

双棒串接单级Nd:YAG激光器的实验研究

曹三松 徐绍林 韩 凯 吴大志 李俊书

(西南技术物理研究所, 成都)

摘要: 在单级Nd:YAG激光器中, 我们采用粘接方法将两根Nd:YAG棒串接起来, 使激光器的效率和输出功率得到提高。使用这一方法研制成功的长脉宽脉冲Nd:YAG激光器输出平均功率达到210W。

Experimental investigation of two rods bonding Nd:YAG laser

Cao Sansong, Xu Shaoling, Han Kai, Wu Dazhi, Li Junshu

(Southwest Institute of Technical Physics)

Abstract: We have proposed a method of bonding two Nd:YAG rods together with adhesive in one heal of laser to improve the effectiveness and output power. By using this method, we have developed a long-pulsewidth Nd:YAG laser with output of 210 watts in average.

一、引 言

发展工业应用的高功率固体激光系统是目前研究发展的热点之一, 世界各国在发展高平均功率Nd:YAG激光系统上已取得显著进展。据报导, 日本住友金属矿山公司已研制成功输

参 考 文 献

- [1] Siegman A E. New developments in laser resonatrs. In: Holmes D A ed. Optical resonators, SPIE, Bellingham, 1990, SPIE, 1990: 2~14
- [2] Weber H. 激光谐振腔. 武汉: 华中工学院出版社, 1983: 23~24, 100~104
- [3] Carter W H. Appl Opt, 1980; 19 (7): 1027~1029
- [4] 吕百达, 胡玉芳, 季小玲 *et al.* 红外与激光技术, 1991; (3): 38~46
- [5] Turunen J, Friberg A T. Opt & Laser Tech, 1986; 18 (5): 256~266

* * *

作者简介: 吕百达, 男, 1943年出生。教授, 室主任。美国IEEE学会会员。主要研究方向为新型固体激光器件与技术, 光腔物理与光束传输变换, 非线性光学等。

张 彬, 女, 1969年9月出生。硕士研究生。从事固体激光器、光束传输变换方面的研究工作。

蔡邦维, 请见本刊1987年, 第11卷, 第5期, 第14页。

收稿日期: 1992年3月5日。

出平均功率为1200W的Nd:YAG激光器,该激光器中Nd:YAG晶体尺寸达到250mm,为目前世界上尺寸最长的Nd:YAG晶体^[1]。研制高功率Nd:YAG激光器,大尺寸优质的Nd:YAG晶体是至关重要的。因此,国内外都正在发展大尺寸Nd:YAG晶体生长技术。由于目前这种大尺寸优质晶体难以获得,价钱昂贵,人们就自然想到将两根或多根Nd:YAG棒串接起来使用,以增加激光工作物质的长度和体积。国内外都曾报导过采用两级或多级激光器串接的方式,增加晶体长度和注入功率从而提高激光输出功率^[2,3]。我们采用双棒粘接的方式,增加Nd:YAG晶体的尺寸,使单级Nd:YAG激光器的效率和输出功率得到提高,本文将报导激光器的运转实验结果。

二、激光器装置

双棒串接Nd:YAG单级激光器的装置如图1所示。采用的两根Nd:YAG棒尺寸相同,为 $\phi 6\text{mm} \times 75\text{mm}$,棒质量一般。将双棒粘接起来,安装在一个双椭圆柱聚光腔中,聚光腔长120mm。用两只尺寸为 $\phi 8\text{mm} \times 120\text{mm}$ (极距)的脉冲氙灯泵浦,系统由自来水流动冷却。激光谐振腔为平凹腔形式,全反凹面镜曲率为2m,输出平面镜透过率选择在75%~65%之间,谐振腔长40cm。



图1 激光器装置示意图

我们首先测量了串接前后两根Nd:YAG棒在低重复频率脉冲运转下,输出激光能量与输入能量的关系,如图2所示。由实验曲线得出,粘接以后(1*+2*),激光输出能量的斜

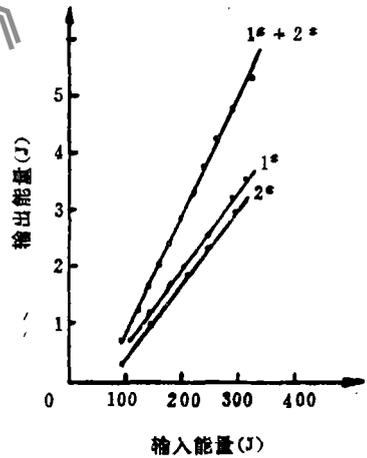


图2 激光输入与输出能量曲线

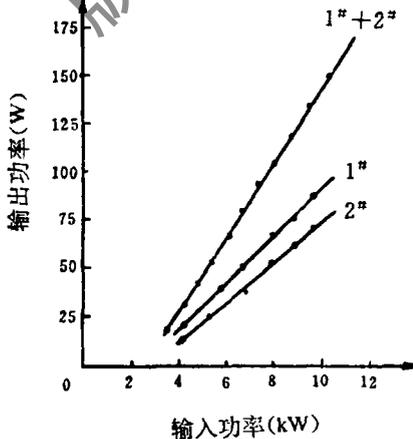


图3 激光输入平均功率与输出平均功率关系

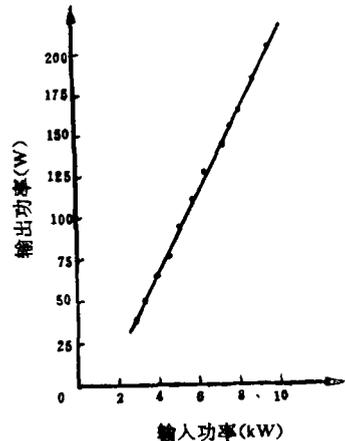


图4 双棒串接Nd:YAG激光器输入与输出关系

率增加,器件效率和输出能量相应提高。粘接前,分别测试这两根YAG棒的激光效率为1%左右,粘接后增加到1.4%,斜效率也由1.5%增加到2.1%。

低重复频率运转实验结果表明,采用粘接方法,增加Nd:YAG晶体长度,使激光棒的单位长度泵浦阈值降低,而且激光输出能量增加。为了进一步证实这一结论,我们对粘接前后的两只Nd:YAG棒进行了高平均功率泵浦运转实验,器件激光输入与输出特性如图3所示。和预计结果相一致,粘接后晶体长度增加,激光输出功率和效率都有所增加。在此实验基础上,我们对器件进行改进,激光效率提高,输出激光平均功率达到210W,激光效率>2%,激光脉冲宽度约为1ms,实验结果如图4所示。

三、讨 论

(1) 由激光原理可知,单位长度激光工作物质的阈值抽运功率 P_{th} 与激光工作物质的长度 L 成反比。因此增加长度,激光阈值降低。即在一定范围内,激光工作物质越长,粒子数积累越快,振荡形成愈容易。这已为实验结果所证实。

(2) 两根棒粘接而串在一起后,激光工作物质总长度增加,器件的增益提高。因此我们对双棒粘接后的激光器的输出镜选择较大的透过率。实验结果表明75%的透过率对双棒器件效果较好,而同样条件下,单棒激光器透过率为68%对这台器件效果较好。

(3) 在粒子数反转的Nd:YAG棒中,非轴向激光辐射要消耗一定的反转粒子数差 Δn 。因此应尽可能减弱非轴向激光辐射,使得有更多的 Δn 被轴向激光振荡模所利用。YAG棒加长后,轴向激光振荡模的增益系数较非轴向激光辐射增加,由于 Δn 的有效利用率提高了,激光斜效率就会增加,激光效率和输出功率也就会相应地提高。但是,双棒串接加长后,激光增益提高,可能会出现自激振荡现象。但在目前的晶体尺寸下,我们还未观察到由于Nd:YAG棒加长后,可能会出现自激振荡现象。

(4) 为了提高Nd:YAG激光器的最大平均输出功率,必须相应地增加激光晶体的体积。从纵向增加激光晶体的尺寸较增加棒的直径,可以改善激光晶体的冷却和泵浦均匀性,提高输出光束质量。

(5) 在实际操作中,应注意使棒的粘接处能承受较大的强度,又不会给激光器引入多余的损耗,使激光效率下降。

四、结 语

在单级激光器中,采用双棒串接方式,可以使激光器的效率和激光输出功率提高。这种方式较传统的两级或多级激光器串接方式,器件结构紧凑,调试方便。特别是这种方法使我们有可能利用质量好的短尺寸YAG棒粘接,将其串在一起,作为大功率激光器的激光介质。较之于采用单根优质大尺寸YAG晶体,器件成本降低。这也为突破目前激光器输出平均功率受Nd:YAG材料尺寸的限制,提供了一种技术途径。

对双棒串接单级YAG激光器的输出光束质量的研究正在进行。在此,对我所其他同志对本工作的协助和支持表示感谢。

本工作得到国家自然科学基金的资助。

高掺镁铌酸锂晶体的临界和非临界相位匹配条件

徐 浩* 吴瑞芬 曾政东 林文雄 黄呈辉

于桂芳 曾瑞荣 周玉平 沈鸿元

(中国科学院福建物质结构研究所, 福州)

徐观峰

(西南技术物理研究所, 成都)

摘要:基于掺5%克分子MgO的LiNbO₃晶体主折射率及温度系数的精确测量, 计算了这种晶体的临界和非临界相位匹配条件, 计算结果经实验验证, 二者相当一致。

The critical and noncritical phase-matching condition for heavily magnesium doped LiNbO₃ crystal

Xu Hao, Wu Ruifeng, Zeng Zhengdong, Lin Wenxiong, Huang Chenghui
* Yu Guifang, Zeng Ruirong, Zhou Yuping, Shen Hongyuan
(Fujian Institute of Material Structure, Academia Sinica)

Xu Guanfeng

(Southwest Institute of Technical Physics)

Abstract: Based on the accurate measurement of the principle reflective indices, temperature coefficient of LiNbO₃ crystal doped with MgO of 5% mole, the critical and noncritical phase-matching condition of the crystal are calculated in this paper. The calculation results are well fitted with experiments.

一、引 言

掺5%克分子MgO的LiNbO₃晶体大大降低了退光折变温度^[1~3], 而且把1.064μm 倍频的临界相位匹配温度提高到室温以上^[2,3], 因此引起了人们广泛的兴趣。我们在精确测量这种晶体的折射率和折射率温度系数的基础上, 确定了这种晶体在1.064μm, 1.0795μm, 1.3414μm波长下的临界相位匹配角和1.0795μm波长下的非临界相位匹配温度, 得到的结果

* 现在福州大学物理系工作。

参 考 文 献

- [1] O plus E, 1991, (142), 130
- [2] AD 733050, 1971
- [3] 叶碧青, 马忠林, 凌君达. 激光与红外, 1978, (10), 29

作者简介: 曹三松, 男, 1959年7月出生。理学硕士, 工程师, 1989年~1991年留学瑞士联邦洛桑理工学院。现从事激光器件与技术的研究工作。

收稿日期: 1992年4月24日。