

文章编号: 0258-7025(2010)03-0804-05

基于多波段模拟激光光源技术的激光 设备检测方法

陈志斌 薛明晰 侯章亚 李义照

(军械工程学院军械技术研究所, 河北 石家庄 050000)

摘要 运用模拟光源对光电仪器进行检测与标定是光电装备故障诊断与维修的重要方法之一,在同一检测平台上对不同波长的各种激光装备进行检测,单一波长光源已经很难满足要求。通过采用自主研发的多波段模拟光源,以及集光电测控和光电信息采集、分析、处理于一体的光电检测平台,提出了能够检测多种波长激光设备的检测方法及其检测维修的可行性验证实验装置,经实验验证表明,该方法适用于 1.06, 0.9 和 1.55 μm 等多种波长、不同脉宽激光检测的需要,集成化程度高,体积质量小,野外条件下检测操作简易可行。

关键词 测量;多波段模拟激光;激光设备检测;激光功率;激光光斑

中图分类号 O436;TN247

文献标识码 A

doi: 10.3788/CJL20103703.0804

Testing Method of Laser Equipment Based on Multi-Wavelength Simulated Laser Source Technique

Chen Zhibin Xue Mingxi Hou Zhangya Li Yizhao

(Ordnance Institute of Technology, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang, Hebei 050000, China)

Abstract Using the simulated laser source for optoelectronic instrument testing and calibrating is one of the important methods of optoelectronic equipment fault diagnosis and protection. Under the same platform, for testing laser equipments with different wavelengths, a single wavelength laser source is difficult to meet the requirements of them. In this paper, by using independently developed muliti-wavelength simulated laser source and the optoelectronic testing platform with the function of optoelectronic testing and controlment, information collection, analysis and processing, a testing method of laser equipments with several different wavelengths is proposed. Experiment shows, the method is appropriate to detect the laser sources with multi-wavelength and different pulse widths, such as 1.06 μm , 0.9 μm and 1.55 μm , etc. Due to high integration and small bulk, the operation of testing is convenient in field condition.

Key words measurement; multi-wavelength simulation laser; testing of laser equipment; laser power; laser spot

1 引 言

在激光设备的维修和保障过程中,利用特定波长的激光信号模拟器模拟激光脉冲信息是评价激光设备接收性能的一种主要手段。就目前的光电装备保障工作对象而言,常见的脉冲激光波长有 0.9, 1.06, 1.55 μm 等,脉宽范围在十纳秒级到百纳秒级甚至微秒级不等^[1]。基层装备保障单位对维修与保障工作的实际需要,使实现多波段综合化、集成化测试以降低保障成本与负荷的要求日益增多。本文以

自行研制开发的光电测试平台为实验平台,以及采用集成化组合式光学设计和多波段综合测试技术的脉冲激光信号模拟器,有针对性地根据上述问题提出了一种实用的激光设备测试手段。

2 多波段激光信号模拟器的设计

设计了一种多功能激光信号模拟光源,它能模拟人眼安全激光测距机、半主动激光束制导、测距、激光驾束制导及激光指令制导等武器系统中激光发

收稿日期: 2009-04-17; 收到修改稿日期: 2009-07-08

作者简介: 陈志斌(1965—),男,博士,研究员,主要从事光电测试计量技术及仪器、红外目标的自动识别与跟踪等方面的研究。E-mail: shangxinboy@163.com

射器发射的激光信息。可用于 1.06 μm 波长激光测距机、人眼安全 1.55 μm 激光测距机、激光驾束制导、激光半主动制导及激光指令制导的模拟检测。

2.1 发射光学系统的设计

2.1.1 成像质量的评价

设 Q 为发射光学系统的质量评价指标, Q 的优劣主要与 3 个因素相关^[2]

$$Q = f(\eta, \delta L', \Delta l'_{\text{FC}}),$$

式中 η 为光学系统的聚光效率, $\delta L'$ 为光学系统的轴向球差, $\Delta l'_{\text{FC}}$ 为光学系统的位置色差。

通常, 发射光学系统的有效孔径 D 取决于待测设备的要求, 故为常数。为提高模拟光源的发射效率, 要求之一就是汇聚角 U' 越大越好, 这就使光学系统的后截距 l' 尽可能地短一些, 如图 1 所示。

为达到 4 种波长激光“四合一”的目的, 在光源

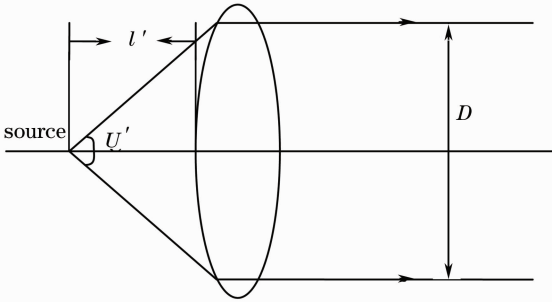


图 1 提高发射效率的方法

Fig. 1 Method of advancing emission efficiency

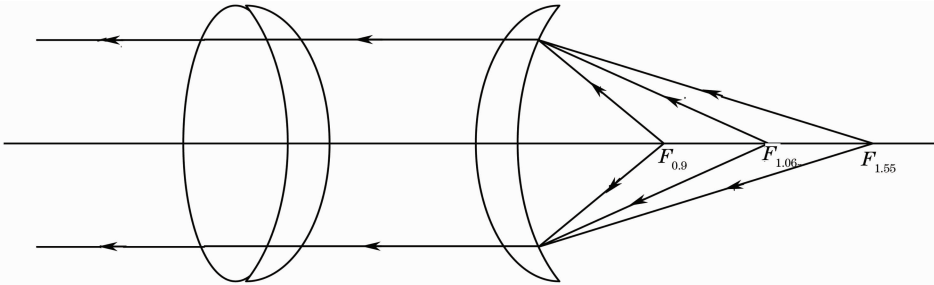


图 2 发射光学系统

Fig. 2 Emission optical system

2.2 激光发射器及驱动电路的设计

2.2.1 激光模拟发射器

4 种激光模拟器是本系统的核心部件, 其中驾束制导模拟器采用波长为 1.06 μm 的发光二极管(LED), 驱动该管的脉冲序列由 5 种不同频率的信号组成, 由计算机控制的编码及驱动电路实现。1.06, 0.9 和 1.55 μm 激光模拟发射器均由对应波长的半导体激光器和相应的窄脉冲驱动电路组成。

2.2.2 驱动电路

窄脉冲半导体激光器驱动电路的原理框图如

与光学系统间必须加入分光系统^[3]。因此, 提高聚光效率的要求之二为分光系统与光学系统的镜片透过率要高。为提高光学系统成像质量, 理论上还要求 $\delta L'$, 及 $\Delta l'_{\text{FC}}$ 同时为零^[4]。因此为全面折衷满足 $\eta, \delta L', \Delta l'_{\text{FC}}$ 的要求, 可通过改变玻璃材料的折射率 n , 色散系数 ν'_d , 透镜的厚度 d 及间隔 l 等参数来实现, 写成

$$Q = a_1 \frac{\partial \delta L'}{\partial \eta \partial R} + a_2 \frac{\partial \Delta l'_{\text{FC}}}{\partial \nu'_d} + a_3 \frac{\partial \eta}{\partial l \partial d}.$$

理论上前两项为零时, $\delta L', \Delta l'_{\text{FC}}$ 达到最小值; 而最后一项达到极大值时, η 最高。此时 Q 为最佳值。

2.1.2 光学系统的组成

如图 2 所示, 发射光学系统采用了具有高发射效率的三片弯月形结构的的光学系统, 其中左边物镜的玻璃材料分别为 K9 和 F4, 曲率半径分别为: $R_1 = 105 \text{ mm}, R_2 = -43.476 \text{ mm}, R_3 = -189.087 \text{ mm}$; 中心厚度分别为 $d_1 = 11 \text{ mm}, d_2 = 3 \text{ mm}$; 右边弯月镜采用重火石玻璃 ZF7, 曲率半径 $R_4 = 38 \text{ mm}, R_5 = 78.89 \text{ mm}$ 。

光学系统的特点是: 1) 发射角较大且与模拟光源的半导体激光器中发散角最大的激光器发散角大小基本匹配; 2) 对不同波长的模拟光源均有良好的准直质量, 即分别位于不同焦平面的各波长光源, 其发射的发散光束, 经此光学系统成像后, 均能在像空间获得一束平行性很好的光束投射出去, 模拟无穷远的理想目标。

图 3 所示。限流器起恒流源作用, 使矩形脉冲形成电路工作在稳定状态, 保证发光稳定。触发脉冲整形电路的作用是将延时器提供的延时脉冲进一步整形, 使上升沿变成很陡的窄脉冲。矩形脉冲形成电路由雪崩三极管组成, 当整形后的矩形脉冲到来后, 雪崩管导通, 在不到 2 ns 的时间内完成全部放电过程。无脉宽控制时雪崩管截止, 有脉宽控制时雪崩管导通时间等于脉宽控制时间, 于是形成要求的脉宽波形。为更好地驱动半导体激光器发光, 还需要匹配和削峰电路达到相互匹配并消除尖峰的作用, 使脉冲波

形更好。为获得高速大电流脉冲输出,在设计中主脉冲采用雪崩晶体管电路。该电路输出电阻低,输出电流大,形成的矩形脉冲宽度为 20 ns,前后沿变化快,脉冲宽度和幅度的稳定性小于 1%,使半导体激光器形成波形好且峰值功率稳定的脉冲激光。

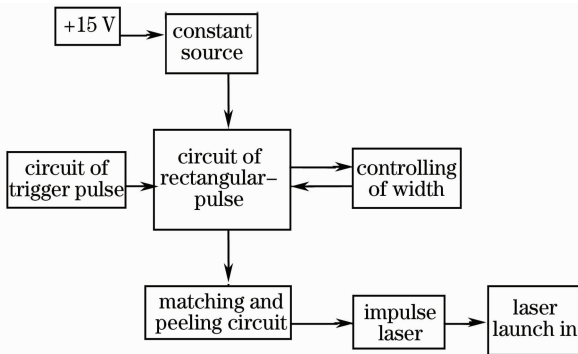


图 3 窄脉冲半导体激光器驱动电路

Fig. 3 Driver electrocircuit of narrow impulse of semiconductor laser

由于 1.55 μm 型半导体激光器所需阈值电流大,且使用中要求能形成 10 ns 左右的窄脉冲,目前国内尚无如此高响应速度的微型高功率驱动电路。因此为 0.9 和 1.55 μm 半导体激光器设计了一种窄脉冲驱动电路模块。该模块可提供脉宽为 5~20 ns 的窄脉冲驱动信号,以满足不同脉宽激光脉冲信号驱动的要求,且驱动电流从 5~50 A 持续可调,

同时也满足了不同阈值激光管发光驱动的需要。其等效电路和输出波形如图 4 所示。

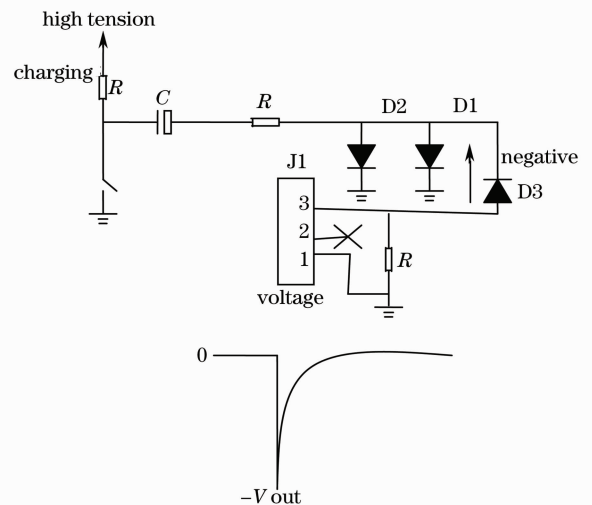


图 4 窄脉冲驱动模块等效电路及输出波形

Fig. 4 Equivalent circuit diagram of narrow impulse driver module and output waveform

该驱动模块输入直流高压范围为 0~195 V,由此控制其输出驱动电流从 5~50 A 可调。根据使用要求,本系统中此电压仅选用 +15 V,既满足需要,也降低了对测试平台供电电源的要求。

2.3 多波段切换与变焦结构设计

本设备虽集 4 种激光模拟器于一体,但使用时只能选择其中之一工作,其坐标位置如图 5 所示。

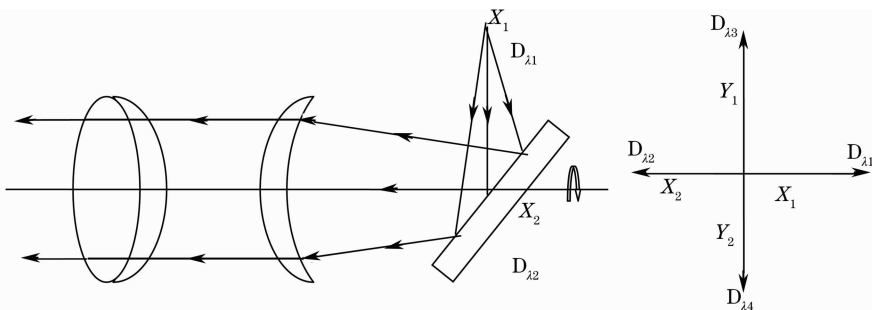


图 5 四合一模拟光源的坐标位置示意图

Fig. 5 Scheme of simulated laser source position

4 种激光管的发光面分别位于发射光学系统的 0.9, 1.06, 1.06 和 1.55 μm 焦平面上,设 4 种激光管分别标为 $D_{\lambda 1}$, $D_{\lambda 2}$, $D_{\lambda 3}$, $D_{\lambda 4}$, 它们居于同一平面内,但其坐标 X_1 , X_2 , Y_1 , Y_2 依发射光学系统的焦距而变。当全反射平面镜转轴转动时,可依次使 $D_{\lambda 1}$, $D_{\lambda 2}$, $D_{\lambda 3}$, $D_{\lambda 4}$ 分别进入并锁定工作位置,进入各自的工作状态。

3 激光模拟器检测方法的可行性验证

3.1 实验装置

由自主研发设计的光电检测平台,对 4 种模拟激光光束的功率特性及光斑质量进行了测试,实验装置如图 6 所示。

3.2 激光光斑质量的检测

仅选用四合一光源中的 1.06 μm 激光模拟器

为实验对象。激光器发出的光束经检测平台上的图像采集设备采集后输入计算机,采集到的激光光斑图像如图 7 所示。再经专门软件处理后,分别得到光斑尺寸、质心和光强的分析结果如图 8~10 所示。图 8 的

光斑尺寸(直径)为 73.2939300 pixel(0.79157444 mm) 图 9 所示光斑质心坐标 x 轴为 548 pixel, y 轴为 322 pixel。

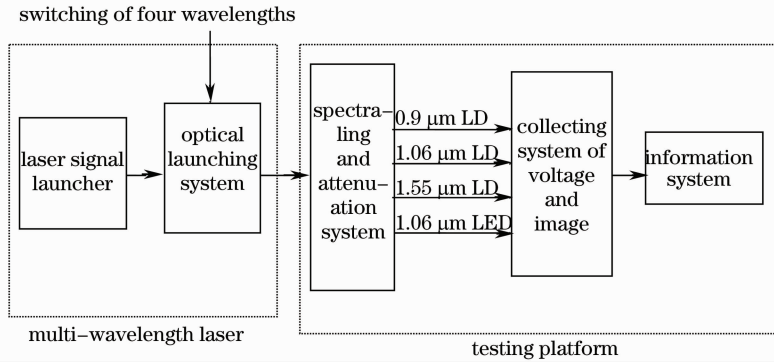


图 6 多波段激光检测方法验证装置原理框图

Fig. 6 Schematic diagram of testing method of multi-wavelength laser

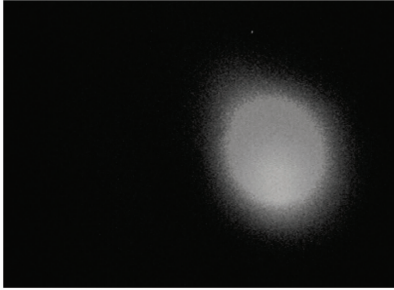


图 7 激光光斑图像

Fig. 7 Image of laser spot

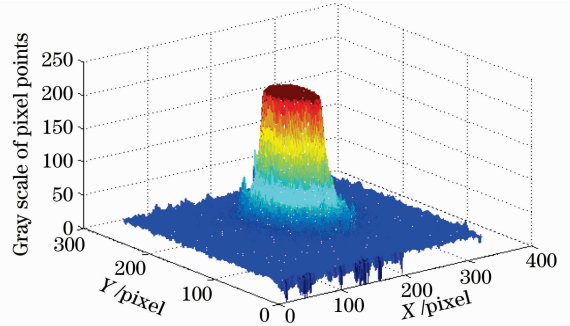


图 10 三维光强分布图

Fig. 10 Graph of light distribution

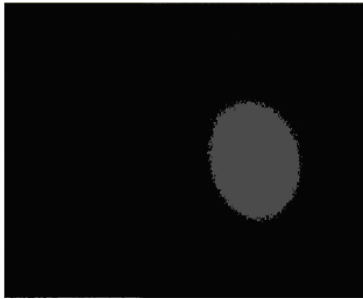


图 8 光斑尺寸分析

Fig. 8 Measuring size of laser spot

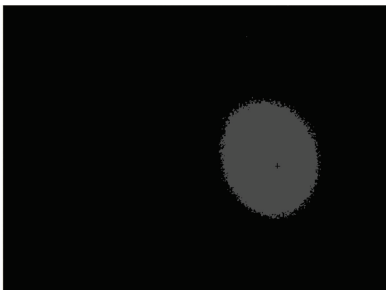


图 9 光斑质心分析

Fig. 9 Measuring barycenter of laser spot

由实验结果可以看到,1.06 μm 激光光斑的形状完好、质量分布均匀、光强分布符合技术指标,说明该激光器所发出的激光光束质量良好,可以满足实际装备保障与维修的需要。

3.3 激光功率检测

选用 0.9 μm , 1.06 μm 两种激光模拟器为实验对象,发出的激光通过检测平台上的电压采集卡采集后输入计算机,经专门软件处理后输出波形如图 11,12 所示。

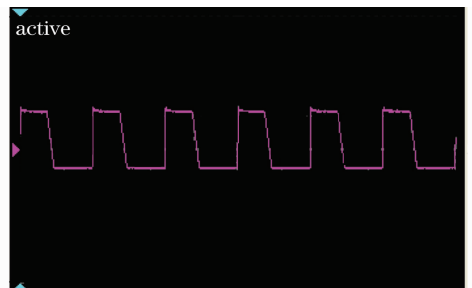


图 11 0.9 μm 激光器输出波形

Fig. 11 Output waveform of 0.9 μm laser

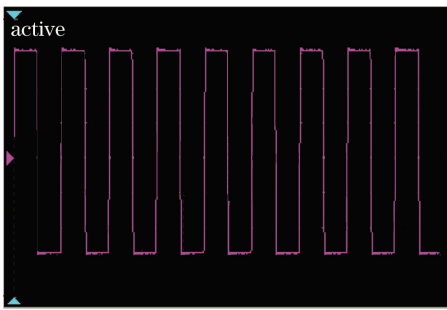


图 12 1.06 μm 激光器输出波形

Fig. 12 Output waveform of 1.06 μm laser

从实验结果可以看出,两种激光器输出的脉冲激光波形好、峰值功率稳定,且大小符合技术指标规定的要求($>10\text{ mW}$)。

4 结 论

设计了一种新的激光发射器驱动模块,实现了窄脉宽、不同阈值的激光脉冲信号驱动;实现了 3 种波段、4 种激光信号的综合检测的集成,检测设备体积小、重量轻,可有效进行野外条件下的激光装备检测;高度的集成化降低了制造成本与保障成本,便于向基层单位推广。

为了更好地对设备进行检测,在现有基础上,针对 1.06 μm 激光发射器驱动模块做出进一步研究,

从而提供一种脉宽窄、响应快、适用范围广、通用性强的工程化驱动电路;对于多波段激光信号模拟器机械结构的稳定性和可靠性做出有效评估和改进,确保野外条件下激光光束的质量;尝试把手动操作的模拟激光器切换变焦机构改进为步进电机自动控制的机构,从而进一步提高自动化程度。

参 考 文 献

- 1 Yang Hongru. The novel high-energy laser weapons and optical metrology test technology for high-energy laser[J]. *J. Applied Optics*, 2005, **26**(2): 1~6
杨鸿儒. 新概念高能激光武器与强激光光学计量检测技术[J]. *应用光学*, 2005, **26**(2): 1~6
- 2 Zhang Xiaozhou, Du Gaoshe, Liu Xunzhang. Testing system for pulsed laser rangefinder(LRF) [J]. *J. Applied Optics*, 1998, **19**(6): 12~16
张晓舟, 杜高社, 刘训章. 脉冲激光测距机检定测试设备[J]. *应用光学*, 1998, **19**(6): 12~16
- 3 Zhao Dong, Liu Liren, Wang Jiming *et al.*. Laser ranging by simultaneous switching of transmitting and receiving beams[J]. *Chinese J. Lasers*, 2006, **33**(3): 391~395
赵 栋, 刘立人, 王吉明 等. 发射和接收光束同时开关的激光测距法[J]. *中国激光*, 2006, **33**(3): 391~395
- 4 Pang Ming, Yu Gang, Liu Zhao *et al.*. Dissimilar metal of K418 and 42CrMo full penetration laser welding [J]. *Chinese J. Lasers*, 2006, **33**(8): 1122~1126
庞 铭, 虞 钢, 刘 兆 等. K418 与 42CrMo 异种金属的激光穿透焊接[J]. *中国激光*, 2006, **33**(8): 1122~1126