

· 光电系统与 设计 ·

CCD 组件参数综合测试系统应用研究

赵 亮, 刘海欧

(东北电子技术研究所, 辽宁 锦州 121000)

摘 要: CCD 组件参数综合测试系统配备了 PCI 高速数字图像采集卡获取测试数据, 显示测试图像. 分析了各参数的综合测试方法与原理, 优化的结构设计保证了一台仪器就能够对帧频、饱和输出幅值、均方根噪声等多种性能参量测试. 利用统计学的方法对多次测试结果进行了误差分析. 试验表明, 测试系统具有测试过程自动快速及测试数据准确稳定的优点.

关键词: CCD 组件; 测试; 参数

中图分类号: TN206

文献标识码: A

文章编号: 1673 - 1255(2010)06 - 0005 - 03

Application and Research on the CCD Components Parameter Testing System

ZHAO Liang, LIU Hai-ou

(Northeast Research Institute of Electronics Technology, Jinzhou 121000, China)

Abstract: The CCD component parameter measurement system is implemented with the PIC to obtain high-speed digital image data acquisition card and to show test images. All parameters comprehensive testing methods and principles were analyzed, the optimized structure design ensures that a device would test the frame rate, the value of the amplitude of saturated output, mean square root noise and other performance parameters. The error analysis has been made on the multiple test results by using a statistical method. Tests show that the test system has the following advantages: the test process is quick automatic and the tested data is accurate and stable.

Key words: CCD components; testing; parameter

CCD 组件是光电转换、电荷储存、电荷转移和自动扫描等功能于一体的光电器件. CCD 组件的综合参数能够全面定量的表征在探测图像时的综合性能. CCD 组件参数综合测试系统采用高速数字图像采集卡、均匀稳定的光源系统、高精度定位及计算机分析控制系统等先进技术来实现对帧频、饱和输出幅值、均方根噪声等多种性能参量测试.

1 CCD 测试系统组成及功能

CCD 组件综合测试系统为测试平台和系统主机两大部分. 其中测试平台由光源系统、支撑工装、电源模块、控制及转换模块 4 部分组成. 如图 1 所示.

CCD 组件测试仪与随机配套的 PCI 高速数字

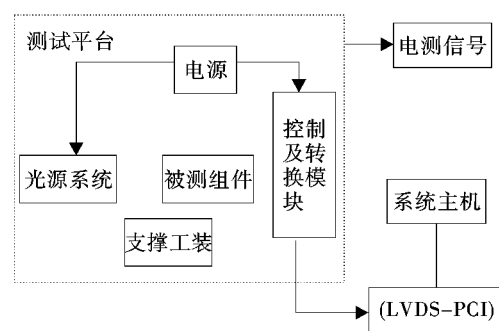


图 1 系统组成

图像采集卡及相应的软件可以组成应用系统. 测试仪与图像采集卡通过一根 50 芯 SCSI 型专用电缆相连, 系统主机通过安装于其中的图像采集卡 (LVDS - PCI) 获取测试数据, 显示测试图像, 计算分析; 实

现对光纤耦合 CCD 组件的自动测试工作. 测试仪还单独输出 TTL 电平的帧频信号, 供示波器测试^[1].

1.1 系统主机

系统主机通过安装于其中的数据传输卡 (LVDS-PCI) 与测试平台进行数据交换, 以控制测试平台工作, 显示测试图像, 获取测试数据, 计算分析; 实现对 CCD 组件的自动测试工作.

1.2 光源系统

光源系统的均匀性和稳定度对直接关系到整个测试的准确性. 采用 4 个小积分球加主积分球为整个测试系统提供均匀面光源^[2]. 主积分球口径 50 cm, 均匀度达到 99%. 4 个小积分球的出射孔实现可变光阑^[3].

1.3 支撑工装

安装待测的 CCD 组件; 保证被测组件与光源的相对位置确定.

1.4 电源模块

将 220 V 交流电变为多路直流电源, 供给测试平台其他部件使用; 控制各电路电源的开关; 监测各路电源.

1.5 控制及转换模块

与系统主机的信息交换, 将测试平台的各项工作状态发送给系统主机, 同时接受主机命令, 改变测试平台的工作状态, 配合测试软件, 实现自动化测量.

2 测试内容

“CCD 组件参数综合测试系统”用于实现对 CCD 参数、记录、分析及评测^[4]. 主要测试项目为: 帧频、饱和输出幅度、均方根噪声、固定图像噪声、输出信号位数、最低照度、坏像元数、功耗. 由于系统采用积分球作为测试光源, 其测试原理与以往有较大区别.

2.1 帧频

帧频为单位时间内输出图像的帧数. 通过控制及转换接口, 将被测组件的帧频信号转换成标准 TTL 电平, 并从电测信号接口输出. 使用软件计算

每秒内输出图像的帧数.

2.2 饱和输出幅值

饱和输出幅值是数字摄像机的靶面照度达到饱和的情况下, 输出的信号平均值与无光照条件下输出的信号平均值之差. 在无光照条件下, 测量输出信号平均值 V_1 ; 在靶面照度达到饱和的情况下, 测量输出信号平均值 V_2 . 则饱和输出幅值 $V_{sat} = V_2 - V_1$.

2.3 均方根噪声

在无光照条件下, 采集 100 帧图像. 按式(1)计算此时器件每一像元的噪声电压 V_{Ni} 为

$$V_{Ni} = \sqrt{\frac{1}{F-1} \sum_{f=1}^{100} (V_{0i}(f) - \bar{V}_{0i})^2} \quad (1)$$

式中, \bar{V}_{0i} 为 i 像元 F 帧的平均输出信号; F 为采集的图像帧数, 为 100 帧; $V_{0i}(f)$ 为 i 像元第 f 帧的输出信号.

按式(2)计算组件的均方根噪声值 V_{NRMS} .

$$V_{NRMS} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M V_{Ni} \quad (2)$$

式中, V_{NRMS} 为组件的均方根噪声值; M 为光敏面像元数目 (为 256×256).

2.4 固定图像噪声

固定图像噪声是在无光条件下, 摄像机的背景分布非均匀性.

固定图像噪声 (DN) =

$$\sqrt{\frac{\sum_{Y=0}^{N-1} \sum_{X=0}^{M-1} (V(x, y) - V_2)^2}{M \times N}}$$

式中, M 为数字摄像机的水平像元数; N 为数字摄像机的垂直像元数; $V(x, y)$ 为 (x, y) 点处的像素灰度值; V_a 为本帧的全部像素算术平均值.

在无光条件下, 对全部光敏元进行信号采集, 并根据固定图像噪声的定义, 测算出组件的固定图像噪声 (DN).

2.5 有效输出信号位数

有效输出信号位数是数字图像由多个数据位构成, 数字摄像机输出的总的有效数据位个数即是其有效输出信号位数^[5]. 从饱和光照开始, 逐渐减小光强直到光强为零. 当判断了所有的数据位均为有效时, 停止减小光强. 在此过程中连续地采集图像并进行判断. 判断依据为: 在此过程中, 该数据位不为

常数(长高或长低),且与其他数据位不始终相同.若为常数,则该位缺失;若与另一数据位始终相同,则该位与另一数据位短路.

2.6 靶面最低照度

靶面最低照度为到达 CCD 靶面的某种强度的光,引起的信号变化与均方根噪声相等;则认为此即为 CCD 的靶面最低照度.在无光照条件下,测试整个 CCD 的平均输出为 V_1 ,输入额定强度的均匀光 $E(Lx)$,使摄像机输出平均值达到约 1/2 满度,测试整个 CCD 的平均输出为 V_2 ,靶面最低照度 E_{th} 为

$$E_{th} = \frac{E}{V_2 - V_1} \times V_{NRMS} \quad (3)$$

2.7 坏像元数

在保证每个像元接受光强一致的前提下,若某像元的输出信号与平均输出信号的差异 $> 20\%$,则该像元为坏像元.

$$\left| \frac{V_1 - V_2}{V_2} \right| > 20\% \quad (4)$$

坏像元数是指一帧完整图像中坏像元的个数.在无光照条件下,测试整个 CCD 的输出为 V_{1i} ,输入额定强度的均匀光,使摄像机输出平均值达到约 1/2 满度,测试整个 CCD 的输出为 V_{2i} .

$$V_i = V_{2i} - V_{1i} \quad (5)$$

$$V_a = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M V_i \quad (6)$$

然后对该图像的每个像元按坏像元的定义公式(4)进行计算,得出坏像元的位置和总坏像元数;并进行图像处理,使坏像元出现于最终的测试报告上.

2.8 功耗

功耗(mW) = $12I_1 + 5I_2$,采用 0.1Ω 精密电阻,测量该路电源经过 0.1Ω 精密电阻的压降,得出 I_1 和 I_2 ;即可测试出功耗.

3 测试结果分析

利用研制的测试系统对光锥型 CCD 组件的参数进行测试,在规定的检定环境条件下,连续测量 N 次,按式(7)计算测试项测量重复性误差.

$$\delta_{LS} = \frac{\sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (L_i - \bar{L})^2}}{\bar{L}} \quad (7)$$

式中, $\bar{L} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N L_i$,表示在测量时间范围内,测量值的算术平均值; L_i 在测量时间范围内第 i 次测量值; N 为测量次数,取 $N=10$.用该系统对帧频测试等 8 项内容分别进行了 10 次测试,根据式(6)计算得到重复性误差如表 1 所示.

表 1 测量重复性误差

测试项	测试次数	被测器件	重复性误差
帧频	10	光锥 CCD 组件	$\leq \pm 0.3\%$
饱和输出幅值	10	光锥 CCD 组件	无
均方根噪声	10	光锥 CCD 组件	$\leq \pm 2 \text{ dB}$
固定图像噪声	10	光锥 CCD 组件	无
有效输出信号位数	10	光锥 CCD 组件	无
靶面最低照度	10	光锥 CCD 组件	$\leq \pm 0.3\%$
坏像元数	10	光锥 CCD 组件	≤ 1 个
功耗	10	光锥 CCD 组件	$\leq \pm 0.3\%$

4 结束语

CCD 组件测试系统是对 CCD 组件进行光电参数采集、记录、分析及评测的专用系统工具. CCD 组件的综合参数测试是非常重要的,它将直接决定着 CCD 组件的实际应用情况.原来需要多种工种、多个环节、多台仪器的检验内容,采用该测试系统测试后将一次性自动完成;对连续测试结果的误差分析表明,重复性不大于 3%.测试数据不仅稳定、可靠,而且简化了测量过程,并避免了 CCD 组件在检验及转运过程的损伤风险性.

参考文献

- [1] 颜伟彬. CCD 信号数据采集及处理[D]. 武汉:华中科技大学,2004.
- [2] 阮林波,郭明安,李斌康,等.高帧频 CCD 光纤传输系统的设计与实现[J]. 电视技术,2004,(4).
- [3] 张勇,唐本奇,肖志刚,等.线阵 CCD 总剂量辐照效应离线测量系统设计[J]. 核电子学与探测技术,2004,(5).
- [4] 公发全. CCD 光学调制传递函数及检测方法研究[D]. 长春:中国科学院研究生院(长春光学精密机械与物理研究所),2002.
- [5] 赵凯生,刘爽,龙再川,等.基于 ARM 的线阵 CCD 测量系统应用分析[J]. 光电技术应用,2006(1).