

高重频窄脉冲 LD 端面泵浦 Nd:YAG/LBO 绿光激光器

陈虹竹, 贾光辉, 董磊, 李亚楠, 高中楠, 李江明, 张世文
(华北光电技术研究所, 北京 100015)

摘要:报道了 LD 端面泵浦的 Nd:YAG/LBO U 形腔内倍频激光器, 通过对连续 LD 泵浦源脉冲调制选取合适的占空比, 大幅降低了晶体的热透镜效应。在泵浦功率 8.05 W, 重复频率 1 kHz 条件下, 获得了输出功率 1.38 W、脉宽 8 ns、峰值功率 172 kW、光束质量 M^2 因子 1.3 的绿激光输出, 光-光转换率达 17%。

关键词:高重频窄脉宽泵浦; LD 端面泵浦; U 形腔

中图分类号: TN248.1 **文献标识码:** A

LD end pumped Nd:YAG/LBO green laser with high frequency short pulse width

CHEN Hong-zhu, JIA Guang-hui, DONG Lei, LI Ya-nan, GAO Zhong-nan, LI Jiang-ming, ZHANG Shi-wen
(North China Research Institute of Electro-optics, Beijing 100015, China)

Abstract: The U shape cavity is used in end pumped Nd:YAG/LBO SHG configuration is reported. The thermal effect was reduced greatly by modulating the LD and using suitable duty cycle, when the incident power is 8.05 W, repetition rate is 1 kHz, 1.38 W TEM₀₀ mode green laser with pulse width 8 ns is obtained by optimization of the system. The optical to optical conversion is 17% and the peak power is up to 172 kW. M^2 coefficient is 1.3.

Key words: short pulse width; LD end pumped; U shape cavity

1 引言

激光二极管(LD)泵浦的固体激光器, 因其效率高、寿命长、结构紧凑等特点, 成为固体激光技术发展的主要方向之一。532 nm 全固态激光器是 20 世纪 90 年代发展起来的一种新型激光源, 国内外许多科研人员都对其进行了深入、系统地研究。目前国际上采用侧面泵浦技术实现的大功率绿光固体激光器输出功率已达 420 W, 但侧面泵浦固体激光器光束质量较差, 不能满足内雕、精细打标等方面的应用要求。文中介绍了通过系统优化, 在泵浦功率 8.05 W, 重复频率 1 kHz 条件下, 获得输出功率 1.38 W、脉宽 8 ns 的 TEM₀₀ 模 532 nm 绿光激光输出的实验结果, 峰值功率 172 kW, 光-光转换率 17%。该装置转换效率高、光束质量好、结构紧凑, 能够长期稳定工作, 可广泛应用于激光雕刻、激光显示、激

光医疗、工业加工、海底探测等众多领域^[1-2]。

2 理论分析与实验

众所周知, 适合 LD 泵浦的常用激光晶体有 Nd:YAG, Nd:YVO₄ 和 Nd:YLF 等。Nd:YVO₄ 具有吸收光谱宽、偏振性好、效率高等优点, 但其上能级寿命短、储能少^[3], 不适合用于低重频调 Q 激光运转, 一般调 Q 的 Nd:YVO₄ 激光器都工作在 20 kHz 以上; Nd:YLF 上能级寿命长(约为 Nd:YAG 的 1.5 倍)、储能大, 适用于低重频调 Q 激光器中, 但 Nd:YLF 导热性能差, 在高泵浦功率条件下易产生断裂; Nd:YAG 晶体导热性好、上能级寿命长, 适合大

作者简介:陈虹竹(1982-), 女, 硕士学位, 主要从事 LD 泵浦固体激光器的研究。E-mail: yiyi531521@sina.com

收稿日期: 2009-06-15; **修订日期:** 2009-08-12

功率调 Q 运转,因此本实验中采用 Nd:YAG 作为增益介质。

常用的倍频晶体有 KTP、LBO 和 BBO 等。KTP 晶体效率高、走离角小,因此广泛用于 1064 nm 的 SHG 实验中,但是 KTP 在实际应用中却有一定的局限性:灰迹(gray trace)效应在激光功率较高时非常明显,一旦形成灰迹,会严重影响激光器整机效率和长期工作稳定性。BBO 晶体虽然有效非线性系数较高,但走离角大,严重影响光束质量,且 BBO 易潮解,因此实际中应用也较少。虽然 LBO 的有效非线性系数小^[4],但是 LBO 的走离角小、允许角大,可以采用长晶体和准聚焦的形式来提高效率,因此实验中采用 LBO 晶体作为倍频晶体。实验装置如图 1 所示。

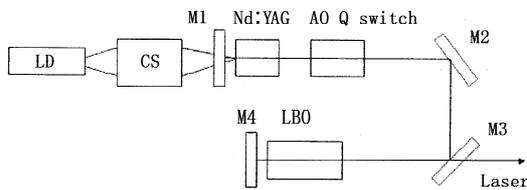


图1 LD泵浦U形腔内倍频激光器实验装置

Fig.1 setup of the green laser

LD泵浦源为LIMO公司生产,最大输出功率30 W,光纤耦合输出,光纤芯径400 μm , $\text{NA} = 0.22$,中心波长为808.7 nm。实验中,LD泵浦源以脉冲方式工作,重复频率1 kHz,占空比1:2。由于Nd:YAG的上能级寿命为230 μs ,连续泵浦时最佳工作重频应在5 kHz左右,而本实验要求工作频率为1 kHz,因此如果采用LD连续泵浦将会有大量的泵浦光转换成废热,使晶体的热效应增加。而对LD进行脉冲调制,并选择适当的占空比,使泵浦持续时间与 Q 开关的工作周期相匹配,不仅会大幅提高整机效率,更重要的是有利于降低热效应影响,大幅提高输出激光光束质量;泵浦耦合系统CS放大率1:1;全反镜M1镀1064 nm HR & 808 nm AR;为了进一步降低热效应,实验中采用了低掺杂浓度的Nd:YAG晶体,尺寸3 mm \times 3 mm \times 20 mm,掺杂浓度0.8%,晶体左端面镀808 nm AR & 1064 nm AR,右端面镀1064 nm AR。晶体侧面用铝箔包裹,夹持在紫铜热沉中,并通过TEC精密控温;声光 Q 开关为NEOS公司生产,超声波频率40 MHz;M2为反射镜,45°放置,镀1064 nm HR;M3为绿光输出镜,镀1064 nm HR & 532 nm AR;LBO晶体尺寸3 mm \times

3 mm \times 10 mm,双端面镀1064 nm AR & 532 nm AR;M4为反射镜,镀1064 nm HR & 532 nm HR。谐振腔总长146 mm,Nd:YAG和LBO上的光斑半径与热透镜焦距的关系如图2所示。

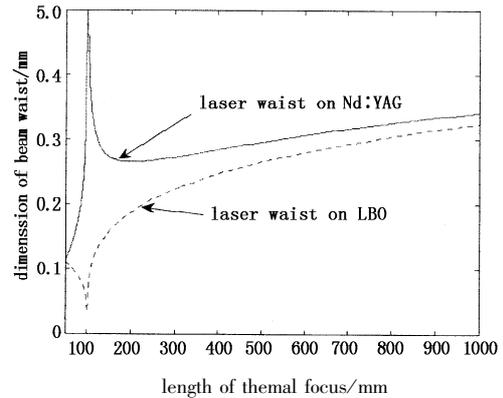


图2 光斑半径与热透镜焦距的关系曲线

Fig.2 curve of the beam waist versus the length of thermal focus

当泵浦功率为8.05 W时,实测Nd:YAG的热透镜焦距约为150 mm。由图2可知,Nd:YAG上的激光光斑半径为270 μm ,LBO上的光斑半径为200 μm ,满足模式匹配要求。当声光 Q 开关工作频率为1 kHz时,泵浦功率与绿光激光输出功率的关系曲线如图3所示。阈值为1.2 W,当泵浦功率为8.05 W时,得到1.38 W的绿激光输出,光-光转换率17%。从图3中还可看出,当泵浦功率超过6.5 W后,激光输出的斜效率下降,初步分析可能是由于热效应导致谐振腔工作点处于稳区边缘。输出功率与脉宽的关系曲线如图4所示,可以看出,输出功率越高脉宽越窄,当输出功率为1.38 W时,脉宽为8 ns,此时输出激光的单脉冲能量1.38 mJ,峰值达172 kW。

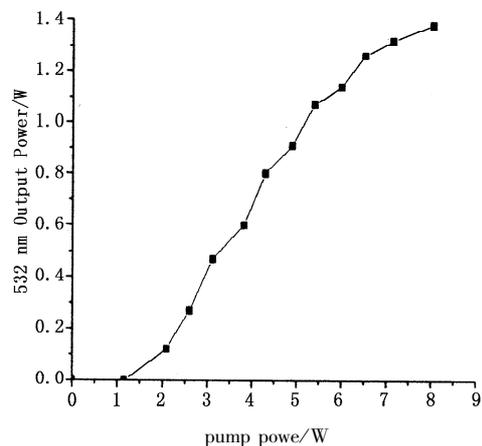


图3 输出功率与泵浦功率的关系曲线

Fig.3 the output power versus pump power

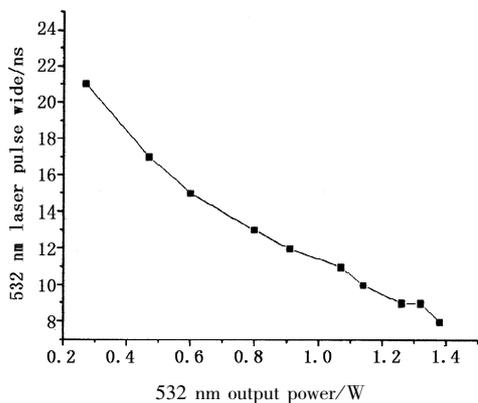
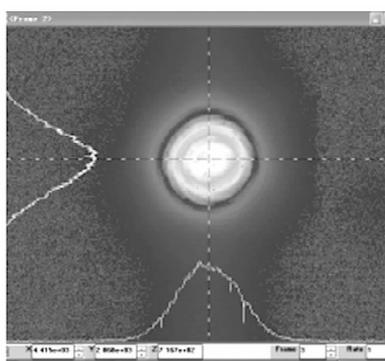


图4 脉宽与输出功率的关系
Fig.4 pulse width versus output power

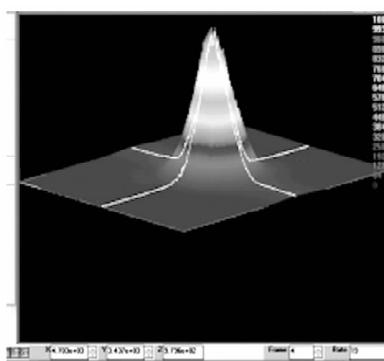
用光束质量分析仪测得的绿激光光强分布如图5所示,光强分布为完美的高斯分布, M^2 因子为1.3,满足内雕以及高精度打标的需要。

3 结论

通过系统优化,采用泵浦源脉冲调制,选择合适的占空比,可大幅降低热效应影响。在泵浦功率8.05 W,重复频率1 kHz 情况下,利用U形腔结构,获得1.38 W的TEM₀₀模绿激光输出,脉宽8 ns,峰值功率高达172 kW,光-光效率17%。该实验装置结构紧凑、转换效率高、光束质量好,能长时间稳定工作。



(a)



(b)

图5 绿激光光强分布

Fig.5 intensity distribution of green laser

参考文献:

[1] 姜东升,周寿桓,赵鸿,等. 二极管侧面抽运的高平均功率倍频 Nd:YAG 激光器[J]. 中国激光,2001, A28 (4):301-303.

[2] 徐德刚,姚建铨,郭丽,等. 104 W 内腔倍频全固态 Nd:YAG绿光激光器[J]. 光学学报,2004, 24 (7): 925-928.

[3] Zeller P, Peuser P Efficient, multiwatt, continuous wave operation of Nd:YAG and Nd:YVO₄. [J]. Opt. Lett, 2005, 25(1):34-36.

[4] 姚建铨. 非线性光学频率变换及激光调谐技术[M]. 北京:科学出版社,1995:11-15.