

文章编号: 0258-7025(2008)Supplement2-0054-03

用增益孔径改善被动调 Q 短腔激光器近场的实验

王 方 朱启华 林东晖 陈 骥 蒋东镔 黄 征 隋 展

(中国工程物理研究院激光聚变研究中心, 四川 绵阳 621900)

摘要 采用实验研究的方法, 对利用增益孔径改善小型激光二极管(LD)端面抽运被动调 Q 短腔激光器近场的方法进行了验证, 并研制了一台具有高稳定性、准高斯分布近场和光滑时间波形输出的小型非一体式 LD 端面抽运激光器。该激光器是实现小型化激光测距仪的关键单元, 采用新颖的二极管抽运的增益开关被动调 Q 短腔键合 YAG 设计, 由增益孔阑实现选模, 保证光束质量; 由短腔和 Cr⁴⁺:YAG 调 Q 保证单纵模运转和短脉宽输出; 由增益开关保证小的调 Q 抖动。激光器输出的近场质量证明了利用增益孔径可对此类激光器的近场进行有效的主动控制。

关键词 激光器; 激光二极管(LD)抽运; 增益孔径; 被动调 Q

中图分类号 TN202 文献标识码 A doi: 10.3788/CJL200835s2.0054

Experiment on Improvements of the Passive Q-switch Short-Cavity Laser Near Field Using Limiting the Gain Aperture

Wang Fang Zhu Qihua Lin Donghui Chen Ji Jiang Dongbin Huang Zheng Sui Zhan
(Research Center of Laser Fusion, China Academy of Engineering Physics, Mianyang, Sichuan 621900, China)

Abstract It was experimentally studied the improvements of the passive Q-switch short-cavity laser diode(LD) pumping laser near field through limiting the gain aperture. The LD pumping laser that have high stability, accurate Gauss near field distribution and smooth time output pulse is developed. The laser device is the key unit to attain the miniaturized laser range finder, adoptting some techniques of novel LD pumping, gain switching, short cavity, Q-switch passively, and bonding crystal to improve the beam quality using limiting transverse mode by the gain aperture; to ensure beam output of single longitudinal mode using short cavity and passive Q-switch; to abate Q-switch time shake using gain switch. The experimental results proved the method of improving the passive Q-switch short-cavity laser near field using limiting the gain aperture is usefull.

Key words Lasers; LD pumping; gain aperture; passive Q-switch

1 引 言

微片激光器是指谐振腔长度在毫米量级的微小固体激光器^[1]。激光二极管(LD)抽运的微片激光器利用 LD 抽运片状的激光增益介质获得激光输出, 利用在晶体双面镀膜形成的一体化振荡腔可以将腔长缩短到 1 mm 以下^[2, 3]。这种激光器的特点是体积小, 结构简单, 运行稳定, 利用其短腔长的特点容易获得单纵模输出^[4, 5]。

LD 端面抽运的微片激光器以其体积小、性能

稳定、寿命长、效率高等优势在激光雷达、生物医学、微机械、测距、遥感、环境监测、空间光通信等许多领域具有广泛的应用前景, 成为激光器件领域中一个倍受关注的热点^[6~8]。

在微片激光器的一般应用中, 对近场要求不高, 但在高功率固体激光领域的应用中, 近场是一项非常重要的指标^[9]。本文研究的小型 LD 端面抽运激光器借鉴了 LD 端面抽运微片激光器构型, 并在谐振腔构型、增益介质尺寸和端面抽运方式上进

基金项目: 中国工程物理研究院科学技术发展基金(2007B08005)资助课题。

作者简介: 王 方(1979—), 男, 硕士研究生, 助理研究员, 主要从事强激光技术和光学设计等方面的研究。

E-mail: wang. f. zju@gmail.com

导师简介: 粟敬钦(1973—), 男, 博士后, 副研究员, 现主要从事强激光技术和衍射光学等方面的研究。

E-mail: sujingqin@hotmail.com

行了改进。

2 实验装置

实验装置如图 1 所示。抽运源采用 3 W 808 nm 单管激光二极管，电源采用自主研发的 DPL-A 型激光驱动电源，它带有四组输入输出端口：外触发输入，LD 驱动电流输出，温度测量输入和制冷器驱动输出。耦合透镜采用西安飞秒公司生产的数值孔径为 0.6 的梯度折射率透镜，能有效减小耦合到晶体的抽运光斑尺寸。LD 发出 808 nm 的激光，通过梯度折射率透镜耦合后，会聚到 Nd³⁺ : YAG 晶体上，由 Nd³⁺ : YAG 的一个端面和输出镜构成谐振腔，产生自由振荡激光，通过和 Nd³⁺ : YAG 晶体键合在一起的 Cr⁴⁺ : YAG 晶体调 Q 输出。

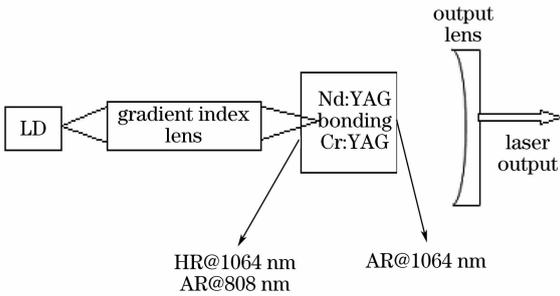


图 1 实验装置结构示意图

Fig.1 Schematic of experimental setup

3 实验结果与讨论

3.1 利用增益孔径改善近场输出

一般改善振荡器输出近场的方法是限制输出的横模为 TEM₀₀，而一般限横模的方法就是加孔径光阑。本文则通过限制增益孔径大小的方法限制横模。

通过挑选合适的梯度折射率透镜，并计算得到 LD 和增益介质安放的最佳位置。此时梯度折射率透镜的横向放大率为 1，所以 LD 发出的光经梯度折射率透镜聚焦后入射到晶体上的抽运光斑尺寸约为 200 μm × 10 μm，光线追迹的结果显示其耦合效率约为 80%。这样入射到晶体的抽运光功率密度大为提高。同时加长了 YAG 晶体的长度，增加吸收损耗，使得在增益孔径之外的抽运光均被损耗吸收。通过这几个措施，得到了准高斯分布的近场输出，如图 2 所示。

3.2 适当加长谐振腔长度后仍然获得光滑波形输出

为了满足在高功率固体激光领域应用的需要，在考虑改善激光器输出近场的同时亦要尽量保证激光器在时域上的光滑波形输出。

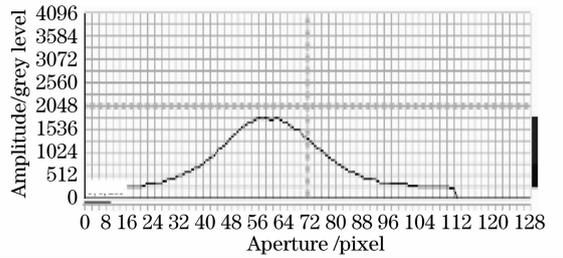


图 2 激光器输出近场波形

Fig.2 Near field Waveform of laser output pulse

一般微片激光器由于其短腔长的特点容易获得单纵模输出^[4,10]。本文为了保证有效利用增益孔径改善近场，特地加长了晶体的长度至 10 mm，吸收多余的抽运能量，将有效增益控制在梯度折射率透镜的焦点附近，此时谐振腔光学长度约为 18 mm。只考虑单横模，纵模间隔为

$$\Delta\lambda = \lambda_0^2/2L$$

其中 L 为谐振腔的光学长度^[11]。

对 Nd : YAG 晶体的谱线宽度 $\Delta\lambda_0 = 0.45 \text{ nm}$ ，中心波长 $\lambda_0 = 1064 \text{ nm}$ 。所以当 $L \leq 1.26 \text{ mm}$ 时谐振腔输出单纵模；当 $L = 18 \text{ mm}$ 时， $\Delta\lambda = 0.03 \text{ nm}$ ，增益足够时腔内有 15 个左右的纵模共振，此时纵模间距为 $\Delta\lambda = (K - 1)\lambda/(2L) = 0.41 \text{ nm}$ 。

相邻纵模的间距较大且采用被动调 Q 技术，在总增益有限的情况下不足以达到多纵模激光输出域值，可基本保证单纵模输出。

实验中利用上升沿响应为 100 ps 的快速光电管和带宽为 6 GHz 的数字示波器对激光器输出的时间波形进行测量，得到的光滑波形如图 3 所示。由于测量设备的响应带宽与纵模间隔相当，而且激光时间脉冲长度在 10 ns 左右，因此认为激光器输出单纵模。激光器输出光脉冲能量约 100 μJ，光束发散角小于 2 mrad。

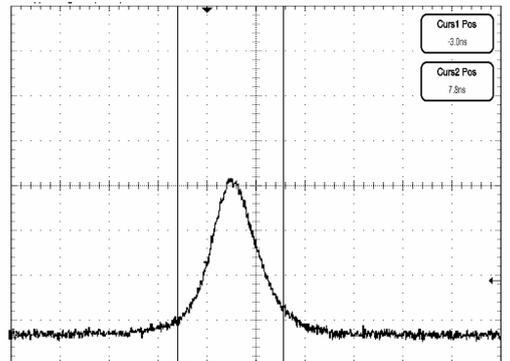


图 3 激光器输出脉冲波形

Fig.3 Waveform of laser output pulse

4 结 论

采用实验研究的方法,在吸收了微片激光器的构型和优点的基础上,通过控制增益孔径改善近场,研制出了具有高稳定性、准高斯分布近场和光滑时间波形输出的小型非一体式 LD 端面抽运激光器。激光器输出的近场质量证明了利用增益孔径可以对此类激光器的近场进行有效的主动控制。

参 考 文 献

- 1 J. J. Zayhowski, A. Mooradian. Single-frequency microchip Nd lasers[J]. *Opt. Lett.*, 1989, **14**(1): 24~26
- 2 B. Braun, F. X. Krtner, G. zhang *et al.*. 56-ps passively Q-switch diode-pumped microchip laser [J]. *Opt. Lett.*, 1997, **22**(6): 381~383
- 3 J. J. Zayhowski, C. Dill III. Diode-pumped passively Q-switched picosecond microchip laser[J]. *Opt. Lett.*, 1994, **19**(18): 1427~1429
- 4 Y. C. Chen, S. Q. Li, K. K. Lee *et al.*. Self-stablized single-longitudinal-mode operation in a self-Q-switched Cr, Nd: YAG Laser[J]. *Opt. Lett.*, 1993, **18**(17): 1418~1419
- 5 Shen Xiaohua, San Zhenguo, Zhou Fuzheng *et al.*. Nd: YAG microchip laser pumped by a LD[J]. *Acta Optica Sinica*, 1994, **14**(7): 678~682
- 沈小华, 单振国, 周复正等. LD抽运的 Nd:YAG 微片激光器实验研究[J]. *光学学报*, 1994, **14**(7): 678~682
- 6 Wang Bin, Liu Zhaodu, He Wei *et al.*. Development of research on vehicle radar. *Transduce and Microsystem Technologies*[J]. 2006, **25**(3): 7~9
- 王 斌, 刘昭度, 何 玮等. 车用测距雷达研究进展[J]. *传感器与微系统*, 2006, **25**(3): 7~9
- 7 Bao Xinghe, Chen Gang, Xia Zhiping *et al.*. Airborne miniature laser range finder[J]. *Chinese J. Lasers*, 2005, **32**(11): 1549~1553
- 鲍星合, 陈 刚, 夏志平等. 适合于小飞机防撞系统的机载小型激光测距仪[J]. *中国激光*, 2005, **32**(11): 1549~1553
- 8 Wang Shuxiang, Chen Yunling, Yan Caifan *et al.*. Survey of microchip lasers[J]. *Chinese J. Quant. Electron.*, 2007, **24**(4): 40~406
- 王淑香, 陈云琳, 颜彩繁等. 微片激光器的最新研究进展[J]. *量子电子学报*, 2007, **24**(4): 401~406
- 9 Wang Fang, Zhu Qihua, Xu Bing *et al.*. Pilot study of optical design in off-axis and multi-pass amplification system[J]. *High Power Laser and Particle Beams*, 2005, **17**(12): 1842~1846
- 王 方, 朱启华, 徐 冰等. 离轴多程放大系统中光学设计的初步研究[J]. *强激光与粒子束*, 2005, **17**(12): 1842~1846
- 10 Shi Guang, Liao Yun, Wang YunXiang *et al.*. The optimal analysis of Siegman rate equations of passively Q-switched microchip laser[J]. *Laser Technology*, 2005, **29**(6): 636~638
- 时 光, 廖 云, 王云祥等. 微片被动调Q激光器的Siegman方程组的优化分析[J]. *激光技术*, 2005, **29**(6): 636~638
- 11 W. Koechner. *Solid-state Laser Engineering* [M]. Sun Wen, Cheng Guoxiang Trans. Beijing: Science Press, 2002, 110~118
- W. Koechner. *固体激光工程*[M]. 孙文, 江泽文, 程国祥译. 北京: 科学出版社, 2002. 110~118