

面阵 CCD 用于激光束能量空间分布的测量

张纯玉 王廷福

(西南技术物理研究所, 成都 610015)

提要: 本文报道用面阵 CCD 测量脉冲 YAG: Nd³⁺ 激光束能量空间分布状态。介绍了 CCD 相机与图像处理仪、微机相结合实现自动化测试的结果。

关键词: 激光脉冲能量分布测量, 面阵 CCD, 图像处理仪

Measurement of spatial energy distribution of laser beam by CCD matrix array

Zhang Chunyu, Wang Tingfu

(Southwestern Institute of Technical Physics, Chengdu)

Abstract: This paper reports three dimensional measurement of pulse laser field profiles by matrix CCD and the automatic test results are given by combining the matrix CCD camera with graphic processor, computer and printer.

Key words: distribution measurement of laser pulse energy, matrix CCD, graphic processor

电荷耦合器件是 70 年代发展起来的新技术^[1]。国外利用 CCD 测量脉冲 YAG 激光束能量空间分布系统已有产品。国内用线阵 CCD 测量脉冲 YAG 激光能量分布已有研制报道^[2]。本文叙述用面阵 CCD 测量脉冲 YAG 激光束能量空间分布状态及测量系统。

一、测量原理

采用国产 DL30 型 108×100 位面阵 CCD 图像传感器。该器件由摄像区、存储区、水平移位寄存器和输出电路组成^[3]。被测激光束聚焦在摄像区上的光斑图像, 在器件的光积分时间里变成电子图像, 并在垂直消隐时间内转移至寄存区。储存一场图像并在水平消隐时间内将一行图像转移至水平移位寄存器。水平移位寄存器是三相操作, 最后在浮置扩散区取出 CCD 信号电荷引起电压变化由晶体管源极检出。检出的电压变化量与激光束照在光敏元上的能量成比例。其测试系统光路见图 1。

该系统利用图像处理仪与面阵 CCD 摄像机相结合, 采集数据、用 ADC 调入微机、处理、绘图、打印在三分钟内完成。达到对脉冲 YAG 激光能量分布测试快速、准确、方便。

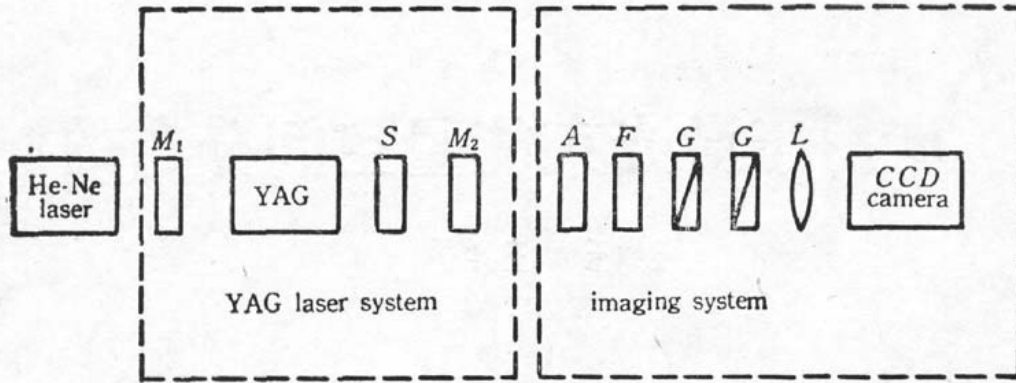


Fig. 1 Optical system for measuring the YAG laser beam profile

M_1 —High reflectivity mirror; S —Small aperture; A —Attenuator; M_2 —Output coupler; F —Filter; G —Glan prism; L —Lens

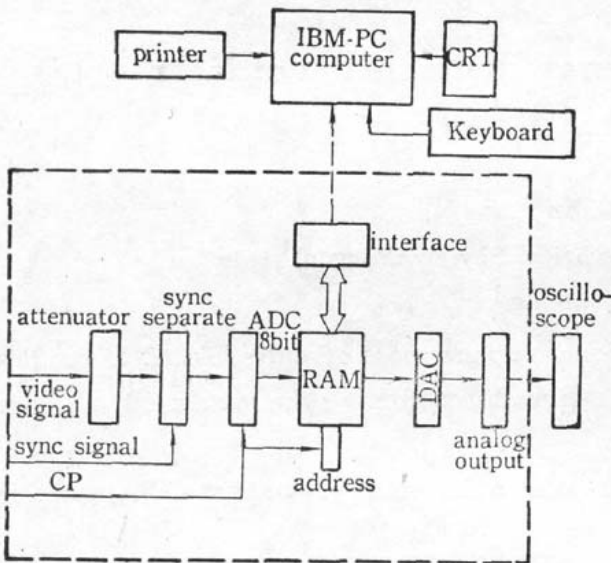


Fig. 2 Block diagram of graphic processing instrument

图像处理仪原理方框图见图 2。

在图像仪上,按手动写启动键,仪器进入“写状态”。被测视频信号经衰减、同步分离,送入 ADC。在触发信号到来之前 ADC 和 RAM 处于循环工作状态。而控制器内计数电路没有工作,仪器处于“写状态”。触发信号到来后,计数比较电路开始工作。为保证所采数据与视频信号同步,本仪器的触发信号为 CCD 相机的帧同步信号。当记录到 25.6K 有效内存(1 帧)后,发出转读信号,置仪器为读出状态。于是信号被保存下来待微机处理。

图像处理仪与带有 $1.06 \mu\text{m}$ 滤光器,调节光强的一对 Glan-Foucault 棱镜、聚焦透镜和 CCD 相机组成一体去采集储存激光能量空间分布信息。然后通过接口由键盘调入微机内存,启动软件进行处理。绘出高/中分辨率三维黑白/彩色图形。图形空间形象性强,可正视、侧视,又可背视。激光有“卫星”斑亦十分清楚。

对脉冲 YAG 激光器的光束能量分布测量,利用 CCD 相机帧同步配合合适的脉冲延迟来控制激光器闪光灯的触发便容易探测到激光信号。

图 3 是经选基横模后 22 mJ 激光能量的空间分布测量,图形呈高斯分布状态。基横模运转条件下,用染料调 Q 激光(脉宽为 9 ns,输出能量为 12 mJ)进行测量图形仍呈高斯分布。根

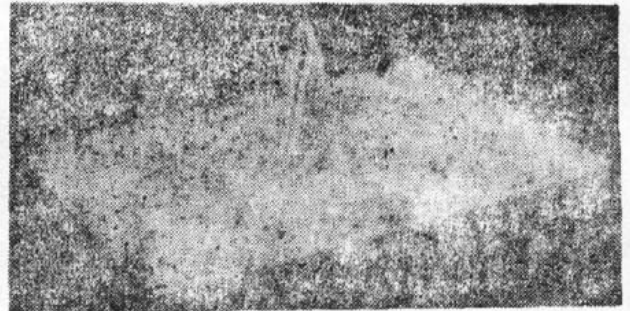


Fig. 3 Pulsed YAG laser image produced by matrix array

据 CCD 器件,原则上对更短的脉冲用此方法测试也是可行的。

二、系统性能评价

DL30 型 108×100 位面阵 CCD 器件,光敏元为 $18 \mu\text{m}$ (水平中心——中心) $\times 24 \mu\text{m}$ (垂直),摄像区为 $1.8 \text{mm} \times 1.3 \text{mm}$, 对角线长为 2.2mm 。用 P 型硅三相表面沟多晶硅栅技术制造,以保证低暗电流。

该相机行扫描为 $64 \mu\text{s}$,场扫描为 6.25ms 。输出信号中有行、场和帧同步脉冲。水平扫描频率为 15625Hz ,垂直扫描频率为 80Hz ,采用隔行扫描水平读出频率为 1.9MHz ,帧转移频率为 158kHz ,场转移时间为 0.35ms ,行转移时间为 3.3ms ,视频宽为 1MHz ,功耗为 10W 。按这些参数制成图像处理仪,采样速率为 5MHz ($0.2 \mu\text{s}/\text{字}$),内存 25.6K 。ADC 的转换精度为 8 位二进制。

为了实现测量选取一定景深深度,焦斑小于光敏区的消球差物镜系统作光束聚焦,其焦距为 9mm 。一对 Glan-Foucault 棱镜作光强变动保证 CCD 器件工作在线性区。这种棱镜是靠空气隙的临界角起偏,而不能用胶粘合,以免在较强激光下破坏引进误差。消光比大于 50dB 。 $1.06 \mu\text{m}$ 滤光片是截止可见光谱提高测试精度缺一不可的,该滤光片经测试在 $1.06 \mu\text{m}$ 处透过率为 73% ,小于 $0.8 \mu\text{m}$ 短波长光全被截止。

影响精度的其它因素主要是 CCD 的线性、动态范围、光谱响应和光敏元的非均匀性。为此要求供应无光敏元失效、对均匀光淹没相对响应误差小于 5% ,来保证系统精度。同时软件上可作一定的修正。若要求动态范围的 $50:1$ 按高斯光束计算能探测出 98.0% 能量,则只要在线性范围内使用均能保证测试精度。

本文所用 CCD 器件由机电部十三所提供。

参 考 文 献

- 1 G. H. Sequin, M. F. Tompsett, Charge Transfer Devices, Academic press, Inc., 1975
- 2 周复正 *et al.*, 中国激光, 11(3), 183(1984)
- 3 电子部第十三所, 1983. 5, CCD 产品说明书。