

激光对 CCD 固体摄像器的饱和干扰效应

陈德章 卿光弼 张承铨 刘 韵 刘光华 赵 刚 高剑波
(西南技术物理研究所, 成都, 610041)

摘要: 本文主要研究不同脉冲宽度的 $1.06\mu\text{m}$ 和 $0.53\mu\text{m}$ 脉冲激光对 CCD 固体摄像器的饱和干扰效应。

关键词: CCD 摄像机 脉冲激光饱和干扰效应

Saturated effect of CCD sensor resulted from laser illumination

Chen Dezhang, Qing Guangbi, Zhang Chengquan, Liu Yun
Liu Guanghua, Zhao Gang, Gao Jianbo
(Southwest Institute of Technicale Physics, Chengdu, 610041)

Abstract: This paper is a experimental research on saturated effect of CCD sensor illuminated by a solid YAG laser operating at 1064nm or 530nm . This paper described the experimental setup and the phenomena observed, and the experimental results show that the saturation sensitivity is related to the response sensitivity of CCD sensor at different wavelength.

Key words: CCD camera saturated effects caused by pulse lasers

一、引 言

CCD 作为一种图象传感器已广泛的应用于军事、医学、科研和工农业生产等各领域,但其

五、试 验 结 论

全息激光防护薄膜能有效地防护 $0.53\mu\text{m}$ 波长激光照射,抗激光破坏能力强;试验通过对 32 只兔眼 500 多次照射,结果表明当兔眼前加用全息激光防护薄膜后,在 $0^\circ \sim 15^\circ$ 范围内,在不同 $0.53\mu\text{m}$ 激光能量照射下,激光眼损伤的发生率均为 0%。

参 考 文 献

- 1 刘大禾,周 静,黄婉云. 光学学报,1990;10(9):851~856
- 2 钱焕文,徐碣敏,徐贵道 *et al.* 激光与红外,1990;20(5):45~48

作者简介:曾吉勇(附照片),男,1964年12月出生。硕士,讲师。现从事光电对抗研究。
高尚瑞,男,1941年10月出生。教授。主要从事光电对抗研究。
吴建宏,男,1960年7月出生。副研究员。主要从事全息光学信息处理研究。

收稿日期:1995-12-25 收到修改稿日期:1996-04-22



容易受到强光的损伤或干扰, 对抗 CCD 固体摄像器是光电对抗的重要组成部分。本文主要研究不同脉冲宽度的 $1.06\mu\text{m}$ 和 $0.53\mu\text{m}$ 脉冲激光对 CCD 摄像器的饱和干扰效应。

二、理论分析

CCD 固体摄像器的基本结构是脉冲控制下的 MOS 电容器阵列, 具有电荷耦合、存储和转移的功能, 电荷注入为光注入方式。对于应用最广泛的面阵 CCD 器件一般由感光单元、转移控制栅、暂存单元和水平移位寄存器等几部分组成。在电荷积分期间, 转移控制栅关闭, 感光单元电极处于高电平形成收集电荷的势阱, 光照产生的少子被势阱俘获并不断积累于势阱中。当积分结束时, 转移控制栅打开, 感光单元电平降低同时暂存单元电平为高电平形成势阱, 电荷则快速转移到暂存单元的势阱中。转移结束转移控制栅关闭, 感光单元进入第二场积分, 同时暂存单元中电荷则在脉冲控制下通过水平移位寄存器输出。类似的过程周而复始的进行则构成完整的图象信息。可见, 电荷的产生、收集和转移是 CCD 固体摄像器的三个重要环节, 缺一不可。

研究发现, CCD 固体摄像器感光单元收集电荷势阱处理电荷的能力存在最大极限值 $Q_{\max}^{[1]}$, 即 $Q_{\max} = AV_{cl}C_{ox}$

式中, A 为面积, V_{cl} 为时钟脉冲幅度, C_{ox} 为单位面积氧化膜电容。所以 CCD 固体摄像器的饱和效应起因于光敏区某个或数个感光单元处光照过度, 它们在积分期间内产生的电荷包太多, 超过了势阱的最大电荷收集能力 Q_{\max} , 那么多余的电荷则通过体内扩散到临近势阱中, 从而干扰正常的成象, 在画面上表现为一个白亮区域向四周扩展, 白亮区出现处图象被淹没, 称之为“弥散现象”。因此, CCD 固体摄像器的饱和效应根源是“弥散现象”。

本文研究不同脉冲宽度的脉冲激光对 CCD 固体摄像器的饱和干扰效应, 亦就是将不同脉冲宽度的脉冲激光引入摄像器镜头的视场内, 由于摄像器镜头的聚焦作用, 产生一强的聚焦点迭加在光敏面上形成一过亮区, 使 CCD 工作于饱和状态, 饱和干扰产生的白亮斑或带将覆盖画面, 从而使图象受到干扰或部分消失。

三、实验及结果

激光对 CCD 固体摄像器的饱和干扰效应的实验原理框图如图 1 所示, 其中 He-Ne 激光器用于调校光路, 干扰脉冲激光为 $1.06\mu\text{m}$ 和 $0.53\mu\text{m}$ 两种波长, 入射激光能量由可调激光电源、衰减器 I 和衰减器 II 控制, 入射激光能量的实时监测由取样板和 LER-④型激光能量比率计完成, CCD 摄像器为 PIH-3070L 面阵器件, 摄像镜头焦距为 16mm, CCD 通过带孔反射镜对人工场景成象, 并显示于监视器屏幕上。

实验发现, 激光对 CCD 摄像器的饱和干扰效应首先表现为带毛刺的圆形亮斑, 随着能量的增加, 圆形亮斑沿 Y 轴伸展为亮线段, 线段不断的沿 Y 轴方向伸长, 最终贯穿画面, 能量再增大, 亮线沿 X 轴扩展加宽, 干扰亮线变成亮带, 能量继续增加, 亮带覆盖画面更大的区域, 亮带出现处画面被完全淹没, 无法分辨图象。实验详细结果见附表。

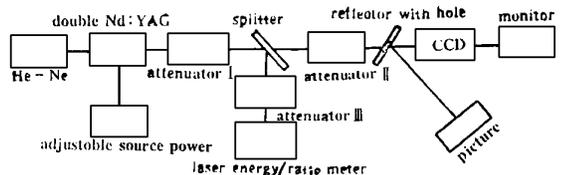


Fig. 1 The experimental setup

实验详细结果见附表。

Table Experimental results of saturated effect of CCD sensor illuminated by a double Nd:YAG laser

wavelength (μm)	pulse width	laser energy (mJ)	phenomena observed	wavelength (μm)	pulse width	laser energy (mJ)	phenomena observed
1.06	60 μs	5.58×10^{-3}	appearance of vertical height line in screen	1.06	20ns	7.08×10^{-3}	appearance of a vertical bright line on screen
		1.4×10^{-1}	50% of screen covered with bright band			1.74×10^{-2}	15% of screen covered with bright band; appearance of horizontal black lines; the sensitive surface of CCD sensor has a damaged spot
		5.58×10^{-1}	70% of screen covered with bright band				
	9.38×10^{-1}	80% of screen covered with bright band; appearance of horizontal black lines; the sensitive surface of CCD sensor has no damage					
1.09	20ns		80% of screen with bright band; appearance of perpetual bright points and perpetual damage spot on sensitive surface of CCD sensor	0.53	20ns	4.16×10^{-4}	appearance of a short vertical bright line
						9.30×10^{-4}	appearance of a bright vertical line in screen
						1.42×10^{-1}	50% of screen covered with a bright band
		4.54×10^{-3}	appearance of a short and vertical line			1.74×10^{-1}	60% of screen covered with bright band; appearance of a bright point and horizontal black lines; the sensitive surface of CCD sensor has a perpetual damaged spot

四、结论和讨论

1. 激光对 CCD 的饱和干扰效应起于 CCD 的“弥散效应”，“弥散效应”产生的白亮斑或带淹没了 CCD 的正常图象。
2. 激光对 CCD 摄像器的饱和干扰是暂时的，是可恢复的，其干扰驰豫时间短暂，激光脉冲闪过干扰亮带几乎立刻消失。如要求有效干扰 CCD 摄像系统使之无法工作，我们建议受干扰区应占成象画面 50% 以上，其次，干扰激光应重频工作，频率高低视摄像器帧频而定。
3. 激光对 CCD 摄像器的饱和干扰效应与激光波长、脉冲宽度以及激光功率等有关。 $0.53\mu\text{m}$ 激光对 CCD 的干扰比 $1.06\mu\text{m}$ 激光对 CCD 的干扰更有效。 $80\mu\text{s}$ 激光脉冲对 CCD 的干扰比 20ns 激光脉冲对 CCD 的干扰更有效。所以，选用 CCD 能接收的波长，其激光脉冲宽度越宽，激光功率越大，干扰更有效。

参 考 文 献

- 1 王以铭. 电荷耦合器件原理与应用. 北京: 科学出版社, 1987: 152, 60

* * *

作者简介: 陈德章, 男, 1964 年 11 月出生。工程师。现从事激光技术研究。

收稿日期: 1996-04-22

