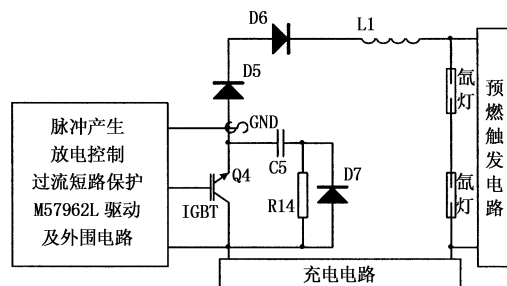


图3 放电系统电路框图

3 1319nm 激光的倍频

本实验采用的激光谐振腔结构如图 4 所示。M1 和 M2 构成激光谐振腔,M1 是曲率半径为 $R = 10\text{m}$ 的全反镜,反射率为 99.9%,M2 是 1319nm 处透过率为 2% 的耦合输出镜。激光腔的腔长为 160mm,激光工作介质 Nd:YAG 棒的尺寸为 $\phi 8\text{mm} \times 140\text{mm}$,它由两支串联的氙灯泵浦,氙灯的规格为: $\phi 7\text{mm} \times 130\text{mm}$ 。M3 为聚焦透镜,焦距为 +100mm,M2 与 M3 的距离约为 $L1 = 660\text{mm}$,M3 与倍频晶体间的距离为 $L2 = 125\text{mm}$ 。实验选用 $8\text{mm} \times 8\text{mm} \times 8\text{mm}$ 的 KTP 晶体作为倍频晶体,工作于临界相位匹配状态。采用 II 类相位匹配,最佳相位匹配角和有效非线性系数^[4]的计算结果是:在波长 1319nm 处的晶体角度为 $\theta = 60.70^\circ, \Phi = 0^\circ$ 。

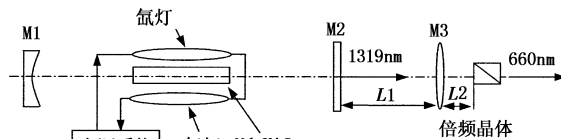


图4 激光谐振腔及倍频装置图

在光谱测量时,1319nm/660nm 的激光射到显示屏上或经衰减后,经过传光光纤输入到光谱仪中,实验使用日本 Anritsu 公司生产的 M09230 型光谱仪进行激光频率特性测量,此光谱仪的测量范围为 $0.6 \sim 1.75\mu\text{m}$,实际测得的光谱如图 5 所示。最后,我们使用以色列 Ophir Optronics 公司生产的 NOV 型功率能量计测得 1319nm 脉冲激光的单脉冲能量约为 12mJ。

(下转第 512 页)

合为一点,这是主要由于半导体激光器发出的激光为高斯光束,使用传统的光学透镜很难将两个方向的光束聚焦为一点。但是随着光学设计的深入和工艺的改进,还可以达到更高的效率。

5 结 论

利用两片阶梯反射镜将半导体激光器阵列整形后,聚焦到 $400\mu\text{m}$, $\text{NA}=0.22$ 的光纤中,输出功率为 33.7W ,总效率达 84.2% 。本系统具有装配简单、光路清晰、稳定可靠、耦合效率高的优点。图6是利用此技术生产出的半导体激光器光纤耦合模块。

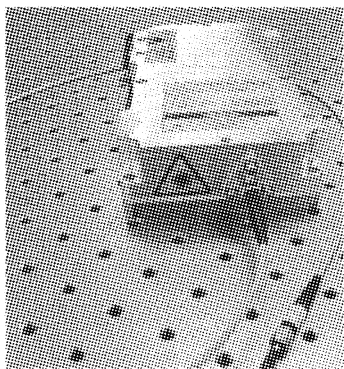


图6 半导体激光器光纤耦合模块照片

(上接第509页)

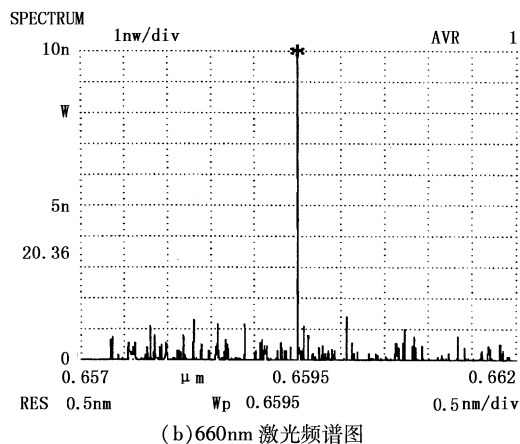
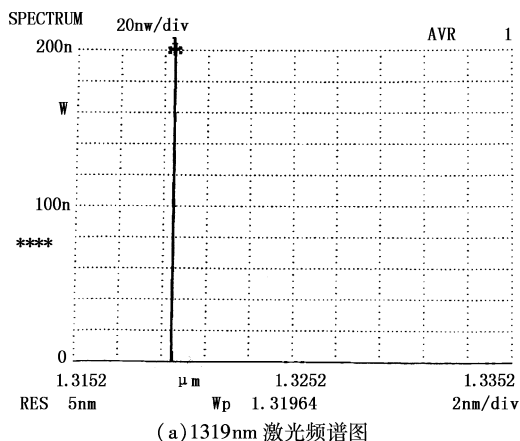


图5 实际测得的1319nm/660nm激光频谱图

参考文献:

- [1] F Dorsch, H Haensel. High-power diode laser emission characteristics[C]//4th International Workshop on Laser Beam and Optics Characterization (LBOC)', VDI - TZ (ed.), 1997, Germany, 244, Munich.
- [2] F Daiminger, F Dorsch, D Lorenzen. High power laser diodes, laser diode modules and their application [C]// SPIE Proc. 1998, 3682: 13 - 23.
- [3] Xiaowei Wang, Xiaoyu Ma. Optimal distance from high power laser diode to cylindrical microlens in a coupling system[J]. Chinese Optics Letters, 2003, 1(2): 96 - 98.
- [4] 武德勇, 高松信, 等. 高功率线阵半导体激光器光纤耦合设计[J]. 激光杂志, 2002, 23(5): 19 - 20.
- [5] 郭明秀, 沈冠群, 陆雨田. 激光二极管光束整形技术[J]. 激光技术, 2003, 27(4): 357 - 361.
- [6] Wang Zh J, Gheen A Z, Wang Y, et al. Optical coupling system for a high-power diode-pumped solid state laser [P]. U S, 6,377,410. 2002 - 04 - 23.
- [7] S Heinemann, L Leininger. Fiber coupled diode lasers and beam-shaped high power stacks [C]//SPIE Proc. 1998, 3276: San Jose.

4 结 论

分析了 Nd:YAG 固体激光器对泵浦氙灯电源的要求,自主设计研制了整个激光器电源系统,包括充电电路、放电电路以及触发预燃电路等的设计和制作。充电电路和放电电路全部采用 IGBT 作为开关元件。在充电电压为 800V 、两支串联氙灯泵浦 Nd:YAG 增益介质时,获得了单脉冲输出能量约 12mJ ,并利用 KTP 晶体的临界相位匹配方式,实现了 660nm 的倍频红光输出。

参考文献:

- [1] Wang Tao, Yao Jianquan. Study on CW Nd:YAG laser at 1319nm and 660nm [J]. Journal of Tianjin University, 2004, 37(5): 377 - 381.
- [2] Shi Jiying, Ni Wenjun. New power supply for preignition of pulse xenon lamp [J]. Chinese Journal of Lasers, 1996, 23(2): 132 - 134.
- [3] Xu Ping. New advance to structure and manufacturing technology of IGBT [J]. Power Electronics, 2005, 3(1): 21 - 26.
- [4] Yao Jianquan, Nonlinear optical frequency conversion and tuning technology [M]. Beijing: Beijing Scientific Press, 1995: 109 - 139.