

一种新型选通象增强高速电影系统

侯 洵 佟恒伟 张耀明 彭文达

檀庆波 王俊强 梁志毅

(中国科学院西安光学精密机械研究所)

摘 要

为了实现对“弱、小、多、快”目标的跟踪测量,我们研制了一种选通象增强高速电影摄影系统。它是集微光象增强技术、激光照明技术、电子选通技术及高速电影摄影技术于一体的新型系统,它具有光增益高,成象质量好,可探测距离远等特点。

该系统采用了带选通的二代象增强器;采用了电子快门,其曝光时间在 $1\mu\text{s}-300\mu\text{s}$ 可调,频率在 $1-100$ 帧/秒可调;采用了非透镜耦合的方式,解决了胶片与耦合面板之间的静电放电问题,以及高速运转时它们之间的磨擦问题,采用了小数值孔径耦合面板,改善了耦合分辨率,采用了高性能的间歇输片机构,实现了胶片的高速间歇运动。

本文还介绍了该系统的静态和动态测试结果,以及在激光照明下的测试结果。

关键词: 选通; 象增强器; 高速电影摄影。

一、引 言

通常的高速电影摄影是在目标亮度很高或采用光源照明的条件下进行的。但是在实际应用中,有时目标亮度低而光源照明又无法实施;有时虽然加上光源,但亮度仍然不能满足要求;此外还有的目标亮度虽然很亮,但目标与背景的对比度低,当采取光谱滤波技术以降低其背景后,也使目标的亮度大大降低,同样成为一低亮度目标,对于低照度,低对比度目标,一般的高速摄影技术是不能满足要求的。因而发展起一种新型的高速摄影系统即象增强高速电影摄影系统,以实现对低照度,低对比度目标的高速摄影。它是在镜头与高速运动的胶片之间加入象增强器而构成。

由于加入了光增益较高的象增强器,使这种系统的记录信息能力有很大提高。

设通常高速摄影的信息量为 I , 则有

$$I = PFR^2 [\log_2 (1 + S/N)] g^{2/3}$$

其中: P —摄影频率

F —画幅面积

R —分辨率

S/N —信噪比

$g = t_p / t_e$

t_p —画幅周期

t_e —曝光时间

本文1989年8月收到

设象增强器高速摄影的信息量为 I' ，有

$$I' = PFR'^2 [\log_2 (1 + S/N)] g'^{2/3}$$

其中: $g' = g \cdot G$

G — 光增益

$$\frac{I'}{I} = \frac{R'^2}{R^2} G^{2/3}$$

由于象增强高速摄影的分辨率目前还不高, R^2/R'^2 为 1.5—4, 但 G 为 50—1000, 当采用高信噪比的象增强器时, 象增强高速摄影的信息量要多于一般高速摄影。

二、系统设计

1. 象增强器的选择:

种 类	优 点	缺 点
双近贴管	抗电磁干扰, 静、动态分辨率差异小, 无畸变, 工作电压低。	空间分辨率低
二代倒象管	空间分辨率高	工作电压高, 抗干扰差, 有畸变。

由于空间分辨率是主要参数, 我们选择的是具有高分辨率的二代倒象管, 而没有选用近贴管。

2. 选通电路的选择:

种 类	优 点	缺 点
雪崩管电路	上升沿好, 响应快	脉宽可调范围小, 耐电压冲击差
可控硅电路	脉宽可调范围大	后 沿 差
混合电路	脉宽可调范围大, 前后沿好	工 艺 复 杂

我们选择的是混合性电路, 同步电路我们采用计数器定时, 较单稳精度高。

3. 荧光屏余辉时间选择:

为了保证胶片在启动与运动过程中不曝光, 就要求荧光屏的余辉时间尽可能短, 另一方面, 余辉越短, 荧光转换效率越低, 权衡余辉的利弊, 我们认为余辉时间 $t \leq 3\text{ms}$, 选用 P20 粉能满足要求。

4. 耦合方式 (增强器与胶片间) 选择:

种 类	优 点	缺 点
透镜耦合	无接触耦合, 成象质量好	光 损 失 太 大
光纤面板耦合	光 损 失 小	接触有磨损, 分辨率下降

象增强器与高速运动胶片的耦合是该高速摄影的关键技术之一, 利用中继透镜耦合没有什么技术难度, 但耦合效率较低。为了提高耦合效率, 我们采用了光纤面板耦合:

为了消除接触的磨损及放电,我们采用了小数值孔径的光纤面板耦合,胶片与光纤面板间有一定的间隙,象质无明显下降。

5. 高速电影摄影机的选择:

我们采用我们自己研制的 GS 360/35 间歇式高速摄影机 (其摄影频率 1—100 幅/秒) 胶片采用 1022 (T)。

三、室内实验结果

实验装置见图 1。

系统光增益:

当 $E_0 = 9.5 \times 10^{-3} \text{ Lx}$ 时,

测量结果为: $G = 800$

当 $E_0 = 1.5 \times 10^{-3} \text{ Lx}$ 时,

测量结果为: $G = 1400$

系统摄影频率:

$f = 10 - 100 \text{ f/s}$

系统曝光时间:

$t = 1 - 300 \mu\text{s}$

系统动态鉴别率:

12—15 lp/mm

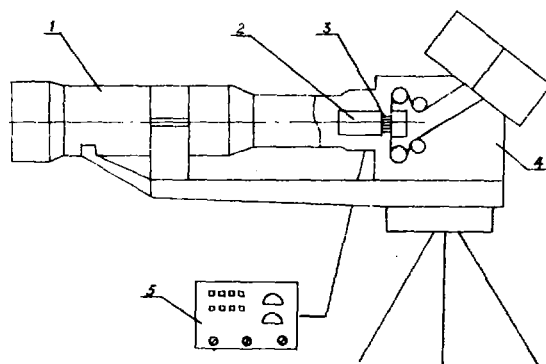


Fig. 1 1—Objective;

2—Image intensifier;

3—Optical fiber coupling plate;

4—Intermittent camera;

5—Electronic control system

图 1 1. 物镜;

2. 象增强器;

3. 耦合光纤面板;

4. 间歇式摄影机;

5. 电控系统。

四、激光照明实验结果

为了了解象增强器系统在激光照明方式下的工作性能以及当脉冲激光的能量降到与野外条件相近时,象增强器系统能否仍满足记录的要求。我们在室内做了象增强器系统与激光照明系统“对接”的实验。

1. 实验光路 (图 2)

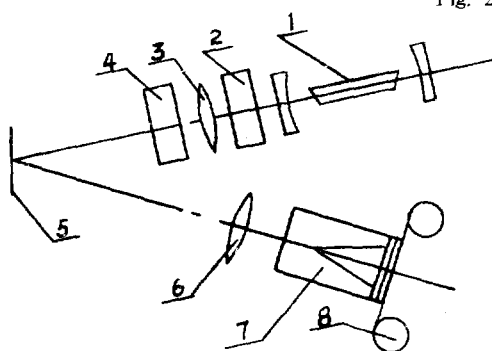


Fig. 2 1—YAG laser;

2—Frequency multiplier;

3—Beam expander;

4—Filter;

5—Licence plate;

6—Objective;

7—Image intensifier;

8—Film.

图 2 1. YAG 激光器;

2. 倍频器;

3. 扩束镜;

4. 滤光片;

5. 车牌;

6. 物镜;

7. 象增强器;

8. 胶片。

由YAG锁模激光器产生的倍频激光波长为 $0.53\mu\text{m}$, 脉冲激光包络宽度为 450ns , 脉冲个数为45个, 单个脉冲的宽度为 60ps (见图3)。

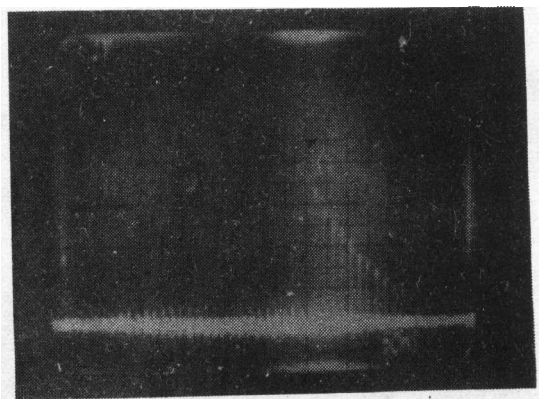


Fig. 3 图 3

目标为一汽车车牌, 象增强器距离目标 2m , 象增强器物镜的相对孔径为 $f/10$, 焦距 60mm , 记录方式为接触照相。

2. 实验结果:

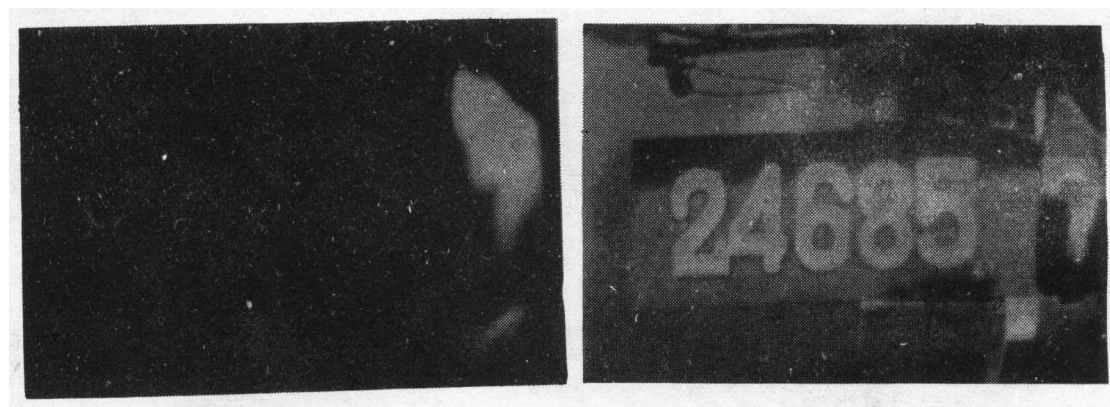
①、脉冲激光到达象增强器阴极上的能量约为 $2 \times 10^{-13}\text{J}/\text{mm}^2$ (用RJ1700[美]能量计测得)。

②、激光照明结果如图4(b)。

③、在手电筒的亮背景下, 采用激光照明与无激光照明的结果比较如下:
(电子快门的宽度为 $200\mu\text{s}$)。

图4(a): 在手电筒的亮背景下无激光照明, 车牌号看不清。

图4(b): 其它条件不变, 增加激光照明, 车牌号与电筒本身均可看清。



(a)

(b)

Fig. 4 图 4

五、结 论

1. 系统的光增益、动态分辨率、摄影频率及曝光时间均表明这样一种新型的高速电影摄影系统是能满足实际应用要求的。

2. 工程上要求* 象增强器系统的最小探测能量 $>10^{-13}\text{J}/\text{mm}^2$, 而我们在实验中

• 工程上要求脉冲激光返回到象增强器阴极板面上的功率应 $>10^{-7}\text{w}$, 光斑为 $\phi 0.1\text{mm}$, 脉宽为 10ns , 即能量应 $>10^{-13}\text{J}/\text{mm}^2$. 而我们在实验中所用激光能量正是这样一个量级, 完全能满足实用要求。

所用激光能量正是这样一个量级,完全能满足实用要求。

3. 工程上激光脉冲的宽度为10 ns,我们在实验中所用脉冲激光的有效宽度 <2.7 ns ($60\text{ ps} \times 45 = 2.7\text{ ns}$),这就说明在实际中使用10 ns的曝光,该系统仍能得到清晰的记录。

4. 实验结果表明对有亮背景的目标采用选通增强器系统与激光照明系统能得到很好的探测结果。

六、感 谢

本文是一个大实验课题的结果,并非靠本文几个署名作者所能完成的,在这里特别感谢赵葆常、高崇寿、梁万和、赵积来、牛憨笨、徐大伦、张洁、王贤华、王志琦、石松令、田少文、柳景图、常增虎、张秀英、刘朝晖、杜水生、张林波等同志在本课题中所做出的贡献。并衷心感谢所有对本课题给予支持的同志。

参 考 文 献

- [1] Elmar Ritter: "Optical Film Materials and Their Application", *Applied Optics*, 1976, Vol. 15, No. 10, P. 2318-2327
- [2] James D. Perdue: "Problems in the Design of Attitude and Event Cameras for the 70's", *SPIE 15th*, Vol. 3, P. 483-491
- [3] Ronald N. Hubbard: "Air Force Approaches to Night Gated Photography", *Image Intensifiers: Technology, Performance, Requirements and Applications*, P. 181-190.
- [4] Thomas J. Brown: "70 millimeter format image enhancement for cine-sextant tracking telescope systems", *SPIE 1975*, Vol. 58, P. 76-84.

A NEW KIND OF HIGH SPEED CINECAMERA WITH A GATE INTENSIFIER

Hou Xun, Tong Hengwei, Zhang Yaoming, Peng Wenda,
Tan Qinbo, Wang Junqiang, Liang Zhiyi

Xian Institute of Optics and Precision Mechanics, Academia Sinica

Abstract

In order to track and measure the weak, small, multiple and high speed moving targets, a new kind of high speed cinecamera with a gated intensifier has been developed. The techniques of image intensifying, laser illuminating, electrical gating and high speed photographing have been used, so the cinecamera has gained the advantages of high light gain, good imaging quality and long measuring distance.

In this system, a gated intensifier and electrical gate with a adjustable gating time of $1 \sim 300 \mu\text{s}$ and adjustable photography frequency of $1 \sim 100$ frames per second has been used. It is the non-lens coupling method that we have solved the two problems-electrostatic discharge and dynamic friction between the film and the optic fiber faceplate. The resolution has been improved by using a coupler of optic-fiber faceplate of low numerical aperture. The highspeed intermission motion of the film has been operated because of the intermission mechanism for transporting film being used.

The results of static, dynamic experiment and experiment with laser illuminator are also presented in the paper.

Keywords: Gate, Intensifier, Cinecamera.