文章编号:1001-5078(2012)08-0887-03

·激光器技术·

用于运动会安防工程的小型激光器的研制

段宇程,高中楠,杨慧珠
(华北光电技术研究所,北京 100015)

摘 要:介绍了一种在大型运动会安保工程使用的一种小型化无水冷激光器,激光器采用Cr^{4+}:YAG作为被动Q开关,在重复频率2 Hz情况下可获得20~38 mJ的输出能量。为改善激光器的性能如稳定性和可靠性,激光工作物质采用了Nd:Ce:YAG键合晶体,并且使用角锥棱镜作为谐振腔的高反镜。在夏天炎热天气条件下,近50台激光器工作稳定可靠。

关键词:运动会安防系统;键合晶体;小型激光器
中图分类号:TN248.1 **文献标识码**:A **DOI**:10.3969/j.issn.1001-5078.2012.08.010

Miniature solid-state laser used in games defense system

DUAN Yu-cheng, GAO Zhong-nan, YANG Hui-zhu
(North China Research Institute of Electro-optics, Beijing 100015, China)

Abstract: The paper introduces a kind of miniature laser which is used in Large Games defense system in Beijing. The laser is free of cooling water and uses Cr^{4+}:YAG as passively Q-switch. Its repetition is 2 Hz and output energy is 20~38 mJ. In order to improve the stability and reliability, Nd:Ce:YAG bonded crystal is used as active medium and a pyramid prism is used as the high reflector of the resonator. All of the 50 lasers worked well in the project in spite of the blighted outdoor operation environment in summer.

Key words: games defense system; bonded crystal; miniature laser

1 引 言

在某些应用场合,对激光器的体积、质量等要求非常苛刻,减小体积、减轻质量,提高可靠性是某些激光器改进的重点。采用激光二极管泵浦可大大提高泵浦效率(一般可提高一个数量级),但激光二极管的发射波长随着温度的变化会产生漂移(一般约为3 nm/10 ℃)。这就需要对激光二极管进行温控,使其中心波长始终与固体激光材料的主吸收峰良好匹配,以保证泵浦效率,温控的难点在于高温下制冷,目前一般采用半导体制冷器来制冷,由于半导体制冷器的制冷效率较低(需要的温差越大,效率越低),使得DPL激光器的体积、功耗大大增加,在较小平均输出功率的情况下,DPL激光器的体积、质量与灯泵激光器相比基本无优势可言,而成本却远高于灯泵激光器。因此,为了节省运动会上大批量订货的成本,采用了小型无水冷氙灯泵浦全固态激光器。本文就是微小型激光器的研制工作情况。

2 设计思想

整机要求该激光器体积小、质量轻、稳定可靠,还要满足在炎热天气条件下激光器在狭小且密闭空间内连续高温工作的特殊需求。而设计此激光器的关键问题是小型化和热稳定性问题。为了解决这些问题,进行了多种方案的研究和实验,并对几种不同类型谐振腔的激光器进行了分析对比。实验结果证明,采用半紧包型聚光器、角锥棱镜腔、

作者简介:段宇程(1979-),女,工程师,主要从事激光技术的研究工作。E-mail:dyc2001713@sina.com
收稿日期:2012-04-12;**修订日期**:2012-04-23

Cr^{4+}:YAG 被动调 Q,Nd:Ce:YAG 晶体作为工作物质的激光器,可满足上述任务要求,并可达到所有技术指标。为了进一步缩小体积并且提高器件的可靠性,选用了 Cr^{4+}:YAG 与 Nd:Ce:YAG 键合晶体,输出膜直接镀到了 YAG 晶体棒的前端。

3 激光器的基本结构

3.1 半紧包型聚光器

聚光器的选取中要尽量提高泵浦效率,还要利于散热,同时又要求泵浦均匀,以使激光光斑均匀。由于原来的激光器产品工作频率是 1/6 Hz 而此激光器的工作频率要求是 2 Hz,所以采用半紧包圆柱型聚光腔;为了对 YAG 晶体进行传导冷却,采用的方法是将聚光腔开一槽,激光棒通过所开的槽与整机外壳连接进行传导散热。其结构示意图如图 1 所示。

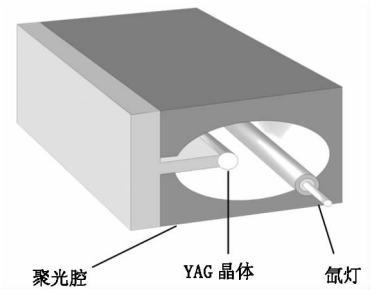

图 1 聚光器结构示意图

由于激光晶体在工作过程中的热效应,使得热传导器件输出能量和重复频率受到限制。随着输出能量的增加,工作频率的提高,激光棒的热效应随之增大,导致激光输出性能下降,激光光轴漂移。由于热传导冷却方式的散热是关于光轴非径向对称,因而给热效应的补偿带来了困难。减小热传导体与激光棒的接触角可以获得近似的关于光轴径向对称的热分布,从而用普通的透镜实现对热效应的补偿。但是,减小接触范围,同时也减弱了冷却效果,且热效应是随输入能量和重复频率的增加而不断变化的,因此,对热效应的补偿仍然很困难。采用角锥棱镜取代平行平面腔中的全反射镜,大大提高了器件的热稳定性。

3.2 角锥棱镜腔

由于入射到角锥棱镜的光线在角锥棱镜内经全内反射后,平行于入射光出射,因此谐振腔具有很强的抗失调能力;而且由于激光在谐振腔内振荡时,来回振荡的光在激光棒内有一定的平移,因此具有"匀光"效应,可消除任意方向上的热畸变效应;同时对泵浦不均匀也有一定的补偿效应,在光学上类似于平 - 平谐振腔,而抗失调能力大大强于平 - 平谐振腔。

3.3 Cr^{4+}:YAG 被动调 Q

随着 Cr^{4+}:YAG 材料的发展,被动调 Q 器件的可靠性、输出稳定性等目前得到了很大的提高,其脉冲宽度、输出稳定性等指标与主动调 Q 器件相比,现在已毫不逊色,而且可靠性可以做到更高,由于被动调 Q 开关是激光辐射自身实现的,具有设计简单、体积小、坚固且成本低的特点,而且其无电光调 Q 所无法避免的电磁干扰,这些特点尤其适合工程应用,其主要的缺点是外部控制性能的精确度不高,由于可饱和吸收体的残余吸收,被动调 Q 开关的效率较低。为了减小体积与质量,提高器件的可靠性,采用了被动调 Q 技术。

3.4 Cr^{4+}:YAG 和 Nd:Ce:YAG 键合晶体

掺钕和铈钇铝石榴石(Nd:Ce:YAG)晶体与掺钕钇铝石榴石(Nd:YAG)晶体相比,双掺晶体具有效率高(比 Nd:YAG 效率高 30% ~50%)、阈值低、抗紫外辐射、高斜率效率、热稳定性及重复频率特性好等特点。为了提高晶体对泵浦光能量的利用率和激光器的输出能量,并且降低阈值,选用了双掺 Nd:Ce:YAG 晶体。

键合晶体是指在不需要任何粘接剂的条件下,把经过抛光处理的两块激光晶体进行表面清洁、活化处理,然后将表面光滑、平整、清洁的晶体对放在一起,它们可以通过范德华力或以其他成键方式粘合在一起实现预键合,在真空或惰性气体环境中通过一定的温度热处理从而形成一个整体的技术。为了进一步减小激光器的体积及提高可靠性,采用了 Cr^{4+}:YAG 和 Nd:Ce:YAG 键合晶体。器件的光路示意图如图 2 所示。

图 2 激光器的光路示意图

4 激光器的主要技术指标

光泵的外形尺寸为 Φ5.1 mm × 68 mm,极距 38 mm,选用滤紫外石英材料,内冲氙气。

Cr^{4+}:YAG 晶体作为被动调 Q 晶体,Nd:Ce:YAG 晶体作为工作物质;两种晶体通过键合技术结合为

一体;外形尺寸为 Φ4 mm × 55 mm;双掺棒端镀部分反射介质膜,Cr^{4+}:YAG 一端镀增透膜。

激光器的外形尺寸为 128 mm × 25 mm × 20 mm,激光输出的脉冲宽度约为 10 ns。

该激光器以 2 Hz 频率长时间工作,激光器输出能量 20 ~ 38 mJ。激光电源的储能电容是 20 μF,工作电压 700 ~ 750 V,注入能量约为 5 J。在夏天炎热天气条件下,近 50 台激光测距机整机测距功能稳定。

5 结 论

研制的小型 2 Hz 激光器具有体积小、质量轻、可靠性高、抗失调能力强、无调 Q 电磁干扰、环境适应能力强、适合长时间高温工作等特点,为当年举办的某大型运动会的安全保障工作做出了贡献。在随后在上海举办的某大型博览会、广州举办的某大型运动会期间,在此基础上的改进型 1.57 μm 人眼安全激光测距机继续为这些重大赛事的安全保障工作服务。相信在以后研制的此类激光器仍然会有广阔的市场前景。

参考文献:

[1] Walter Koechner. Solid-state laser engineering[M]. 5th ed. Beijing: Science Press, 2002. (in Chinese)
W 克希耐尔. 固体激光工程[M]. 5 版. 北京:科学出版社,2002.

[2] Jin Yujian, Wang Pengfei, Pan Hu. 10 Hz 100 mJ Q-switched miniature solid laser without water cool[J]. Laser & Infrared, 2003, 33(4): 255 – 257. (in Chinese)
金煜坚,王鹏飞,潘虎. 10 Hz Q 开关 100 mJ 小型无水冷激光器[J]. 激光与红外,2003,33(4):255 – 257.

[3] Zhou Zhihu. Design of miniature laser device[J]. Laser & Infrared, 2000, 30(3): 164 – 165. (in Chinese)
周志虎. 实用小型激光器产品研制[J]. 激光与红外,2000,30(3):164 – 165.

[4] Chen Xiaoyan. The study on miniature Cr^{4+} : YAG switched repetitively conducted nature cooling(Nd, Ce): YAG laser[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 1999, 12. (in Chinese)
陈肖燕. 小型 Cr^{4+}:YAG 被动调 Q 重频热传导自然冷却(Nd, Ce):YAG 激光器研究[D]. 成都:西南交通大学,1999,12.

[5] Du Tao. Studies theoretically and experimentally on direct bonding of laser crystals[D]. Tianjin: Tianjin University, 2007, 6. (in Chinese)
杜涛. 激光晶体直接键合理论与实验研究[D]. 天津:天津大学,2007,6.