

•信号与信息处理•

远场激光光斑探测与图像能量分布显示

范永金, 吴刚

(中国电子科技集团公司光电研究院, 天津 300000)

摘要: 在外场试验中, 远场激光光斑探测和光斑图像能量分布是试验测试难点, 针对这两个问题提出了全新的光斑探测手段和图像显示方法。通过对光斑探测技术研究, 根据不同的应用背景要求, 提出了全新的外触发同步光斑探测控制方式, 来提高对光斑图像的测量精度和激光照射器的目标指向精度。在光斑图像显示方面, 通过对光斑图像处理技术研究, 进一步提高对图像参数解算和光斑图像的三维能量分布显示能力, 为激光照射器光束质量分析提供参考。

关键词: 激光光斑; 外触发; 伪彩色

中图分类号: TN249

文章标识码: A

文章编号: 1673-1255(2014)-03-0013-04

Long-ranged Laser Spot Detection and Image Power Distribution Display

FAN Yong-jin, WU Gang

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

Abstract: In the field test, long-ranged laser spot detection and spot image energy distribution are difficulties for testing. According to the problem, new spot detection measure and image display methods are proposed. Based on the research on light spot detection technology and different application background requirements, a new external trigger synchronous light spot detection control mode is proposed to improve detection precision of light spot image and target directional precision of laser irradiator. On the laser spot image display, through the research on light spot image processing technology, the capabilities of image parameter solution and 3D power distribution display of light spot image are enhanced further to provide references for laser irradiator beam quality analysis.

Key words: laser spot; external trigger; pseudo-color

在进行远场激光光斑测试试验时, 激光光斑图像的摄录和光斑能量分布显示一直都是试验难点, 通常激光光斑测量试验多是采用多组探测器矩阵^[1]方式进行探测, 最终测量结果常常是光斑图像测量精度不高, 光斑图像能量分布显示粗糙, 导致最终的远场激光光斑测量效果不理想。通过对远场激光光斑探测技术研究, 改变了传统激光光斑探测方式, 采用外触发同步控制模式, 可确保远场激光照射目标, 在光斑能量最大状态下进行实时采集, 通过对连续脉冲光斑信息的实时监测, 根据光斑尺寸和中心坐标位置信息分析激光照射器指示精度; 实时跟踪照射目标上的远场激光光斑, 获取连续的外

场激光光斑图像, 解算每帧远场光斑图像的形心和能心的参数连续变化, 判断激光照射器发射的脉冲光束是否发生漂移; 通过伪彩色技术研究, 对采集的激光光斑图像进行处理, 得到光斑图像的二维和三维能量分布情况, 以此作为测量激光光束质量评价的依据。

1 远场激光光斑探测设计

1.1 光斑探测工作原理

激光照射器瞄准靶板目标, 把激光光斑探测装

收稿日期: 2014-01-23

作者简介: 范永金(1972-), 男, 高级工程师, 主要从事激光信号探测技术和软件应用技术研究; 吴刚(1987-), 男, 助理工程师, 主要从事图像处理应用技术和光源技术研究。

置放置在设备测量能力范围内,将光斑探测装置开启采集探测状态,这时用激光照射器瞄准靶标发射激光脉冲信号,激光光斑探测装置开始采集激光光斑信息,光斑图像信息通过主机进行图像处理,然后数据存储到数据硬盘,工作原理如图1所示。

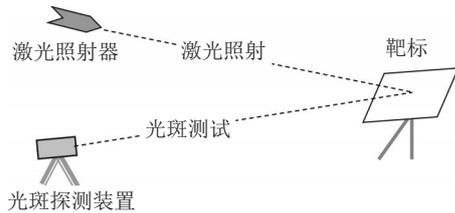


图1 激光光斑探测工作原理图

1.2 光斑探测装置

光斑探测装置主要由光学系统探测单元、信息采集控制单元、图像采集单元和数据处理单元组成。光学系统探测单元主要是完成调整光学成像信息、滤除杂散光、控制光通量大小等功能;信息采集控制单元主要控制光斑图像采集模式;图像采集单元是把光斑信号从视频信号中采集下来;数据处理单元是把光斑图像信息进行处理,然后存储到数据硬盘中。

远场激光光斑信息首先进入探测装置的光学系统,经过光学系统后信号进行了调整,祛除杂散光,然后信号通过高灵敏度近红外CCD探测器进行光学成像,光斑图像信息摄录是通过外触发同步实时控制光斑图像采集,光斑采集控制与光斑摄录通道同时接收远场激光光斑信息,光斑采集控制是通过远场激光脉冲解码信号来控制光斑图像采集的,通过解码信号控制主要是为了提高光斑图像的采集精度,确保光斑在能量最大状态下进行实时采集。光斑图像信号再经过图像采集卡转换为数字信号,最后通过数据处理中心进行图像处理,存储到数据硬盘中。对存储在硬盘中的光斑图像信息进行后处理,光斑图像信息通过软件进行处理,对每帧光斑图像可进行参数解算,可对一系列光斑图像信息进行分析评价。光斑探测装置框图如图2所示。

1.3 光斑图像采集控制设计

为提高设备的测量精度和操控性,在光斑采集过程中设计了两种图像采集控制方式,一种是CCD内触发方式;另一种是CCD外触发方式。在内触发

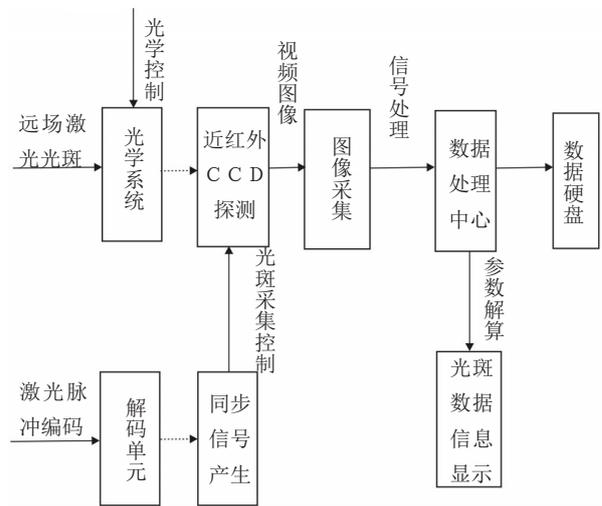


图2 光斑探测装置框图

方式下,高灵敏度CCD探测器的输出视频信号是标准视频信号,标准视频信号通过图像采集卡送入计算机,计算机软件再对图像进行实时处理,并根据图像灰度阈值^[2]来判定图像上是否有光斑图像;在外触发方式下,外触发控制模块会在光斑测试时根据上一个激光脉冲信号的时间间隔,输出下一个超前同步信号,与下一个视频信号同步,高灵敏度CCD根据这个信号,在下一个脉冲到来之前提前打开CCD的快门来捕获下一帧图像,并对捕获的激光光斑数据进行实时存储,完成外触发模式下的光斑图像采集工作,同步信号控制如图3和图4所示。图中上面的脉冲信号为激光脉冲信号,下面的信号为同步卡控制输出信号。

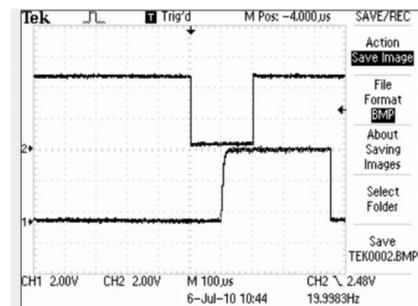


图3 不饱和状态下的同步信号

光斑图像内触发模式控制主要是通过软件实现的,软件开发中融合于MFC控件技术和Win API库函数技术完成了一个可以实现对远场激光光斑图像实时采集和图像数据分析的应用。光斑摄录控制设计根据测试条件和测试环境不同设计的光

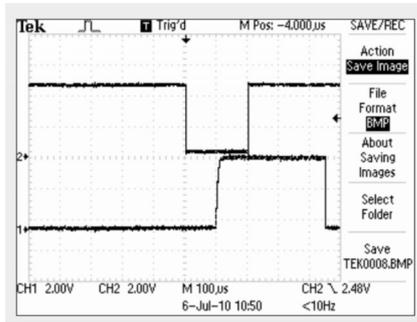


图4 不饱和状态下的同步信号

斑图像采集方式。对于激光照射器以固定频率发射激光脉冲信号的情况下,采用外触发同步工作模式,光斑采集效果最好。在外触发同步工作模式下,根据同步信号来控制 CCD 对光斑图像的存取。对于激光照射器以不同频率发射激光脉冲信号的情况下,采用内触发工作模式采集光斑最为理想。因为在内触发工作模式下,软件在图像处理过程中对每帧视频信号都进行光斑图像判别,如果视频图像中有光斑,那么就对这帧图像记录下来,如果没有,就继续处理下一帧图像信息。

图像采集过程是通过软件驱动程序将经过 CCD 及高速图像采集卡处理的光斑图像数据实时存储到计算机上的过程,在图像采集软件程序设计中主要是运用了高速图像采集卡的驱动函数和 Win API 函数来实现对光斑图像的采集和存储。

2 光斑图像能量分布的三维伪彩色显示设计

2.1 光斑图像伪彩色变换

伪彩色变换就是把图像的各个灰度值按一定的线性或非线性函数关系映射成相应的对比颜色,不同灰度级对应不同的定制色彩。灰度图像伪彩色处理的目的是为了得到对具体应用来说视觉效果更好和更有利于人眼辨识的图像。伪彩色变换不改变像素的几何位置,仅改变其颜色,是一种很实用的图像显示效果增强技术。该方法利用伪彩色技术将远场激光光斑图像的 0~256 级灰度图像变换为连续变化的伪彩色图像,通过空间灰度插值运算将离散的图像数据生成连续的光斑彩色二维数据模型和三维数据模型,实现远场激光光斑能量分布结构的二维和三维可视化,以反映光斑不同区域能量分布的相对大小和位置,方便多维度观察远场

激光光斑的能量分布。

伪彩色变换可分为密度分割法、灰度级-彩色变换法、滤波法等多种变换方法。可分别处理连续和不连续的伪彩色信息。根据色度学原理,任何一种颜色都可以由红、绿、蓝三基色按不同的比例进行合成。伪彩色处理先要设定红、绿、蓝三个变换函数^[4],对应每一个像素都有相应的红、绿、蓝输出,最后三者又合成一个颜色。像素的基色方程分别表示如下

$$I_R(x, y) = f(x, y)R(t) \quad (1)$$

$$I_G(x, y) = f(x, y)G(t) \quad (2)$$

$$I_B(x, y) = f(x, y)B(t) \quad (3)$$

式中, $f(x, y)$ 为坐标 (x, y) 处的灰度值; $R(t)$, $G(t)$, $B(t)$ 为三基色变换函数; $IR(x, y)$, $IG(x, y)$, $IB(x, y)$ 为变换后的三基色强度。把三基色强度信号进行处理,合成产生一幅受变换函数^[4]所调制的彩色合成图像, $f(x, y)$ 变换后的色彩表示为

$$g(x, y) = IR(x, y) + IG(x, y) + IB(x, y) \quad (4)$$

灰度级-彩色变换是光滑的非线性变换函数,所以更加灵活。变换函数常用取绝对值的正弦函数,特点是峰值处平缓、低谷处尖锐。通过变换每个正弦波的相位和频率就可以改变相应灰度值所对应的颜色,而不同灰度值范围的像素就可以得到了不同的伪彩色增强效果。

2.2 光斑图像能量分布二维、三维可视化设计

根据光斑图像的实际物理意义,采用金属热编码变换函数。把整个灰度范围变换成连续的、均匀的彩色显示。最暗的蓝色表示背景,由逐渐变亮的蓝色到红色直至黑色依次代表能量的增强。相对于灰度图像而言,光斑伪彩色图层次分明,光斑的边缘形状、能量由弱到强的变化趋势,能量分布特征都更加清晰直观地显示出来。

在激光光斑图像处理软件设计过程中,根据人眼视觉的这个特点,通过 MFC 控件和图像处理技术设计了激光光斑能量分布的二维和三维伪彩色变换显示。图像数据处理如图 5 所示。

图形左侧为远场探测到的激光光斑图像,右侧和底部为激光光斑图像处理数据信息,其中包括光斑的脉冲间隔、光斑形心、光斑质心和光斑半径等信息。低侧光斑图像是二维伪彩色可视化光斑图像信息,右侧上面是三维伪彩色可视化光斑图像信息,右下侧是光斑横向和纵向剖面图。

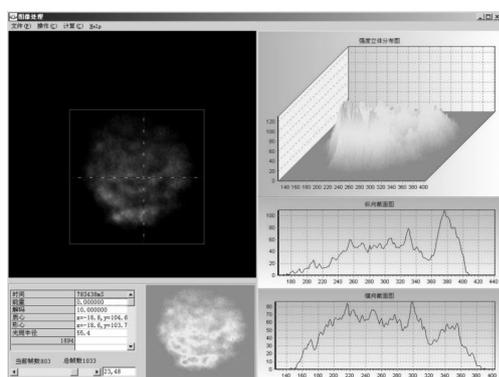


图5 图像处理软件数据处理显示

3 结束语

通过对远场激光光斑探测技术和图像三维显示技术研究,解决了在实际测量过程中漏散率高和经常丢失光斑的问题,也提高了激光光斑探测设备的测量精度。采用了二维和三维伪彩色图像处理方式更加形象地显示了光斑形状和能量分布情况。远场激光光斑探测和图像三维显示技术是在光斑图像采集方式控制、光斑图像三维伪彩色显示和一些参数解算上有所创新。

(上接第4页)

至 70 ℃,恒温 2 h,膜层没有明显变化。

(3)湿度测试:将样品放置在相对湿度为 95% 的常温环境下 24 h,光谱曲线没有明显变化。

6 结论

在石英基底上研制双波段激光高反射膜,采用膜堆展宽以减少膜层厚度,解决了因单面镀膜膜层过厚引起控制精度下降和易脱膜问题;在薄膜制备过程中,采用石英晶体控制法相结合,提高控制精度;采用离子辅助沉积并反复优化工艺参数,提高了膜层机械性能的同时又降低对膜层激光损伤阈值影响。通过各项测试表明,所制备的膜层在两个波段均满足使用要求。如何进一步提高紫外波段反射率和膜层的激光损伤阈值是今后研究的方向。

参考文献

[1] 陆婷婷,李小莉,臧华国,等.La3Ga5SiO14晶体电光调Q高重复频率瓦级紫外激光器[J].中国激光,2011,38

参考文献

- [1] 张少迪,孙宏海.远距离激光光斑位置高精度测量方法[J].中国激光,2012,39(7):031-039.
- [2] 夏爱利,马彩文.基于图像处理技术的光斑质心高精度测量[J].光电子·激光,2011,22(10):1542-1545.
- [3] 孙仲康.数字图像处理及应用[M].北京:机械工业出版社,1999:21-35.
- [4] 方海涛,黄德双.激光光斑能量分布的三维伪彩色可视化方法[J].光电工程,2004,31(10):61-64.
- [5] 杨志文.光学测量[M].北京:北京理工大学出版社,1995:354-358.
- [6] 彭德权,周成平,丁明跃.海空背景长波红外大气透过率的仿真计算方法[J].红外与激光工程,2001,30(2):1122-117.
- [7] Castleman K R.数字图像处理[M].北京:清华大学出版社,1998:200-229.
- [8] 富荣国,常本康,刘淑荣.1.06 μm激光光斑中心的计算机分析[J].光电子技术与信息,2004,17(2):26-29.
- [9] 张秀华,杨坤涛.一种新的激光光斑参数快速计算方法[J].光学技术,2007,32(3):441-443.
- [10] 冯池,孟浩.双光斑中心识别算法比较[J].应用科技,2009,36(8):21-25.
- (4):04020051-04020055.
- [2] Ya X, Liu Q, Gong M, et al. High-repetition-rate high-beam-quality 43 W ultraviolet laser with extra-cavity third harmonic generation [J]. Appl. Phys. B, 2009, 95(2): 323-328.
- [3] Li B, Yao J, Ding X, et al. High efficiency generation of 355 nm radiation by extra-cavity frequency conversion [J]. Opt. Commun., 2010, 283(18): 3497-3499.
- [4] 薛春荣,易葵,齐红基,等.深紫外/紫外薄膜材料的光学材料[J].中国激光,2009,36(8):2135-2139.
- [5] 王正风,付秀华,张静,等.日盲紫外告警系统成像滤光片的研制[J].中国激光,2011,38(12):1207002-1-1207002-4.
- [6] 王营,赵元安,贺洪波,等.HfO₂薄膜的光致发光谱与激发谱[J].中国激光,2010,37(4):1104-1107.
- [7] 张大伟,吕玮阁,邵建达,等.氧离子束辅助沉积氧化铪薄膜光学属性的研究[J].激光杂志,2007,28(3):31-32.
- [8] 潘永刚,刘冬梅,张静,等.空间光通信系统三波段滤光膜的研究[J].激光与光电子学进展,2012,49:1-6.
- [9] 周明,赵元安,李大伟,等.1064 nm和532 nm激光共同辐照的损伤[J].中国激光,2009,36(11):3050-3054.