

文章编号: 1005-5630(2015)06-0547-03

一种人眼安全激光器光机系统设计

姚庆香¹, 陈宝华¹, 高雪萍¹, 徐 文²

(1. 苏州科技学院 数理学院, 江苏 苏州 215009; 2. 苏州亿帝电子科技有限公司, 江苏 苏州 215011)

摘要: 设计一种紧凑型人眼安全激光器的结构装置, 并用 Zemax 软件设计用于激光器发射和接收的光学系统。该装置结构简单, 加工组装方便, 成本低廉, 能够实现批量生产, 光学系统很好地控制了激光发散角, 满足测距仪的性能要求。

关键词: 人眼安全激光器; 结构装置; 光学系统

中图分类号: O 436 **文献标志码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1005-5630.2015.06.016

An optical and mechanical system design of an eye-safe laser

YAO Qingxiang¹, CHEN Baohua¹, GAO Xueping¹, XU Wen²

(1. School of Mathematics and Physics, Suzhou University of Science and Technology, Suzhou 215009, China;

2. Suzhou YIDI Electronic Technology Co., Ltd., Suzhou 215011, China)

Abstract: A compact structure for an eye-safe laser, and the transmitting and receiving section of the optical system are designed by Zemax software. It can be easily assembled and mass produced based on a simple structure. The cost of this device is low. The optical system can control the divergence angle of the laser, and meet the performance requirements.

Keywords: eye-safe laser; structure device; optical system

引 言

目前广泛使用的 $1.06 \mu\text{m}$ 激光测距仪容易带来人眼损伤甚至致盲的危险, 因此各国竞相研制新的人眼安全激光测距仪^[1]。研究表明: 波长 $1.5 \sim 1.6 \mu\text{m}$ 的激光在辐射人眼时大部分会被晶状体吸收, 只有小部分到达视网膜, 对人眼损伤低, 因此这一波段内的激光被称为人眼安全激光。为了携带方便和测距灵活, 研制小型化、轻量化的人眼安全激光测距仪已成为国内热点, 其中人眼安全激光器的结构大小对测距仪整体尺寸有着较大影响, 因此激光器结构的研制在测距仪整个设计中占有重要的作用。

本文设计一种紧凑型人眼安全激光器的结构装置, 该结构选用铝材, 能够减轻整体重量, 装置将调 Q 晶体 $\text{Cr}^{4+}:\text{YAG}$ 、工作物质 $\text{Nd}:\text{YAG}$ 晶体和非线性晶体 KTP 紧密结合, 有效减少了整体长度。用 Zemax 软件设计用于激光器发射和接收的光学系统, 将激光发散角控制在 1 mrad 以下。

1 原理

如图 1 所示的 $1.57 \mu\text{m}$ 人眼安全激光器工作原理图^[2], 从左至右分别为全反镜, 可饱和调 Q 晶体掺铬钕

收稿日期: 2015-07-17

基金项目: 六大人才高峰(DZXX-149); 2012 年与 2013 年江苏省企业研究工作站; 2014 年江苏省大学生实践创新训练项目; 2015 年江苏省研究生教改项目资助; 苏州市应用基础研究计划项目(SYG201323); 江苏省产学研前瞻性联合研究项目(BY2013031)

作者简介: 姚庆香(1962—), 女, 本科, 从事精密仪器与图像信息处理方面的研究。E-mail: yao62@mail.usts.edu.cn

通信作者: 陈宝华(1990—), 男, 硕士研究生, 从事光学设计与图像信息处理方面的研究。E-mail: 1192166284@qq.com

铝石榴石(Cr⁴⁺:YAG),工作物质掺钕钇铝石榴石(Nd:YAG),泵浦源氙灯和倍频晶体磷酸氧钛钾(KTP)。其中全反镜镀 1.06 μm 的全反膜,Cr⁴⁺:YAG 晶体的透过率为 33%,KTP 晶体的左表面镀 1.06 μm 的增透膜和 1.57 μm 的高反膜,右表面镀 1.06 μm 的高反膜和 1.57 μm 的半透膜。在结构设计中,将Cr⁴⁺:YAG晶体、Nd:YAG 晶体和 KTP 晶体各部件紧密结合,缩短激光器的长度。

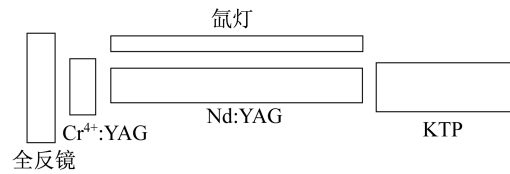


图 1 1.57 μm 人眼安全激光器
Fig. 1 1.57 μm eye-safe laser

2 结构

图 2 和图 3 所示为根据图 1 各工作元件和结构设计的紧凑、轻便型人眼安全激光器装置^[3]。该结构所选材料为铝制。在图 3 剖面视图中,1 为全反射镜座固定部件,2 为被动调 Q 晶体 Cr⁴⁺:YAG 和工作物质 Nd:YAG 的连接件,3 为激光器外壳,4 是磷酸氧钛钾(KTP)晶体的固体部件。

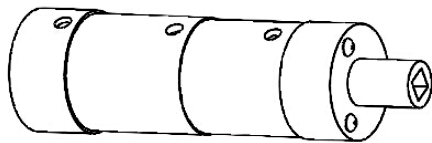


图 2 激光器装置
Fig. 2 Laser device

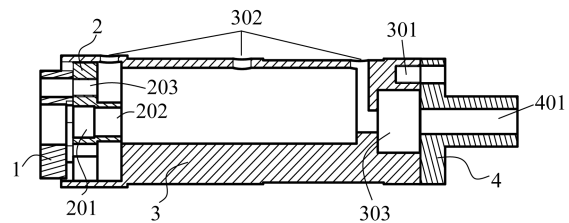


图 3 剖面视图
Fig. 3 Sectional view

图 4 为人眼安全激光器各部件结构图,其中(a)为全反射镜座的固定部件,101 为全反射镜的固定孔,102 为调整垫,调整垫厚度易于打磨,可用于平行性调节,103 为通孔,螺丝通过通孔将反射镜座和被动调 Q 和工作物质连接件组装在一起。201 为 Cr⁴⁺:YAG 的安放位置孔,202 是 Nd:YAG 的固定孔,203 为螺纹孔,204 为通孔,螺丝通过通孔连接激光器外壳左侧的内置螺纹孔,并固定部件(b)和激光器外壳(c),205 为氙灯固定槽。激光器外壳内部安置氙灯,其中 301 为螺纹孔,连接 KTP 固定部件(d),302 是氙灯引线孔。在图 4(d)中 401 为安放 KTP 晶体的方孔,402 是通孔,螺丝通过通孔连接激光器外壳上右侧的三个螺纹孔,并固定激光器外壳(c)和 KTP 固定部件(d)。KTP 晶体两面镀膜,取代了一面谐振腔,从而进一步压缩了人眼安全激光器的整体长度,用铝作为激光器外壳的材料,既控制了成本又减轻了激光器的重量。

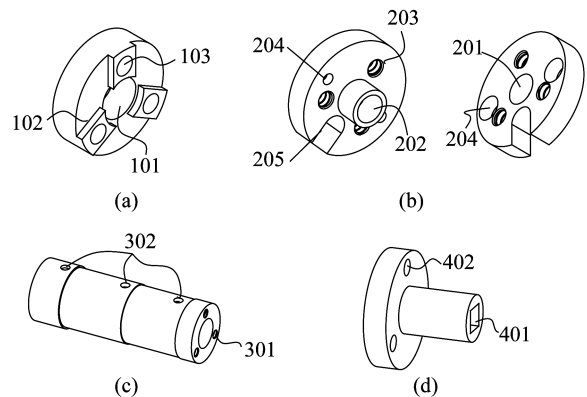


图 4 各部件结构图
Fig. 4 Structure of the components

3 光学系统设计

3.1 系统设计

光学系统设计的目标是将 1.57 μm 激光光束,5 mrad 的发散角压缩到 1 mrad 以下,而且该系统必须能够很好地校正光束各类像差,如球差、彗差、像散以及垂轴色差等^[4]。同时考虑到测距仪要求加工、组装方便等特点,本文采用一个单透镜和一组双胶合透镜的组合结构作为激光器的发射和接收部分^[5],利用 Zemax 的优化功能设计出如图 5 的光学系统,从表 1 中可以看出各个透镜都是常用玻璃且为球面,有利于机械加工和成本控制。

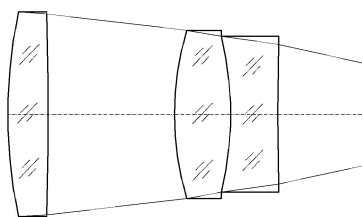


图5 激光发射和接收系统

Fig. 5 Laser transmitting and receiving system

表1 透镜参数

Tab. 1 Lens parameters

表面	半径/mm	厚度/mm	玻璃
1	88.976	6.910	BK7
2	-655.498	22.200	
3	39.726	9.700	BK7
4	-57.895	8.200	F2
5	529.615	51.212	

3.2 像质评价

从系统点列图和调制传递函数(MTF)评价设计的光学系统。

图6点列图中的艾里斑半径为 $4.392\ \mu\text{m}$,从图中可以看出系统各个视场的均方根半径都小于 $3\ \mu\text{m}$,根据设计经验,当点列图中弥散斑的80%集中于艾里斑半径之内,可以认为系统是完善的。从图7中可以看出,在 $50\ \text{lp/mm}$ 处的MTF为0.75,接近衍射极限。综上所述该光学系统设计合理,加工容易,成本低廉,可以用于人眼安全激光器的发射和接收部分。

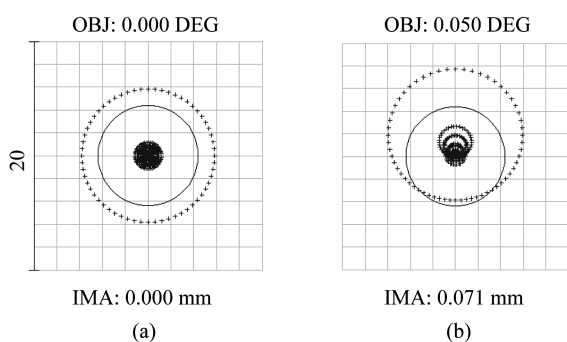


图6 点列图

Fig. 6 Spot diagram

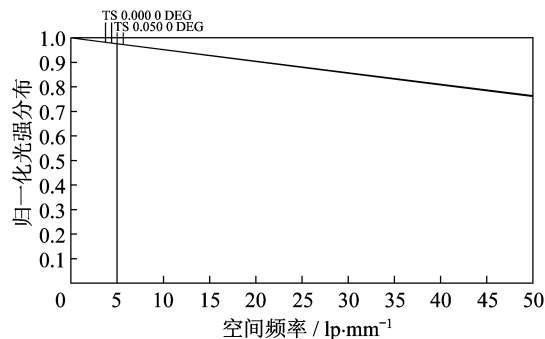


图7 调制传递函数

Fig. 7 Modulation transfer function

4 结论

本文给出一种紧凑型人眼安全激光器的结构装置,该结构选择铝作为材料,能够减轻整体重量。此装置将调Q晶体 $\text{Cr}^{4+}:\text{YAG}$ 、工作物质 $\text{Nd}:\text{YAG}$ 晶体和非线性晶体KTP紧密结合,有效减少了整体长度,能够实现测距仪的小型化和轻量化。用Zemax软件设计了激光器的光学系统,并通过分析得知该光学系统各项指标符合测距仪的性能要求,可以用于人眼安全激光器的发射和接收。

参考文献:

- [1] 时顺森,金锋,翟刚,等. 二极管泵浦人眼安全 $1.57\ \mu\text{m}$ OPO激光器[C]. 第十五届全国红外科学技术交流会暨全国光电技术学术交流会,2001.
- [2] 牛志强,李宇飞,孙渝明,等. $1.57\ \mu\text{m}$ 内腔式 OPO 激光输出特性的研究[J]. 光电子·激光,2006,17(5):641-643.
- [3] 姚庆香,陈宝华,吴泉英,等. 苏州科技学院;苏州亿帝电子科技有限公司;苏州一光仪器有限公司;一种人眼安全激光器的固定装置[P]. 中国实用新型专利. 江苏;32,201420823344,2015-5-6.
- [4] 柳丽群,吴泉英,范君柳,等. 对称式人眼安全激光测距仪光学系统的设计[J]. 激光与光电子学进展,2013,50(6):119-124.
- [5] 迟泽英,陈文建. 应用光学与光学设计基础[M]. 南京:东南大学出版社,2008. 316-318.

(编辑:张磊)