

文章编号: 1001-3806(2016)03-0331-04

高速摄影同步触发光源系统设计及应用

梁海坚^{1,2}, 邓 军³, 王 高^{1,2*}, 焦 宁^{1,2}, 李仰军^{1,2}, 郭亚飞^{1,2}

(1. 中北大学 电子测试技术国家重点实验室, 太原 030051; 2. 中北大学 仪器科学与动态测试教育部重点实验室, 太原 030051; 3. 中国兵器工业第二〇八研究所, 北京 102202)

摘要: 为了解决高速摄影中由于时间短、同步难和照度低导致拍摄不到弹丸的问题, 设计了一种同步触发光源系统。该系统以高亮度发光二极管(LED)阵列为光源, 采用现场可编程门阵列进行控制。使用 MATLAB 软件对 LED 阵列进行仿真后可知, 在距光源 1m 的中心位置上, 该阵列光源的最大光照度可以达到 9×10^4 Lux。实验中, 实验弹出膛时启动相机拍摄, 同时输出触发电平同步触发光源系统。结果表明, 当实验弹的装药量为 0.15g、相机帧频为 5000frame/s 时, 经估算出膛速率大约为 100m/s, 并且同步触发光源有效地提高了照度和补充光照的同步程度。此研究对提高弹丸测试技术是有帮助的。

关键词: 光电子学; 光源; 高速摄影; 发光二极管阵列; 照度; 同步触发

中图分类号: TN29

文献标志码: A

doi:10.7510/jgjs.issn.1001-3806.2016.03.006

Design and application of synchronous trigger light sources for high-speed photography

LIANG Haijian^{1,2}, DENG Jun³, WANG Gao^{1,2}, JIAO Ning^{1,2}, LI Yangjun^{1,2}, GUO Yafei^{1,2}

(1. National Key Laboratory for Electronic Measurement Technology, North University of China, Taiyuan 030051, China; 2. Key Laboratory of Instrumentation Science & Dynamic Measurement of Ministry of Educations, North University of China, Taiyuan 030051, China; 3. No. 208 Research Institute, China Ordnance Industries, Beijing 102202, China)

Abstract: In order to solve the missing projectile under high-speed photography which caused by short time, harder synchrotron and low-light-level, a synchronous trigger light source system was designed. A high brightness light-emitting diode (LED) array controlled by the field-programmable gate array was used as light source. The simulation of LED array by MATLAB software shows that the maximum intensity of the light source array can reach 9×10^4 Lux one meter away from the center position of light source. In the experiment, the camera is triggered when the projectile leaves the muzzle. At the same time, the camera outputs a synchronous trigger signal to trigger the lighting system. The results show that, the bullet charge is 0.15g and the camera frame rate is 5000frame/s. Collide speed is about 100m/s. Experiment results demonstrate that the synchronous trigger system has an effective improvement of the illumination intensity and the degree of synchronization. This study is helpful to improve the projectile testing technology.

Key words: optoelectronics; light source; high-speed photography; light-emitting diode array; illumination; synchronous trigger

引 言

在国防技术测试中, 高速运动物体的运动姿态^[1]和速度^[2]是重要指标, 而高速摄影^[3]则是记录高速运动物体状态常用的方法^[4]。在高速摄影中, 相机曝光时间非常短。当光线比较暗时, 需专门的光源^[5]来提供一定的照度, 这样才能使底片获得足够的曝光量, 得

到理想的拍摄效果^[6]。国内外对此有大量的研究^[7-12], 目前使用的光源耗能比较高, 达到所需的光源要求花费的成本比较高, 所以设计一种新型、节能、环保的光源来代替传统的光源是很必要的。由于近年来半导体技术的飞速发展, 发光二极管(light-emitting diode, LED)进入人们的视野。LED具有耗电量低^[13-14]、使用寿命长、响应时间短、结构牢固、发光体接近点光源、发光效率高^[15]和价格低廉的特点, 使用LED作为光源^[16]不失为一种好的选择。为此, 本文中设计了一种基于LED阵列的高速摄影同步触发光源系统, 该系统的光源可以发出短时的高亮度的闪光, 而且可以实现与高速相机同步触发, 为摄影提供足够的

作者简介: 梁海坚(1992-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为光纤通信、光电传感器。

* 通讯联系人。E-mail: 917978149@qq.com

收稿日期: 2015-04-14; 收到修改稿日期: 2015-05-19

曝光量。

1 同步触发光源系统设计

1.1 控制系统设计

光源的控制系统主要由触发模块、时间控制系统、人机交互(human machine interface, HMI)模块、大功率驱动模块、显示系统、大功率储能模块、安全控制模块、电源管理模块组成;LED 阵列面光源主要由 LED 阵列闪光模块、人体红外传感器以及温度监测系统等组成。系统的结构如图 1 所示。

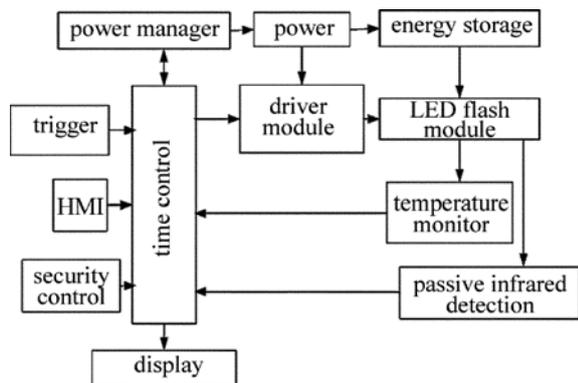


Fig. 1 Diagram of system structure

触发模块实现电平的转化、驱动的手动触发和正负脉冲的切换功能,同高速相机连接实现同步触发,兼容所有输出电平为 5V ~ 15V 的晶体管-晶体管逻辑电路电平接口。时间控制模块可对 3 种控制模式进行识别,对时间精确计算、实时监测,并判断输入参量、温度值、控制触发响应和闪光快速开关等,时间控制模块实现闪光光源中所有的功能。人机交互模块用来设置输入参量、不同操作界面的切换,每个按键后面均装有 LED 灯珠,方便在光线较暗条件下的操作。使用大功率驱动模块来驱动 LED 阵列,使用高速光电耦合器隔离,利用大功率的晶体管提高驱动能力,使其驱动电流达到 30A,响应时间 1 μ s。

输出显示部分采用了 12864LCD 液晶显示屏,用于实现人机交互设置界面的显示以及试验信息的输出,设置界面简洁,内容显示布局合理,同时采用不同颜色的 LED 指示不同的工作状态,直观的表现不同的状态信息。闪光模块实现高亮度闪光,可在 1ms ~ 2000ms 之间设置闪光时间,光亮度的均匀性非常好,发光稳定。大功率储能模块对电能进行高效、快速地储存,瞬间释放使 LED 阵列产生高强度闪光。

1.2 LED 阵列设计

面光源采用了 900 个相同的 LED 串联电路并联的混合连接方式,每个串联电路上均串联一个限流电阻和 10 个发光二极管。该光源采用了 30 \times 30 的正方

形分布方式。LED 驱动电路使用了高速光电耦合器和大功率三极管实现对 LED 阵列的驱动。

LED 面光源设计有常亮、定时闪光和自动闪光 3 种工作模式。当工作在常亮模式时,连接到 36V 电源,此时持续有电压输出,光源持续发光。当工作在定时闪光和自动闪光模式时,则连到 48V 电源。当工作在自动闪光模式时,光源只在 1 靶输出高电平到 2 靶输出低电平之间发光。当工作在定时闪光模式时,闪光的时间可以自由设置,定时触发接口有信号,输出高电平光源发光,发光时间为控制主机设定的时间。

2 实验方案

LED 阵列同步触发光源系统可以与高速相机协同工作来完成较低照度环境下的图像采集,完成运动物体高速飞行过程的记录,因此可以很好地对获得的状态参量进行分析。实验方案是将光源和高速相机放在同侧进行拍摄,如图 2 所示,现场实验仪器连接如图 3 所示。

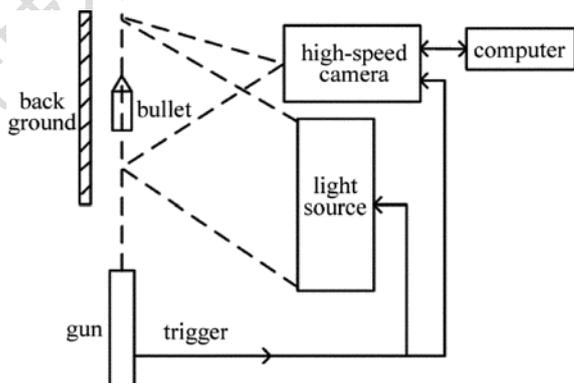


Fig. 2 Drawing of scheme

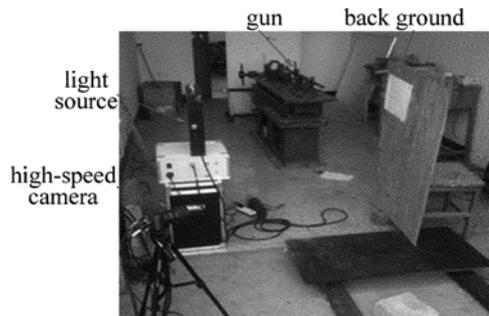


Fig. 3 Experimental scene of ballistic shooting

拍摄时使用的是德国 Mikrotron 生产的 MC1362 高速相机,最高分辨率为 1280 \times 1024,此时的最大帧频为 500frame/s,光谱响应范围为 400nm ~ 1000nm,曝光时间为 2 μ s ~ 1s,8V ~ 14V 直流供电。

实验中在自然光条件、光源的常亮模式、定时闪光模式下进行拍摄。帧频较高时,拍摄背景照度较暗,目标颜色较深,在图像中不易辨认,所以平行于弹道放置

一块贴有白纸背景板,沿弹道方向画上坐标轴,便于目标的识别和飞行距离的读取,背景板距枪口约500mm。为使实验效果更加明显,实验中使用了银色小圆钢柱,钢柱直径约为6mm,长度约为30mm,装药0.15g,利用滑膛枪对钢柱进行弹射。

3 实验结果及分析

由图4a可以看出,未加光源的情况下,相机拍摄帧频为1000frame/s时,拖影很长也很模糊,钢柱飞行姿态无法辨认;图4b中光源工作模式为常亮模式,相机拍摄帧频为2700frame/s时,拖影仍然很长,钢柱飞行姿态依然无法辨认,但明显看出拖影变清晰了;图4c中光源工作在闪光模式,光照时长可在1ms~2000ms之间设置,本次实验闪光时间设置为2000ms,在此光照下,相机拍摄帧频为5000frame/s,拍摄到钢柱的拖影很小,能够看出钢柱出膛后飞行姿态发生明显的变化。可见,加入同步触发光源后,相机可以设置更高的拍摄帧频数而不会出现照度低的现象,解决了由于帧频低或光源无法与相机同步而导致捕捉不到弹丸的问题。

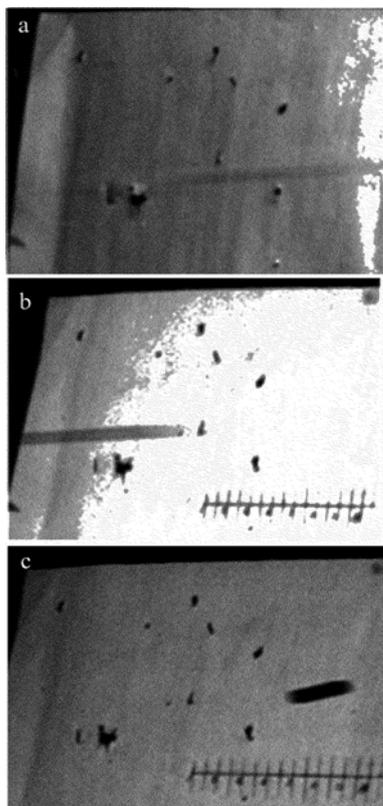


Fig. 4 a—no light source 1000frame/s b—solid model 2700frame/s c—timing flash model 5000frame/s

同步触发光源系统在定时闪光模式下,相机拍摄帧频为5000frame/s时,拍摄时间间隔为200μs,钢柱出膛后飞过坐标轴时截取的图像如图5所示,图5a为

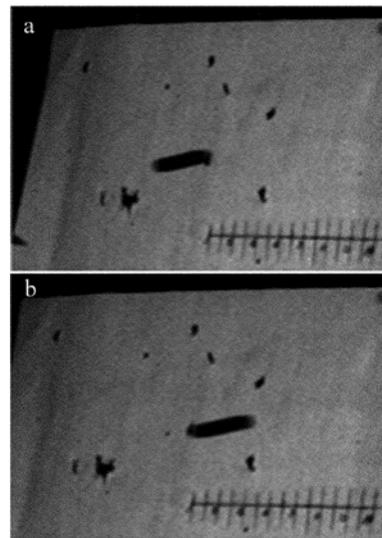


Fig. 5 Steel column over the coordinate axis

钢柱飞到坐标轴起始点;图5b为一个时间间隔后的位置,飞行距离大约为0.02m,经估算可得飞行速度约为100m/s。由于相机拍摄帧频的限制,无法进行更高拍摄频率的实验,对钢柱出膛速度只能进行粗略地估算,无法得到准确的结果。如果相机拍摄频率可以进一步提高,并且配合光源使用,则可以对更高速度的目标进行捕捉和速度计算。

4 结论

该系统使用LED阵列来提供光源,利用现场可编程门阵列来实现对光源的控制。在加入光源后,相机拍摄时曝光量明显增加,可以进一步提高相机的拍摄帧频,从而实现对高速目标的图像捕捉,同时高速摄影拍摄照片的清晰度也有了极大的提高。由此可见,该系统的设计有很好的应用前景。

参 考 文 献

- [1] WANG G, YIN G X, TIAN D X, *et al.* Test technology of explosively formed projectile morphology based on laser parallel screens[J]. Fire Control & Command Control, 2012, 37(11): 214-216 (in Chinese).
- [2] WANG G, TIAN D X, ZHAO H, *et al.* The velocity testing technology and experiment research of gun muzzle velocity based on laser target[J]. Fire Control & Command Control, 2011, 36(5): 195-197 (in Chinese).
- [3] TAN X X. High speed photography[M]. Beijing: Atomic Energy Press, 1990:1-5 (in Chinese).
- [4] LIU J X, WANG G, YIN X Q. A measuring method of fireworks burning time based on CCD camera[J]. Optical Instruments, 2009, 31(5): 15-17 (in Chinese).
- [5] WU F C. Design and research on multi spark high-speed shadow camera timing control system[D]. Nanjing: Nanjing University of Science and Technology, 2008:2-4 (in Chinese).
- [6] ZHANG S X, YAO M, SUN W P. High speed camera and its application[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2006:152-154 (in Chinese).

- [7] ZHANG G Sh. The application of pulse xenon lamp technology in high speed photography[J]. High Energy Density Physics, 2006, 3(1): 15-18(in Chinese).
- [8] GAO H, ZHANG J Ch, XIAO Zh X, *et al.* Research on projectile impacting target by means of light-gas gun with high-speed photography[J]. Journal of Ballistics, 2011, 23(1):75-79(in Chinese).
- [9] SIDNEY F R. High speed photography and photonics[M]. London, UK:Focal Press,1997;301-312.
- [10] BRIAN T. Narrow-linewidth megahertz rate pulse-burst laser for high-speed flow diagnostics [J]. Applied Optics,2004,43(26): 5064-5073.
- [11] JIN Sh, WEN Sh J, SUN X L. Determination of xenon lamp exposure in high speed photography[J]. High Energy Density Physics, 2009, 6(2):68-71(in Chinese).
- [12] XIONG X Sh, LI Z R, WANG W, *et al.* Research on pulsed laser illumination in technology high speed photography[J]. High Energy Density Physics, 2008, 5(1):22-24(in Chinese).
- [13] ROBERT V S. High-brightness LED market overview[J]. Proceedings of the SPIE, 2001, 4445: 1-4.
- [14] LEI Y T, LI H. Lighting source in the future-white-light LED[J]. Optics & Optoelectronic Technology, 2003, 1(5):33-34(in Chinese).
- [15] WANG L D, SUN Ch S. Constant temperature control of the SLED underlying an adjustable driving-current [J]. Laser Technology, 2009, 33(1):74-76(in Chinese).
- [16] WANG F, RAO J H, XIANG X M. Research of performance of circular array light source in underwater wireless LED optical communication[J]. Laser Technology, 2014, 38(4):527-532(in Chinese).

《激光技术》编辑部

版权所有 ©