

·光电系统·

## 成像法中波红外激光远场功率测量系统

时文远, 董亮

(中国电子科技集团公司光电研究院, 天津 300000)

**摘要:**设计开发了一套基于成像法的中波红外激光远场功率测量系统,给出了成像法测量远场激光功率密度分布的基本原理。利用漫反射靶板将激光的功率分布信息采集至中波红外热像仪,并在靶板的特征位置上安装功率探测器,将光斑图像灰度信息与激光功率探头所测的实际功率值进行信息融合,得出灰度值与功率密度的映射关系,进而推测激光远场功率密度分布。此系统测量误差小,且系统简单、可靠,适于各种条件下的中波红外激光远场功率密度测量,可满足目前大功率红外激光干扰装备的测量需求。

**关键词:**中波红外激光;远场光斑;成像法;图像与数据分析

中图分类号:TN249

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2015)-02-0011-03

## Mid-IR Laser Far-field Power Measurement System Based on Imaging Method

SHI Wen-yuan, DONG Liang

(Academy of Opto-Electronics, China Electronics Technology Group Corporation (AOE CETC), Tianjin 300000, China)

**Abstract:** A set of Mid-IR laser far-field power measurement system based on imaging method is designed and developed. The basic principle of imaging method for measuring far-field laser power density distribution is introduced. The diffuse-reflective board is used to collect laser power distribution information to a Mid-IR thermal imager. And a power detector is installed on the feature position of the board to fuse spot image grey information and actual power value measured by a laser power probe. And the mapping relationship between grey value and power density is obtained to estimate laser far-field power density distribution. The system has low measurement error and it is simple, reliable and suitable for Mid-IR laser far field power density distribution measurement under different conditions, which can meet the present measurement requirements of high-power IR laser jamming equipments.

**Key words:** Mid-IR laser; far-field spot; imaging method; image and data analysis

中波红外激光作为干扰光源,可对红外导引头及红外观瞄设备实施压制式干扰<sup>[1-4]</sup>,激光器远场功率密度分布是评价其作战效能的重要指标。通用的激光功率测量设备多基于近场,并且因接收口径有限,只能检测到很小特定区域内的激光功率,激光远场光斑通常可达数米,这类设备不能满足激光远场功率密度检测的需要。远场激光的测量通常采用探测器点阵法和成像法<sup>[5-10]</sup>。探测器点阵法利

用一定数量的功率探测器按特定点阵排列对光斑分布进行空间采样,通过后续处理得到光斑的形状及功率分布。成像法利用漫反射板将激光的功率分布信息漫反射至成像设备,同时利用漫反射靶板上的功率探测器测量单点的绝对功率密度,进而利用这一绝对功率密度对光斑的相对功率分布进行标定,得到光斑的绝对功率密度分布。与探测器点阵法相比,成像法分辨率高、信息量大、系统复杂性

收稿日期:2015-03-18

作者简介:时文远(1984-),男,山东临沂人,硕士,工程师,主要研究方向为光电工程与效能评估技术研究;董亮(1982-),男,吉林松原人,硕士,工程师,主要研究方向为光电工程与效能评估技术研究。

更低,目前国内外已对该方法进行了许多研究与应用,但探测激光多为近红外激光。文中采用成像法作为远场激光光斑测量手段,采用中波红外热像仪和红外探测器为主要探测部件,实现中波激光光斑远场高精度测量。

## 1 系统组成及测量原理

系统主要设备包括红外探测器、功率测量及时统信号产生模块、红外热像仪、漫反射板和主控计算机,系统组成框图如图1所示。

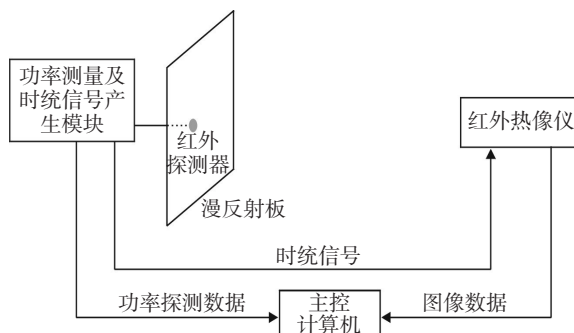


图1 系统组成框图

系统工作原理为:激光远距离传输后照射到漫反射板上,通过已标效过的红外探测单元直接测量相应位置到靶功率,红外热像仪探测漫反射板上光斑图像。利用红外探测阵列测量值与相邻位置光斑灰度值插值计算远场光斑各位置功率值,通过整体积分累加的方式确定远场总功率。其中功率测量及时统信号产生模块采用积分方式进行功率测量,并同时产生时统信号使红外热像仪进行图像采集。

根据文献[6]结论,当实验设备及实验条件确定不变时,远场激光的功率密度只与红外热像仪观测离轴角有关,当CCD相机与漫反射靶板距离较远,且漫反射板处光斑直径在一定区域内,可以近似地认为,远距离测量时,激光功率密度与图像灰度之间成线性关系,公式如下

$$J = aG + b \quad (1)$$

式中, $J$ 代表功率密度; $G$ 代表灰度值; $a$ 、 $b$ 为常数。确定 $a$ 、 $b$ 的值,就确定了灰度值与功率密度的映射关系。

## 2 系统设计

### (1) 红外探测器

根据探测激光波长要求选择某公司生产的红外光电探测器,其光敏面直径为0.1 mm,光谱响应范围为2.5~6  $\mu\text{m}$ ,探测灵敏度为1 A/W,工作时无需偏压,电路结构简单。

### (2) 功率测量及时统信号产生模块

功率测量及时统信号产生模块由红外探测器功率测量电路和时统信号产生电路组成,如图2所示。

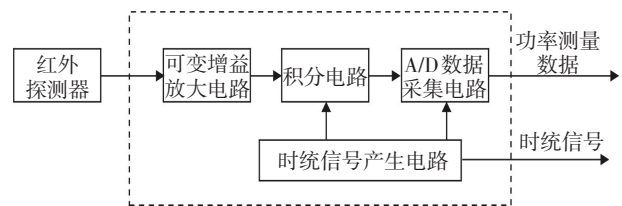


图2 功率测量及时统信号产生模块电路组成框图

红外探测器功率测量电路包括可变增益放大电路、积分电路和A/D数据采集电路。红外探测器光敏面接收激光照射信号,经光电转换将光信号转换成电信号,并经可变增益放大得到光功率对应的电压值,在同步信号触发下经积分电路对一段时间内激光功率进行累加,在采样结束后启动A/D数据采集电路,并与时标信息绑定后上传。

同步信号和时标信息由时统信号产生电路输出,同步信号为脉冲信号,信号格式为差分,这一信号形式抗干扰能力强、传输距离远;时标信息由时间芯片产生,由RS422串口发送到主控计算机,同步信号和时标信息由FPGA芯片保持时序同步。

### (3) 红外热像仪

红外热像仪视场角为 $14.1^\circ \times 10.6^\circ$ ,像素数为 $640 \times 480$ ,单像素 $0.022^\circ \times 0.022^\circ$ ,可根据同步信号进行成像,并将接收到的时标信息打在图像数据后,将图像数据与功率测量数据建立一一对应关系。

## 3 数据采集与处理软件

数据采集与处理软件主要功能由自检、工作参数装订、数据采集、实时数据处理、显示、保存等模块组成,系统工作流程如图3所示。

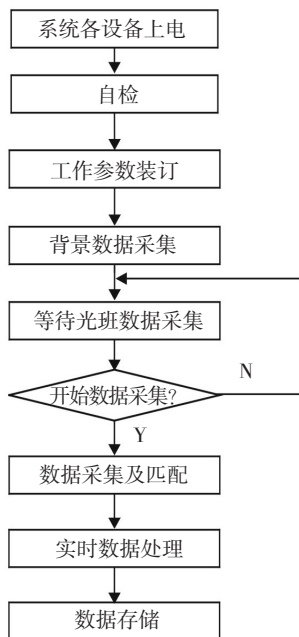


图3 系统工作流程

数据采集与处理软件将红外探测单元功率数据和红外热像仪图像数据进行匹配,如图4所示。计算获得光斑的功率密度分布、总功率等参数,并对其进行显示、存储。

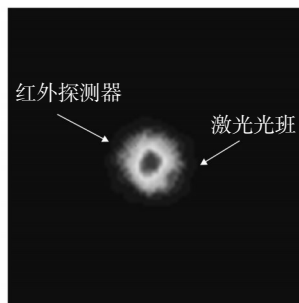


图4 红外热像仪对远场激光光斑成像

## 4 结论

构建了基于成像法的中波红外激光远场光斑

测量系统,该系统模块化设计,便于扩展与升级。在激光功率密度模型的基础上,进行了特定条件下的简化,提高了激光功率密度模型的实用性。该测量系统适用于中波红外高能激光系统调试和参数监测远场光斑测量,下一步将主要开展系统的工程化和可靠性优化升级的研究,并通过精细标定,进一步提高系统的测量精度。

## 参考文献

- [1] 赵霜,方有培. 红外成像制导及其干扰技术[J]. 红外与激光工程,2006,36:197-201.
- [2] 吴超,李富栋. 红外有源对抗技术的发展动向与分析[J]. 舰船电子工程,2006,34(9):28-31.
- [3] 李海刚,张洁. 激光红外干扰技术的发展动向与分析[J]. 舰船电子工程,2014,34(69):9-13.
- [4] 李钟敏,张海庄. CCD摄像法测量激光远场光斑中图像校正和能量修正算法研究[J]. 光学与光电技术,2011,9(2):19-21.
- [5] 叶征宇,宋海平. 强激光远场光束质量参数的测试[J]. 强激光与粒子束,2011,23(1):87-91.
- [6] 张宝东,秦石乔. 成像法测量脉冲激光远场功率密度的模型及不确定度分析[J]. 强激光与粒子束,2008,20(9):1417-1420.
- [7] 王省书,秦石乔,胡春生,等. 点阵式远场激光光斑监测系统的设计与实现[J]. 光电子·激光,2006,17(8):974-977.
- [8] 杨鹏翎,冯国斌,王振宝,等. 测量中红外激光远场光斑的光电阵列靶斑仪[J]. 中国激光,2010,37(2):521-525.
- [9] 贾养育,任劲. 基于探测器阵列的激光远场光斑测量系统[J]. 激光与红外,2009,39(12):1324-1327.
- [10] 杨鹏翎,冯国斌. 中红外高能激光光斑探测器[J]. 中国激光,2009,36(8):1979-1985.