

文章编号: 0258-7025(2009)Supplement 2-0203-03

连续激光对 3CCD 系统的饱和阈值测量

江 天 罗 群 程 湘 爱

(国防科技大学光电科学与工程学院, 湖南 长沙 410073)

摘要 为了研究多波长激光对 3CCD 的饱和干扰效应, 利用 488, 532 和 671 nm 激光对 3CCD 系统进行干扰实验, 分别得到了每种激光波长辐照下, 红、绿、蓝三通道 CCD 的单点饱和阈值。结果表明, 每种波长的激光对其通道内的 CCD 干扰效果好, 对其他通道上的 CCD 有一定的干扰效果。该实验结果对进一步提高干扰 3CCD 效果具有一定的意义。

关键词 测量; 连续激光; 3CCD; 饱和阈值

中图分类号 TN247 文献标识码 A doi: 10.3788/CJL200936s2.0203

Study of Measuring the Saturation Threshold of 3CCD System by CW Laser

Jiang Tian Luo Qun Cheng Xiang'ai

(College of Optic-Electric Science and Engineering, National University of Defense Technology, Changsha, Hunan 410073, China)

Abstract The disturbance experiment of 3CCD detector is represented in this paper. In the experiment, the 3CCD are irradiated by 488 nm, 532 nm, 671 nm continuous wave (CW) laser and the single-point saturation threshold is measured. The results show that three pieces CCD of 3CCD response to the laser which is out of its responsible waveband. The laser can make them saturation. It offers beneficial experiences to the further researches.

Key words measurement; continuous wave laser; 3CCD; saturated threshold

1 引言

随着光电探测器在军事、民用多个领域内的广泛应用, 激光辐照光电探测器的效应成为国内外研究的热点。国内的激光干扰破坏探测器主要集中在黑白单 CCD 的领域^[1,2], 对其饱和破坏阈值范围进行测量^[3], 对饱和、串扰、过饱和现象进行研究, 并对连续和脉冲激光^[4~9]对 CCD 的干扰破坏机理进行了研究。国外这几年主要集中在外空间粒子对探测器碰撞损伤等方面的研究。考虑到 3CCD 已经在很多高科技领域发挥重要作用, 激光对其的干扰效应必将成为人们关注的问题。3CCD 内设有三棱镜, 此三棱镜把光源分为 3 原色光(红、绿、蓝), 3 原色光分别经过 3 块独立 CCD 影像感应器处理, 颜色的

准确程度及影像质量比使用一块 CCD 影像感应器大为改善。

本文研究了激光对 3CCD 探测系统的饱和干扰效应, 利用 3 种波长的激光辐照 3CCD 系统, 测量激光对 3 片 CCD 的饱和阈值, 比较各饱和阈值之间的差别, 为有效干扰 3CCD 提供借鉴。

2 单点饱和干扰阈值的测量

3CCD 的分光原理如图 1 所示。测量激光辐照 3CCD 探测器单点饱和阈值的实验装置如图 2 所示, 激光经分束后, 一部分由功率计实时监测激光器的功率, 另一部分经过扩束系统扩束, 并被衰减片衰减后辐照在 3CCD 的镜头上。

作者简介: 江 天(1986—), 男, 助理工程师, 博士研究生, 主要从事激光与物质相互作用等方面的研究。

E-mail: jiangtian198611@163.com

导师简介: 程湘爱(1966—), 女, 教授, 博士生导师, 主要从事激光与物质相互作用等方面的研究。

E-mail: chengxiang-ai@126.com

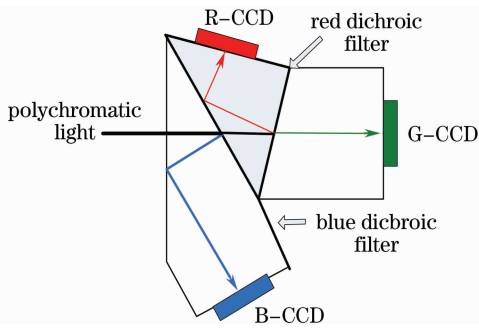


图 1 3CCD 的工作原理

Fig. 1 Operating principle of 3CCD

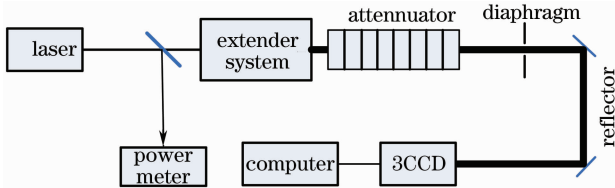


图 2 实验装置图

Fig. 2 Schematic of experimental setup

实验中采用的 488, 532 和 671 nm 激光器都为半导体激光器, 输出功率在 0~200 mW 间连续可调, 激光覆盖整个镜头。3CCD 为 Sony DSR-PD100AP 的数字摄影一体机, 具有 3 片 1/4 英寸 CCD 传感器, 每片 CCD 具有 450,000 pixel (有效像素 400,000)。由图 1 可知, 当多色光进入三棱镜会被分束成红、绿、蓝光, 三色光又在各自的 CCD 上成像, 实验中所利用的红、绿、蓝激光光源为单色性很好的光源, 当一束激光进入 3CCD 的成像系统后, 除了干扰本波长对应的 CCD 以外, 对其他两片 CCD 有没有干扰效应, 干扰效果如何成为本文研究的重点。

以 532 nm 激光为例详细分析测量的过程。在 3CCD 镜头前加上一定数量的衰减片, 使入射到 3CCD 靶面的激光能量足够小以至于能够测量到单点饱和阈值。整个系统有两个参量可以改变 3CCD 靶面上的激光功率密度, 一是调节激光的功率, 一是增加或减少衰减片的数量。利用计算机读取 3CCD 输出的图像, 并把这幅图片分成红、绿、蓝 3 单色图, 通过检测单色图像中灰度值的变化, 分别探测红、绿、蓝通道 CCD 的单点饱和阈值, 即当单色图的灰度图中出现一像素点的灰度值为 255 时, 就认为 3CCD 靶面上这个状态时的激光功率密度为这片 CCD 单点饱和阈值。

3 实验现象及结果

利用 532 nm 激光辐照 3CCD, 衰减片对激光的透过率为 42%, 当激光功率为 7×10^{-6} W 时, 在计

算机绿通道探测到一个像素点达到 255, 如图 3 所示。利用上述条件计算得到此时激光对绿光通道 CCD 的单点饱和阈值为 7.12×10^{-6} W/cm²。当衰减片数量减少到 4 片时, 计算机蓝通道发现有 3 个像素点达到 255, 如图 4 所示。近似认为这个时候激光正好达到蓝通道 CCD 的单点饱和阈值, 计算得到此时激光对蓝光通道 CCD 的单点饱和阈值为 1.1×10^{-3} W/cm²。



图 3 532 nm 激光对绿 CCD 的点饱和图

Fig. 3 Point saturation of G-CCD irradiated by 532nm laser

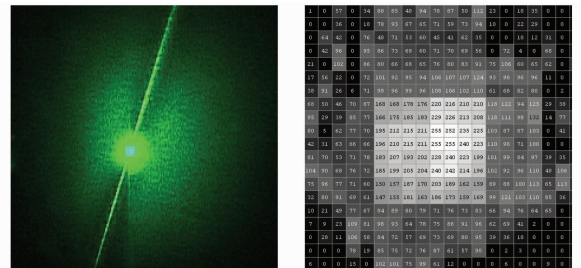


图 4 532 nm 激光对蓝 CCD 的点饱和图

Fig. 4 Point saturation of B-CCD irradiated by 532 nm laser

去掉所有衰减片, 发现红光通道 CCD 还没有一个像素点达到饱和, 缓慢增大激光功率, 当激光功率达到 2.3×10^{-3} W 时, 红光通道 CCD 有 4 个像素点饱和, 如图 5 所示。计算得到此时激光对红光通道 CCD 的单点饱和阈值为 10 W/cm²。

利用 488, 671 nm 激光重复上述实验也分别得到单个 CCD 的饱和阈值, 实验结果如表 1 所示。

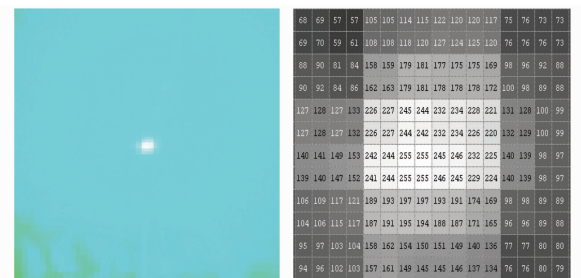


图 5 532 nm 激光对红 CCD 的点饱和图

Fig. 5 Point saturation of R-CCD irradiated by 532 nm laser

表 1 实验结果
Table1 Experimental results

	488 nm laser	532 nm laser	671 nm laser
R-CCD	2.2×10^2 W/cm ²	10 W/cm ²	8.3×10^{-6} W/cm ²
G-CCD	2.5×10^{-4} W/cm ²	7.1×10^{-6} W/cm ²	2.6×10^{-3} W/cm ²
B-CCD	1.7×10^{-5} W/cm ²	1.1×10^{-3} W/cm ²	0.34 W/cm ²

由表 1 可知激光对波段内通道 CCD 的干扰阈值最小大约为 10^{-5} W/cm² 的量级,波段外通道 CCD 的干扰阈值比波段内通道 CCD 干扰阈值高几个数量级。由此可知,利用单一波长的激光干扰 3CCD 很难达到好的干扰效果。

4 结 论

利用红、绿、蓝激光辐照 3CCD 探测系统,虽然三棱镜有分光作用,但是激光仍能干扰其他通道上的 CCD。由实验数据可知,绿光对绿、蓝光通道 CCD 的单点饱和阈值要远小于对红 CCD 的单点饱和阈值。

造成这一现象的原因,主要是和 3CCD 探测系统内部三棱镜上红、蓝二向色滤光片有关。滤光片的带通范围和对波段外激光的截止深度严重影响了一种波长的激光对其他通道上 CCD 的干扰效果。从表 1 可知,虽然 3 片 CCD 都有响应,但是所需要的激光饱和和干扰功率密度还是相差很大,即利用一定波长的激光干扰 3CCD 成像系统,要达到 3 片 CCD 全部全屏饱和所需要的激光能量很大。在干扰 3CCD 系统时,可以根据本实验结果合理选择激光光源。

参 考 文 献

1 Zhong Hairong, Lu Qisheng, Wen Tiefeng *et al.*. Review on the

laser induced damage mechanism of CCD detector [J]. *High Power Laser and Particle Beams*, 1998, **10**(4): 537~542
 钟海荣, 陆启生, 文铁锋 等. 激光辐照 CCD 的破坏机理分析 [J]. *强激光与粒子束*, 1998, **10**(4): 53~7542
 2 Zeng Xiongwen, Lu Qisheng, Zhao Yijun. The photoelectric characteristic research of CCD [J]. *High Power Laser and Particle Beams*, 1999, **11**(1): 47~51
 曾雄文, 陆启生, 赵伊君. CCD 的光电特性研究 [J]. *强激光与粒子束*, 1999, **11**(1): 47~51
 3 Ni Xiaowu, Lu Jian, He Anzhi *et al.*. Measurement of laser damaging thresholds of CCD devices [J]. *Laser Technology*, 1994, **18**(3): 153~156
 倪晓武, 陆 健, 贺安之 等. 激光对光电探测器的破坏机理研究综述 [J]. *激光技术*, 1994, **18**(3): 153~156
 4 Zhang Dayong, Zhao Jianheng, Wang Weiping *et al.*. Study of disturbance to visible-light array CCD detectors irradiated by 1.319 μ m CW YAG laser [J]. *High Power Laser and Particle Beams*, 2003, **15**(11): 1050~1052
 张大勇, 赵剑衡, 王伟平等. 1.319 μ m 连续 YAG 激光束对可见光面阵 CCD 系统的干扰研究 [J]. *强激光与粒子束*, 2003, **15**(11): 10501~1052
 5 Wang Shiyong, Fu Youyu, Guo Jin *et al.*. Study of disturb effect to array CCD detectors irradiated locally by pulse laser [J]. *Applied Laser*, 2001, **18**(5): 317~318
 王世勇, 付有余, 郭 劲 等. 脉冲激光辐照 CCD 面阵探测器系统局部的干扰效应研究 [J]. *应用激光*, 2001, **18**(5): 317~318
 6 Wang Shiyong. Study on Laser Induce CCD Detector Vulnerability and Survivability and Fussy Synthetic Evaluation on CCD Fanning Effects [D]. Beijing: Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, 2002
 王世勇. 激光对 CCD 探测器干扰损伤的研究和模糊评估 [D]. 北京: 中国科学院研究生院, 2002
 7 Chen Jingbao, Lu Qisheng, Shu Bohong *et al.*. Damage effect of CW CO₂ laser on PV type InSb detector [J]. *Laser Technology*, 2002, **26**(1): 47~49
 陈金宝, 陆启生, 舒柏宏 等. CW CO₂ 激光对 PV 型 InSb 探测器的破坏效应 [J]. *激光技术*, 2002, **26**(1): 47~49
 8 Xu Xiaojun, Zeng Jiaolong, Lu Qisheng. Study on influence to the quality of array CCD camera image formation under irradiation of CW YAG laser [J]. *Infrared and Laser Engineering*, 1999, **20**(1): 33~39
 许晓军, 曾交龙, 陆启生. YAG 激光辐照对面阵 CCD 探测器成像质量影响研究 [J]. *红外与激光工程*, 1999, **20**(1): 33~39
 9 Liu Zejin, Lu Qisheng, Jiang Zhiping *et al.*. Study on damage effect in CCD detectors irradiated locally by laser [J]. *Laser Technology*, 1994, **18**(6): 228~230
 刘泽金, 陆启生, 蒋志平等. 激光辐照 CCD 图像传感器局部的破坏效应研究 [J]. *激光技术*, 1994, **18**(6): 228~230