

文章编号 1004-924X(2002)03-0300-04

提高外场脉冲激光光斑测量距离的有效方法

宋建中¹, 韩广良¹, 顾海军^{1,2}

(1. 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130022;

2. 吉林大学 通信学院, 吉林 长春 130022)

摘要:介绍了提高外场脉冲激光光斑测量距离的两个关键技术: CCD 电子快门预测和背景相减技术, 并给出了提高白天外场脉冲激光光斑的测量距离的试验效果, 在激光制导武器系统和激光告警系统的研制中都有重要的意义。影响白天外场对脉冲激光光斑的测量距离的主要原因是激光光斑被淹没在阳光照射的背景里, 不能提取光斑图像。设法让电子快门的触发脉冲在每个激光脉冲到来前的固定时间间隔产生, 保证 CCD 捕捉到光斑的全部能量, 从而可以使 CCD 输出最亮的光斑图像。另一方面, 在激光没有照射时, 采集一帧图像作为背景, 让激光照射到靶板后的图像与背景图像相减, 结果只在光斑照到的位置处有不同。在相减后的图像中, 使激光光斑突出。试验证明采用本文介绍的技术明显地提高了外场脉冲激光光斑测量距离。

关键词:电子快门预测; 背景相减; 激光光斑测量
中图分类号: TN247 **文献标识码:** A

1 引言

在激光制导武器系统中, 导引头实际跟踪的是脉冲激光光斑的能量分布重心。实际的激光光斑能量分布与激光器的模式和质量有关, 再加上大气传输的影响更加剧了光斑能量分布的不均匀性。因此, 精确测量远距离脉冲激光光斑的能量分布重心对研制激光制导武器有重要的意义。

要同时测量激光光斑的照准精度和能量分布, 采用电视测量方法对激光光斑图像进行测量是一种较好的办法。电视测量法采用一台 CCD 摄像机配以合适的光学系统, 在远距离上以一定的倾角拍摄靶板(或被照目标)及照射到靶板(或被照目标)上的激光光斑的图像, 然后用计算机进行图像分析处理, 输出测量结果。这种方法把光斑和目标靶的图像一起摄下来由计算机去处理, 操作简单, 使用维护方便, 可重复使用, 具有灵活性和先进性。

由于白天里激光光斑会淹没在强烈的阳光背

景下, 远距离测量可能探测不到激光光斑。另外, 脉冲激光的脉宽约 10ns, 瞬间就消失了, 通常的电视图像采集方法采不到完整的光斑图像。因此采用电视测量方法在外场测量远距离的脉冲激光光斑必须解决两个问题: 一是在强烈阳光背景下提取激光光斑图像; 二是预测光斑回波的时间, 提前打开电子快门, 采集到完整的激光光斑图像。

本文针对上述两个问题, 介绍我们的研究成果。

2 异步触发电子快门

CCD 正常工作时要求每个像元构成一个单独的势井, 势井彼此之间由势垒隔开, 电荷由一个像元转移到另一个像元就是靠在时钟的控制下势垒按照顺序移动来实现的。衬底漏极以帧频移走电荷, 当超量的电位加到每个像元下面的衬底上时, 势垒被消除, 将电荷泄放到漏极, 如图 1 所示。这种泄放可以对所有的像元同时进行。

在异步快门方式下, 要提供一个用作复位的

负极性的触发脉冲和一个锁相用的负极性的行驱动信号(外 HD)。当加上复位脉冲时,CCD 摄像机用复位脉冲的下降沿锁住下一个行驱动脉冲,并且立刻将场同步定时器复位,因此,水平方向的相位关系不会被打乱。同时,用复位脉冲的下降沿产生一个放电脉冲,电荷传输的门控脉冲(SG)和放电脉冲的时间间隔就是 CCD 电子快门的曝光时间,其时序图如图 2 所示。

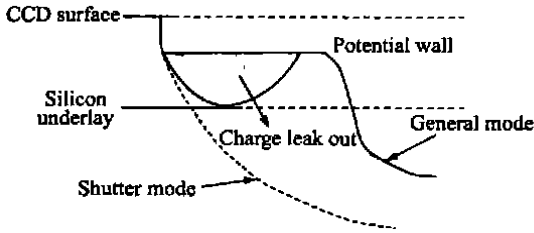


图 1 CCD 电子快门的原理示意图

Fig. 1 Principle sketch map of a CCD shutter.

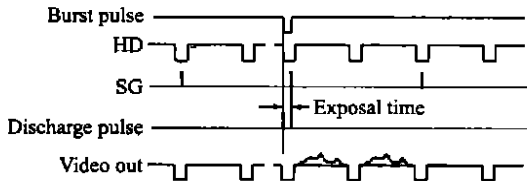


图 2 异步电子快门的时序图

Fig. 2 Time order of the asynchronous shutter mode .

3 电子快门的预测

被测激光的脉宽只有 10ns,利用接收到的激光回波产生的触发脉冲去打开 CCD 摄像机的电子快门,将错过激光脉冲的持续时间,以至于采不到激光光斑图像。即使利用暂留现象,也采不到最亮的激光光斑,直接影响作用距离。解决这个问题的根本办法是进行预测,在光斑出现之前将电子快门打开,等待激光光斑的出现。

CCD 摄像机触发信号的波形如图 3 中 (b) 所示,其频率和激光的频率相同,但有一个超前的相位,即电子快门的触发脉冲在每个激光脉冲到来前固定的时间间隔 T_1 产生,从而保证 CCD 获得激光光斑的最亮的图像。超前相位 T_1 的大小可根据具体的 CCD 摄像机的电子快门控制要求确定,在本系统中 $T_1 = 2\text{ms}$ 。

从理论上讲,如果激光脉冲的基频得到以后,

就可以使用固定的同频脉冲去产生电子快门触发脉冲,只要保证两个信号的相位关系即可。但是,实际上对激光脉冲频率的测量是有误差的。这个误差经过多次积累可能使预测的超前相位 T_1 变大或变小,最终造成 T_1 超过正常工作的允许范围。因此,必须实时修正,消除因积累而产生的误差。

在实际的频率测量的过程中,要求激光脉冲信号具有周期性,开始至少要有 2 个“1”,并且在编码过程中的连续“0”不能太多。

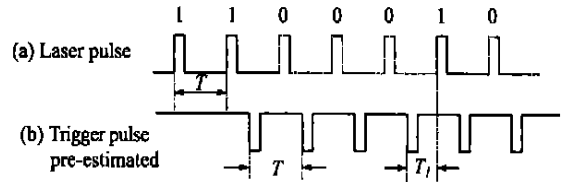


图 3 预测脉冲的时序图

Fig. 3 Timing of the trigger pulse pre - estimated.

频率测量的具体过程是:利用 89C51 外中断 1 实现外来激光脉冲的监视,并记录是第几个脉冲,在第一次脉冲来时开启定时器 1,用第二次脉冲来关闭定时器 1。在定时器 1 的中断程序里记录相邻两次脉冲的间距,并计算出信号频率,将其等效为一个定时器溢出的次数,根据此值进行预测。

4 背景相减

为了在强烈阳光照射下提取激光光斑的图像,首先针对 $1.06\mu\text{m}$ 的激光波长,选用窄带滤光片和电子快门以防止图像饱和;然后,采用背景相减技术将淹没在背景中的激光光斑提取出来。在视场中没有目标时,采集一帧图像作为背景,目标进入视场后的图像与背景图像相比,应该只在目标位置处有不同。将含目标的图像与背景图像进行像素级相减,则相减后的图像中目标处的灰度就突出出来了,背景相减的程序框图如图 4 所示。

需要注意的是:1) 由于图像灰度值是字节型数据,则负值会被计算机自动取补而变为正数,本来应该很暗的地方反而会很亮,显示出来的图像就会混乱,为此应该将该结果取绝对值,以便正确显示相减图像的结果。2) 相减后的灰度值范围较

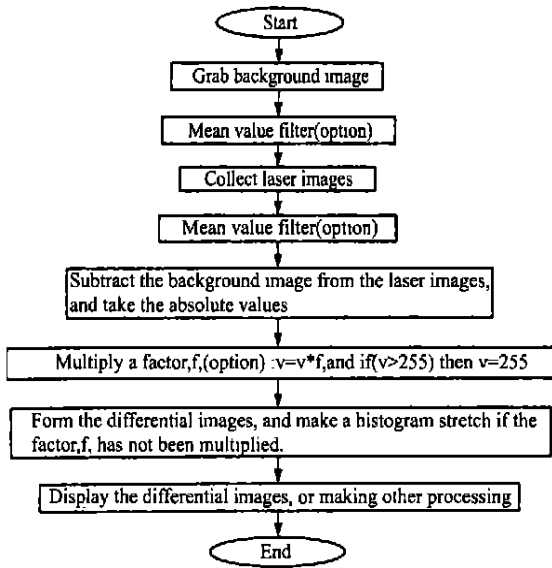


图 4 背景相减程序的方框图

Fig. 4 Block diagram of the program for subtracting the background image.

小,因此要对相减后的结果进行图像的灰度拉伸和放大处理。3) 由于图像的像素抖动和灰度扰动,相减后的背景区域也会有许多噪声。因此,在减背景处理之前,要对背景图像和有目标的图像进行适当的预处理,如均值滤波等。

5 实验结果

激光波长 $1.06\mu\text{m}$, 激光器距靶板 2500m, 电视测量系统距靶板 500m 远, 靶板尺寸为 $10\text{m} \times 10\text{m}$, 靶面对 $1.06\mu\text{m}$ 波长的反射系数为 0.2。试验现场布置如图 5 所示。

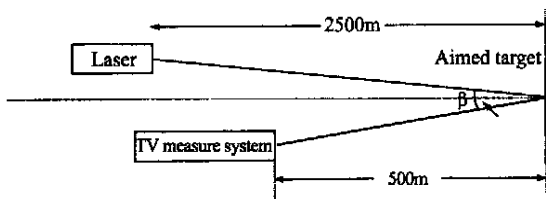
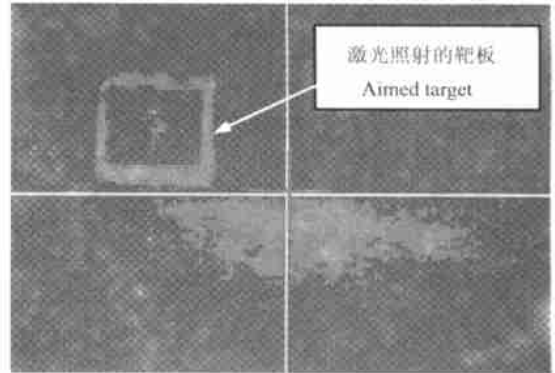


图 5 试验现场布置示意图

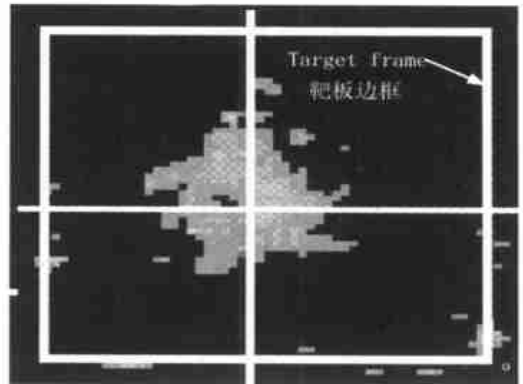
Fig. 5 Sketch map of the test site.

试验时间是上午 11 点到 12 点, 阳光直射靶板。电视系统采集到的现场 $1.06\mu\text{m}$ 波长图像如图 6(a) 所示, 靶板的边缘可以看清, 但是射到靶板中心区域的激光光斑看不清, 经过背景相减等

处理后得到的激光光斑图像十分清晰, 如图 6 (b) 所示。



(a) 处理前的 $1.06\mu\text{m}$ 波长的激光照射试验现场图像
(a) Site scene image with $1.06\mu\text{m}$ wavelength before processing



(b) 处理后的激光光斑图像
(b) Image of a laser spot after processing

图 6 对激光光斑图像处理的结果

Fig. 6 Image processing result of a laser spot.

6 结 论

提高白天外场脉冲激光光斑的测量距离对激光制导武器系统和激光告警系统的研制都有重要的意义。本文介绍了两个关键技术: CCD 电子快门预测和背景相减技术, 它们对提高白天外场脉冲激光光斑的测量距离有十分明显的效果。

由于采用 CCD 电子快门预测和背景相减技术还能保证采集到完整的激光光斑并消除了背景的干扰, 所以对分析光斑能量分布也大有好处, 限于篇幅, 本文没有介绍对激光光斑测量的情况。

参考文献:

- [1] Castleman K R. *Digital image processing*[M]. Prentice-Hall International, Inc. 1996.
- [2] Tekalp M A. *Digital video processing*[M]. Prentice Hall PTR, 1995.
- [3] Jean-Claude. 一种抗干扰的跟踪光斑视频图像处理[D]. 北京:机电部第二零三研究所, 1988.
- [4] 杨海波. 一种自然场景中的目标分割方法[J]. 中国图像学报, 1998, 3(8): 646 - 650.
- [5] 张尧禹. 一种高精度非接触位置测量系统[J]. 光学精密工程, 2002, 10(1): 41 - 44.
- [6] 王欣刚. 红外观察仪图像畸变的校正[J]. 光学精密工程, 2001, 9(1): 39 - 42.

**Effective methods for raising the measured distance of the pulse
laser spots removed target in outfield**

SONG Jian-zhong¹, HAN Guang-liang¹, GU Hai-jun^{1,2}

(1. *Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022, China;*

2. *Telecommunication Institute of Jilin University, Changchun 130022, China*)

Abstract: A pre-estimation to open a CCD electronic shutter and image subtraction between the background image composed of a laser spot and the background are introduced in this paper. These techniques are effective to increase the tested distance of the pulse laser spots removed target in outfield during daytime. Manipulating the trigger pulses of a CCD electronic shutter, the shutter will be pre-opened. Therefore, the full energy of the laser spot lasting only several nano-seconds can be caught. Using the technique of the image subtraction, the bright background where a weak laser spot was merged, was eliminated and the image of the laser spot was emerged. The test results are also presented in this paper.

Key words: pre-estimation of electronic shutters; background subtraction; laser spot test

作者简介:宋建中(1942-),男,辽宁新民人,1966年毕业于北京大学无线电电子学系,现为长春光机所研究员、博士生导师,主要研究方向是图像处理和模式识别。