

·测试、试验与仿真·

## 激光探测灵敏度精确测量技术

王旭, 张延坤

(某部驻沈阳地区军事代表办事处, 辽宁 锦州 121000)

**摘要:** 主要介绍激光探测灵敏度精确测量技术。采用激光光束均匀化整形技术和激光衰减数控调整等先进技术实现对激光探测灵敏度的精确测量, 经相关试验验证, 对激光探测灵敏度检测可输出激光功率密度范围为 $0.32 \times 10^{-6} \sim 1.43 \text{ W/mm}^2$ , 不确定度变化范围为2.0%~9.1%, 动态范围为66 dB。

**关键词:** 精确测量; 均匀化整形; 数控调整

中图分类号: TN249

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2013)-05-0078-03

## Accurate Measurement Technology of Laser Detection Sensitivity

WANG Xu, ZHANG Yan-kun

(Military Representative Office in Shenyang, Jinzhou 121000, China)

**Abstract:** Accurate measurement technology of laser detection sensitivity is mainly introduced. The accurate measurement of laser detection sensitivity is realized by some advanced technologies such as the homogenization shaping technology of laser beam and the number control (NC) adjustment technology of laser attenuation. Verified by relative experiments, the range of output power density of laser detection sensitivity testing is  $0.32 \times 10^{-6} \sim 1.43 \text{ W/mm}^2$ , the uncertainty changing range is 2.0%~9.1% and dynamic range is 66 dB.

**Key words:** accurate measurement; homogenization shaping; number control (NC) adjustment

### 1 激光探测灵敏度检测技术现状

激光探测灵敏度检测手段一般采用激光测距机(或固体激光器)配套激光衰减片的组合方式。激光探测设备的光学组件主要由前向截止滤光片和视场光栏组成, 探测窗口一般比较大, 而实际有效通光孔径为光电探测器光敏面直径, 直径一般不到1 mm, 因此检测激光探测灵敏度的测试激光功率稳定性和能量密度分布均匀性是决定检测准确性的主要因素。而一般激光器的基模激光主光斑能量分布为准高斯分布, 光斑能量随机起伏较大, 分布不均匀, 能量密度分布起伏约5倍左右, 对激光探测灵敏度的测量会产生数倍的随机偏差, 不能定量的准确测定灵敏度

最小值, 对灵敏度的动态范围更是很难标定。实测激光光斑能量分布如图1所示。

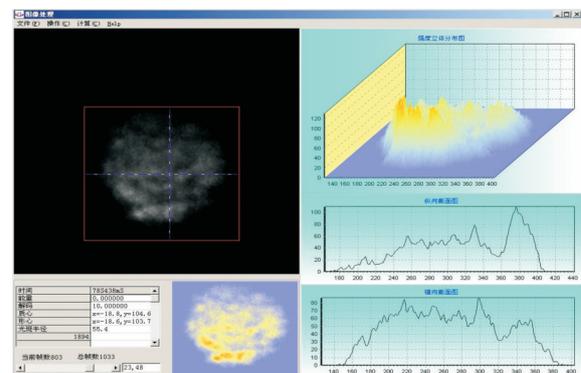


图1 实测激光光斑二维、三维能量分布

收稿日期: 2013-07-03

作者简介: 王旭(1979-), 男, 吉林长春人, 学士, 工程师, 主要研究方向为光电工程。

由此可见,检测激光光斑功率稳定性和能量密度分布均匀性决定着检测结果的可信度和准确性,而检测激光光斑非均匀性分布造成的测量误差要远远大于激光脉冲功率稳定性所造成的误差。

## 2 激光探测灵敏度精确测量设计

### 2.1 技术路线

为提高检测激光脉冲功率稳定性和光斑能量密度分布均匀性,同时尽可能地增大检测激光功率精确调节范围,并保障检测设备使用便捷,采取了以下5种技术措施。

(1)激光光束均匀整形技术。为精确模拟远场平行光,确保能量分布的均匀性,主要采用积分球式能量均化方式、微透镜阵列式能量均化光学装置等对检测激光光束进行均匀整形,保证输出激光能量分布的均匀性。

(2)超小型激光器功率稳定设计技术。为尽可能使激光器输出功率时刻保持高稳定状态,不但要尽可能降低激光器本身的输出激光功率起伏,同时还要严格控制激光器输出激光光束的能量密度分布起伏。开发超低功率高稳定YAG激光器,采用精确温控措施和主动电光调Q方式,确保激光器输出功率的稳定性。同时,采用高集成、超小型化设计,尽最大可能减小体积和质量,以满足手持式使用要求。

(3)激光精确衰减数控调整技术。为了适应对不同激光探测设备检测需要,同时具备精确测量和标定探测灵敏度动态范围的能力,采用激光精确衰减数控调整技术,利用嵌入的大量激光衰减片组和自动解算数控调整机构,可实时显示检测激光的功率密度值,实现对检测激光的精确衰减和调整能力。

(4)激光远场平行光准直模拟技术。根据激光探测设备作战使用环境,需要在近场模拟远场平行光特性,采用光束准直技术,利用离轴扩束和消球差设计等方式,提高光束质量和平行度,模拟出远场平行光。

(5)激光功率密度自动解算处理技术。一般激光探测设备具有多个激光探测单元,测试时需对每一个探测单元进行多次测量,测试工作量较大。为方便使用,采用激光功率密度自动解算处理技术,经程序设定后,按设定频率和次数自动工作,对测量结果统一记录并提供检测结论,自动生成检测数据文档,方便调用和查阅。

对激光能量均匀化光学处理技术,经试验验证,处理后的激光光束近似为激光远场平行光光束效果,激光能量密度分布起伏小于10%,确保了激光光斑能量空间均匀性,能较好满足激光探测灵敏度测量要求。激光能量均匀化后实测的光斑能量分布如图2所示。

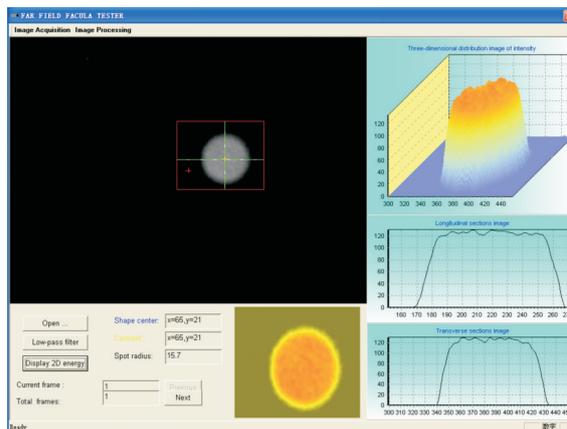


图2 激光能量均匀化后实测的光斑二维、三维分布

### 2.2 样机及工作原理

激光探测灵敏度检测设备原理样机主要由稳压电源模块、冷却装置、检测信号驱动模块、超小型高稳定激光器、激光能量均化光学装置、数控衰减光学装置、扩束准直光学装置、激光功率密度解算处理模块和综合数据处理模块组成。组成框图见图3所示。

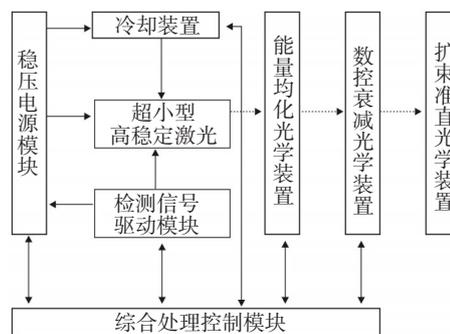


图3 设备组成框图

图3中稳压电源模块负责为各单元提供稳定的直流源;冷却装置根据驱动模块信号和温控设备反馈数据自动调整开关和制冷强度,使激光器在运行期间环境温度始终保持在一定温度范围内,确保激光输出功率稳定;检测信号驱动模块为激光器提供驱动信号,控制激光器开关;数控衰减光学装置可以

实现以1 dB为步长精确调整激光输出功率密度;激光功率密度解算处理模块可根据需要计算衰减装置的组合方式,并自动解算和显示当前激光输出功率密度值;激光能量均化光学装置把能量分布为抖动起伏较大的激光光束整形为能量均匀分布的匀场光束;扩束准直光学装置对激光光束进行整形,使输出近似远场匀场激光光束;综合数据处理模块可自动设置测试方式,记录并保存测试数据,所有数据可通过USB接口自动传输。

### 3 验证试验

#### 3.1 试验方法

(1)将激光探测灵敏度检测设备和激光空间能量密度检测设备分别放置在光具座导轨上。

(2)调整激光探测灵敏度检测设备和激光空间能量密度检测设备使其准直并使激光探测灵敏度检测设备出光孔径中心对准激光空间能量密度检测设备探测光学系统孔径中心,同时DELIXI单相接触调压器接市电,用UT53万用表监测调整单相接触调压器至220 V。

(3)在激光探测灵敏度检测设备不同档位上发射单脉冲激光,与其同时调整激光空间能量密度检测设备测量档位,分别测试激光探测灵敏度检测设备1~63 dB不同档位的激光功率密度。

#### 3.2 试验条件

- (1)激光空间能量密度检测设备:2 fJ/mm<sup>2</sup>;
- (2)光具座:1 500 mm;
- (3)UT53万用表;
- (4)DELIXI单相接触调压器。

#### 3.3 试验结论

激光探测灵敏度检测设备输出激光功率密度最小值为 $0.32 \times 10^{-6}$  W/mm<sup>2</sup>。激光探测灵敏度检测设备激光功率不确定度变化范围为2.0%~9.1%,与通常使用的激光探测灵敏度检测方式所造成的灵敏度检测最大偏差数倍相比,大大提高了激光探测灵敏度测量准确性,确保了检测结果的可信性。激光探测灵敏度检测设备输出激光功率密度范围为 $0.32 \times 10^{-6}$ ~1.43 W/mm<sup>2</sup>,动态范围为66 dB。

### 4 结论

激光探测灵敏度检测设备原理样机采用激光光束均匀化整形、精确衰减数控等先进技术,有效解决了激光探测灵敏度动态范围等测试需求,可有效提高激光探测设备的调试精度,提升质量,缩短生产周期,节约生产成本,同时为用户提供了有效的检测和维修手段,具有广泛的应用前景和较好的经济效益。

(上接第29页)

- [48] Thorsten Göbel, Peter Meissner, Alexander Gaebler, et al. Dual-frequency switching liquid crystal based tunable THz filter[C]. Optical Society of America, 2009: CThFF4.
- [49] Cho-Fan Hsieh, Yu-Chien Lai, Ru-Pin Pan, et al. A liquid-crystal-based Terahertz polarizer [C], Laser Science, 2007: JSuA2.
- [50] Hsieh C F, Lai, Y C, et al. Polarizing Terahertz waves with nematic liquid crystals [J]. Opt. Lett., 2008, 33(11): 1174-1176.
- [51] NIU C, CHANG S J. Reflective Terahertz tunable polarization controller [J]. Optoelectronics Letters, 2012, 8(4): 0264-0268.
- [52] ZHOU Y, ZHANG J, GU P Y, et al. Terahertz flat-top polarization filter based on liquid crystal cavities[C], Asia Communications and Photonics, 2011, 8307: 830722.