

文章编号: 0258-7025(2004)Supplement-0090-03

倍频掺 Yb 光纤激光器研究

林浩佳¹, 闫培光^{1,2}, 杜晨林¹, 阮双琛¹, 周朝明³, 任宁³, 吕可诚²

(¹深圳大学工程技术学院, 广东 深圳 518060; ²南开大学物理科学学院, 天津 300071; ³大族激光技术股份有限公司, 广东 深圳 518057)

摘要 采用 KTP 晶体对掺 Yb³⁺脉冲光纤激光器输出的 1064 nm 脉冲激光进行腔外倍频, 当红外平均输入功率为 10 W, 重复频率为 20 kHz, 脉冲宽度为 169±4 ns 时, 获得了 532 nm, 平均功率为 1780 mW, 脉冲宽度为 121±4 ns 的绿光输出, 倍频转换效率为 17.8%。

关键词 激光技术; 掺 Yb³⁺; 光纤激光器; 倍频

中图分类号 TN248.1

文献标识码 A

External Frequency Doubling Study of Yb³⁺ Doped Pulse Fiber Laser

LIN Hao-jia¹, YAN Pei-guang², DU Chen-lin¹, RUAN Shuang-chen¹,

ZHOU Chao-ming³, REN Ning³, LÜ Ke-cheng²

(¹Shenzhen Key Laser Engineering Lab., Shenzhen University, Shenzhen, Guangdong, 518060 China)

²College of Physics, Nankai University, Tianjin 300071, China

³Hans Laser Technology Co., Ltd, Shenzhen, Guangdong 518057, China

Abstract An efficient green laser through the direct external frequency doubling of a 1064 nm Yb³⁺ doped pulse fiber laser by the use of a KTP crystal was developed. The maximum average green power is 1.78 W at the average IR input power of 10 W, resulting in the conversion efficiency of 17.8%.

Key words laser techniques; Yb³⁺-doped; fiber laser; external frequency doublin

1 引言

高功率 532 nm 绿光, 是激光远程测距、激光跟踪、水下探测、抽运染料激光器和拉曼激光器十分有用的相干光源, 因而得到非常广泛的研究。自 1985 年国际上首次报道了 LD 抽运单频 Nd:YAG 激光器^[1]以来, 对倍频 YAG 绿光输出激光器的研究很多, 并取得很大的进展^[2-4]。它们都是利用激光二极管抽运的固体绿光激光输出, 且大多数是准连续的。

本文采用 KTP 晶体对掺 Yb³⁺脉冲光纤激光器输出的 1064 nm 脉冲激光进行腔外倍频, 研究红外输入功率与倍频绿光输出功率的关系, 并对基频和倍频光脉冲进行分析。

2 实验

2.1 实验装置

实验装置如图 1 所示, 采用典型的 F-P 腔结

构。激光光源采用 IPGroup 公司生产的平均输出功率为 10 W, 重复频率为 20~120 kHz 的光纤脉冲激光器, 中心波长位于 1064 nm, 在重复频率为 20 kHz 时, 其峰值功率是 5.2 kW, 其偏振方向是随机的。两个对称透镜 L_1, L_2 的焦距是 70 mm, L_1, L_2 共同实现了激光器和倍频腔之间的模式匹配, 通过调节两透镜的位置以获得尽可能高的模式匹配效率, 且当将倍频晶体放在它们之间的焦点, 即光腰处时, 会使功率密度更大, 从而提高倍频转换效率。两镀膜平面镜 M_1, M_2 等效构成一个平面腔, M_1 对 1064 nm 的透射率是 99.5%, 对 532 nm 的反射率是 98.5%, M_2 对 1064 nm 的反射率是 99.8%, 对 532 nm 的透射率是 99.7%。实验采用山东大学生产的 3 mm×3 mm×10 mm KTP 晶体, 第二类相位匹配角为 $\theta=90^\circ, \phi=23.6^\circ$, 非线性系数为 2.45 pm/V, 晶体放置在一铝金属调节支架上。经过 M_2 的剩余基频光与倍频光由布氏棱镜 P_1, P_2 分光后测量。

基金项目: 广东省自然科学基金重点项目(011736), 广东省高校自然科学研究(Z020620)项目和广东省“千百十工程”优秀人才基金(Q02118)资助项目

作者简介: 林浩佳(1979-), 男, 深圳大学硕士研究生, 主要从事新型光纤激光器的研究及应用的研究。

E-mail: linhaojia2002@163.com

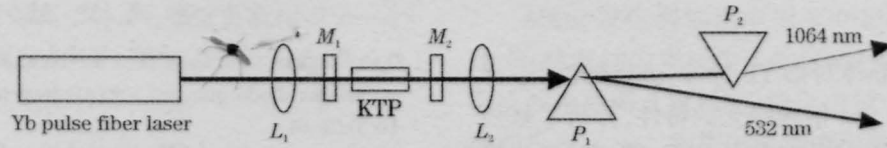


图 1 实验装置图

Fig.1 Experiment setup

2.2 结果与分析

对上述 F-P 腔和透镜 L_1, L_2 进行精确的调整, 使其达到最好的匹配效果。利用激光功率计测量倍频绿光的平均输出功率, 在重复频率为 20 kHz, 平均输出功率为 10 W 时, 获得 1.78 W 的倍频绿光输出。其功率随光纤脉冲激光器抽运功率的变化曲线如图 2 所示。

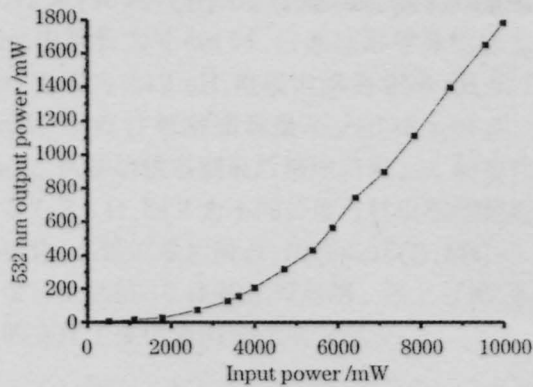


图 2 倍频光输出功率随输入抽运功率的变化曲线

Fig.2 Green laser output power as a function of the IR input power

在重复频率为 20 kHz, 脉冲周期为 45.05 μs 时, 采用快速光电探测器和 Tektronix 公司生产的 TDS3032 数字荧光示波器 (300 MHz) 分别测量了 1064 nm 红外光和 532 nm 倍频绿光的脉冲, 如图 3, 4 所示。实验发现倍频绿光的脉冲比基频光脉冲窄, 如在 1064 nm 红外光输出功率为 1.3 W, 重复频率为 20 kHz, 脉冲周期为 45.05 μs 时, 倍频绿光的脉冲宽度是 121 ns, 红外光的脉冲宽度是 169 ns。其原因

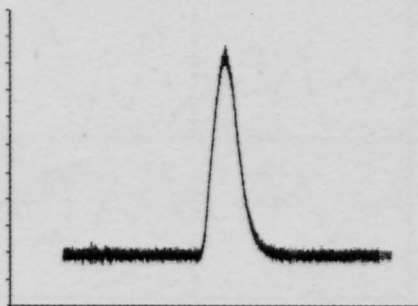


图 3 基频光脉冲图形

Fig.3 Shape of IR pluse

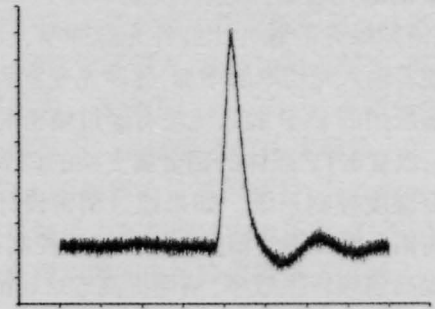


图 4 倍频光脉冲图形

Fig.4 Shape of green laser pluse

是由于基频光脉冲在上升沿和下降沿时, 光功率相对较低, 倍频转换效率很小, 甚至为零, 只在脉冲宽度内, 其倍频转换效率相对较高, 倍频绿光脉冲明显, 这样导致了倍频绿光脉冲比红外光脉冲窄。

另外倍频绿光脉冲宽度随着光纤脉冲激光器抽运功率的变化曲线如图 5 所示。其原因是当基频光输出功率比较小时, 脉冲峰值功率也较小, 只有在峰值附近的一小区域内的倍频转换效率较高, 其余的很小, 以至可以忽略, 因此这时倍频绿光的脉冲宽度较窄; 随着基频光功率的增加, 峰值功率附近倍频转换效率较高的光功率的进一步增加, 峰值功率附近倍频区域也扩大, 导致倍频绿光脉冲宽度逐渐变宽; 但随着基频转换效率较高的区域基本不再变化, 呈饱和状态, 所以倍频绿光的脉冲宽度也趋于定值。

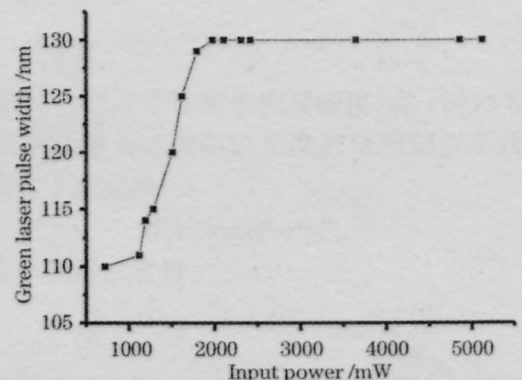


图 5 倍频绿光脉冲宽度随输入抽运功率的变化曲线

Fig.5 Green laser pulse width as a function of the IR input power

3 结 论

研究了 KTP 晶体对掺 Yb 脉冲光纤激光器进行腔外倍频产生 532 nm 倍频绿光的特性,分析了基频输入功率与倍频绿光输出功率的关系,获得了平均最大输出功率为 1780 mW 的倍频绿光,脉冲宽度为 121 ± 4 ns 的绿光输出,倍频转换效率为 17.8%。实验中,发现倍频绿光的脉冲比红外光脉冲窄,且倍频绿光脉冲随着输入光功率的增加,脉冲先变宽后趋于定值。实验所用的 F-P 腔系统没有经过精密的光学设计,另外,放置 KTP 晶体的铝金属支架的调节精度不高且没有温度控制系统。如果通过精密设计腔的结构,提高铝金属支架的精度并增加温度控制系统,可进一步提高倍频转换效率,从而提高 532 nm 绿光的输出功率。这一工作正在进行中。

参 考 文 献

- 1 Zhou Bingkun, T. J. Kane, J. G. Dixon *et al.*. Efficient frequency stable laser diode pumped Nd:YAG laser [J]. *Opt. Lett.*, 1985, **10**(2):62-64
- 2 J. J. Chang, E. P. Dragon, I. L. Bass. 315 W pumped-green generation with a diode-pump Nd:YAG laser [C]. CLEO 98, 1998, San Francisco. CPD-22
- 3 Wang Peng, Yao Jianquan, Zhang Fan *et al.*. 40W LD pumped intra-cavity frequency doubled Nd:YAG laser [J]. *Chinese J. Lasers*, 2001, **A28**(2):112
王 鹏,姚建铨,张 帆等. LD 抽运的内腔倍频 Nd:YAG 激光器输出倍频绿光达 40 W [J]. *中国激光*, 2001, **A28**(2):112
- 4 Feng Yan, Bi Yong, Zhang Hongbo *et al.*. 20 W diode dumped external frequency-doubled Nd:YAG green laser [J]. *Acta Optica Sinica*, 2003, **23**(4):469-471
冯 衍,毕 勇,张洪博等. 20 W 腔外倍频全固态 Nd:YAG 绿光激光器 [J]. *光学学报*, 2003, **23**(4):469-471