

文章编号: 0258-7025(2004)Supplement-0052-03

二极管抽运 YAG 激光器放大特性的研究

孙维娜, 王伟力, 朱辰, 王之桐, 杨文是, 王小寒

(华北光电研究所, 北京 100015)

摘要 介绍了一种高光束质量、高峰值功率的二极管抽运主振荡功率放大器(MOPA)系统。通过对抽运均匀性的优化及放大特性的研究,应用了像传递和相位共轭等技术,达到了重复频率 40 Hz,单脉冲能量 400 mJ,脉冲宽度约 7 ns,光束质量优于 2 倍衍射极限的指标。

关键词 二极管抽运; YAG 激光器; 放大

中图分类号 TN248.1

文献标识码 A

Diode Pumped YAG Lasers Amplifier Research

SUN Wei-na, WANG Wei-li, ZHU Chen, WANG Zhi-tong,

YANG Wen-shi, WANG Xiao-han

(North China Research Institute of Electro-Optics, Beijing 100015, China)

Abstract A diode-pump MOPA system with high beam quality and high peak power is introduced in this article. The amplification character of the laser is studied. By optimizing the pumping structure and using the image transmission and phase conjugation technology, the laser output reaches 400mJ per pulse at a typical repetition rate of 40 Hz, and pulse width is 7 ns, beam quality is better than 2 times diffraction limit.

Key words diode-pump; YAG laser; amplifier

1 引言

本文基于“十五”国防重点预研项目“高亮度 DPL”中放大部分的实验研究。高亮度二极管抽运固体激光器近年来不仅在军事上有广泛的应用,而且在工业上和科学研究方面也有广阔的应用,因此它倍受世界各国的高度重视。它在军事方面可应用于:光电对抗;远程激光测距、激光目标指示;新波长激光抽运源等。在工业加工方面,它可用于切割、焊接、打孔、热处理等领域。

随着我国半导体技术的发展及激光二极管封装技术的进步,使得激光二极管作为抽运源正逐步取代闪光灯的地位,固体激光器的效率将提高一个量级。它与闪光灯抽运相比有着以下几点优势:1) 光谱匹配特性好,提高了系统效率;2) 由于光谱匹配特性好,减少了激光材料热聚积,降低了热透镜效应,改善了光束质量;3) 延长了元件的寿命;4) 提高了脉冲重复率;5) 实现了激光系统紧凑性和多功能性。本文对激光二极管抽运 Nd:YAG 的放大特性进行了初步研

究,并设计了全固化二极管抽运主振荡功率放大器(MOPA)系统。

2 系统设计

为了获得高光束质量、高峰值功率的激光输出,设计了如图 1 所示的 MOPA 系统。

图 1 中,采用单纵模激光器作为种子源进行光放大,法拉第磁旋光隔离器(F-R)可有效地消除级间的自激振荡,提高激光器的稳定性,同时隔离器的组成元件之一偏振片可使激光偏振输出;在两级 YAG 放大级之间加入 90°旋光器及空间滤波器,改善了光束的横向均匀性,并无衍射地进行像传递。此外,加入受激布里渊散射(SBS)反射镜,在双程放大后补偿了放大器产生的波前畸变,提高光束质量,双程放大也可提高系统的能量提取率。

3 实验研究

为了解二极管抽运激光器的放大特性,使

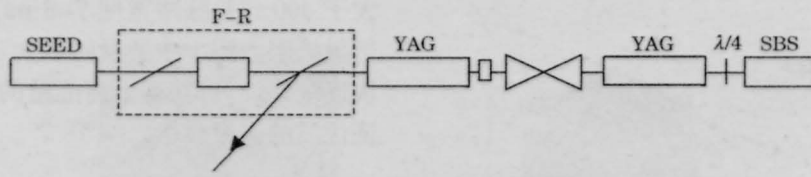


图 1 MOPA 系统光路原理图

Fig.1 MOPA system principle picture

MOPA系统更高效地工作，做了如下几方面的分项实验。

3.1 抽运均匀性的优化

激光二极管放大系统中，抽运均匀性将会影响系统转换效率、输出光束质量和抗破坏阈值的能力，良好的抽运结构设计对实现高光束质量、大能量输出具有重要意义。本实验系统中激光二极管采用五向侧抽运结构，通过计算机模拟及实验，得到最佳耦合间距及耦合方式，实现高效均匀抽运。图 2 为五向抽运优化前后的对比图。

图 2(a) 为最初的五向抽运结构的抽运均匀性图，明显看到呈五角形状，其中心最强处与边缘最弱处比值为 1.3。图 2(b)是通过计算机模拟及实验，得到最佳耦合间距及耦合方式后的抽运均匀性图，其中心最强处与边缘最弱处比值降为 1.1。改善后的结构更有利于高峰值功率激光放大，减少了激光材料的损伤及抽运不均匀造成的热致双折射现象，为得到高光束质量的激光输出打下了良好基础。

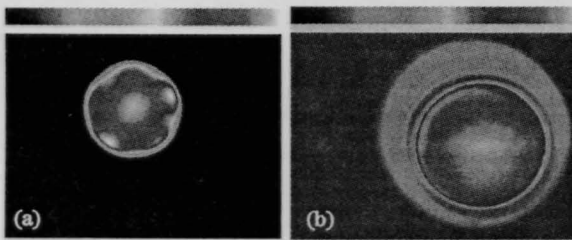


图 2 五向抽运均匀性图

Fig.2 Character of rode section with side pump

3.2 小信号放大实验

小信号放大实验原理图如图 3 所示。该实验采用双程放大结构，虚线内是由两片偏振片及法拉第旋光器组成的光隔离器。线偏振光两次经过 λ/4 波片偏振方向旋转 90°，激光经双程放大后由偏振片输出。实验中使用单纵模种子源的输出波长为 1.064 μm，单脉

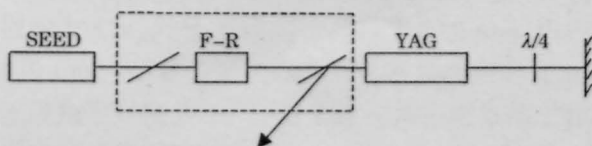


图 3 双程放大输出曲线

Fig.3 Double pass amplifier principle picture

冲能量为 30 μJ，脉宽 17 ns，重复频率 20 Hz。激光二极管阵列中心波长 808 nm，抽运脉冲宽度为 230 μs 时抽运能量为 2.6 J。放大的输入输出曲线如图 4 和图 5 所示。

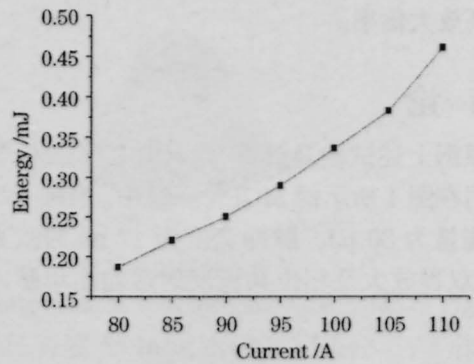


图 4 单程放大输出曲线

Fig.4 Single pass amplifier output curve

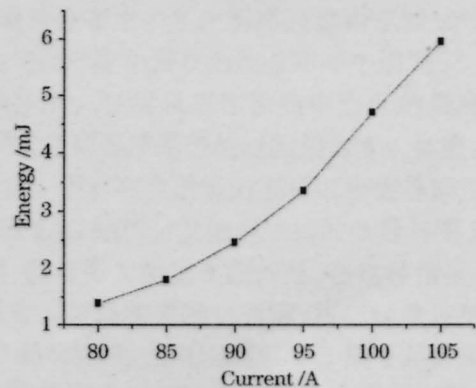


图 5 双程放大输出曲线

Fig.5 Double pass amplifier output curve

由图 4 可以看出，单程放大倍率为 15.5 倍，由图 5 可以看出双程后放大倍率为 233 倍的结果。为了进一步获得更高的能量输出和提取率可采用四程乃至八程放大。但进行多程大会使光束质量变差。

3.3 大信号放大实验

在大信号放大实验中将一调 Q 单脉冲能量为 263 mJ、频率为 20 Hz 的信号注入到 808 nm 抽运能量为 2.7 J 的放大级中，得到 812 mJ 的输出能量，放大倍率为 3.06 倍，能量提取率为 20.2%，如图 6 所示。二极管抽运 YAG 激光器放大时，选取适当的抽运结构以改善抽运均匀性，选择适当的抽运

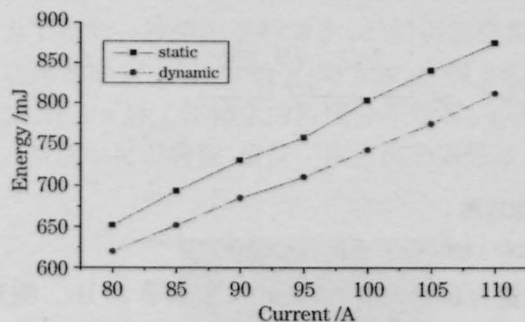


图6 大信号放大输出曲线

Fig.6 Big signal amplifier output curve

脉冲宽度并使本振与放大的级间延时匹配,均有助于提高放大倍率。

4 结 论

根据上述试验及计算,设计加工了二极管抽运腔应用在图1所示的MOPA系统中。当种子源的单脉冲能量为30 μJ ,脉冲宽度为17 ns的激光注入时,经双程放大及相位共轭反射后输出单脉冲能量

大于400 mJ,脉冲宽度7~8 ns,光束质量优于2倍衍射极限。图1中所示的放大系统也可作为单元模块逐级累加,可获得更高能量的输出及提取率,并保证优质的光束质量。

致谢:感谢华北光电研究所赵鸿博士和张大勇同志、中科院半导体所方高瞻同志对本工作的帮助。

参 考 文 献

- 1 W. Koehnner. Solid-state Laser Engineering[M]. Beijing: Science Publishing Company, 2002. 148-154
W.克希耐尔. 固体激光工程[M]. 北京:科学出版社,2002: 148-154
- 2 S. S. Cao, X. Y. Zhang, Y. L. Huang *et al.*. Design methods for single pass Nd:YAG laser amplifiers[J]. *Laser Technol.*, 2001, **25**(6):417-420
曹三松, 张向阳, 黄燕琳等.Nd:YAG单程激光放大器的设计方法[J].激光技术, 2001, **25**(6):417-420
- 3 Shuichi Fujikawa, Keisuke Furuta, Koji Yasui. 28% electrical-efficiency operation of a diode-side-pumped Nd:YAG rod laser[J]. *Optical Society of America*, 2001, **26**(9):602-604