

线阵 CCD 光敏面不平度测量 装置设计与电路实现

贺庚贤

(中国科学院长春光学精密机械研究所 长春 130022)

摘要 介绍了以测微导轨、微调平台、显微物镜、电感测微仪和微机为主要组成部分的线阵 CCD 光敏面不平度测量装置的工作原理,详细论述了微机接口电路的设计及实现方法。

关键词 微机 接口 CCD 不平度

1 引言

CCD 器件是七十年代发展起来的一种重要的光电探测元件,由于它具有动态范围大、分辨率高、线性度好、功耗低、体积小、寿命长等特点,已广泛应用于各种遥感、计量测试、自动控制、图像输入等领域。在许多使用场合下,用户并不满足生产厂在手册中提供的一些典型参数及曲线,还必须了解个别器件的实际参数,为此,我们研制了 CCD 测试设备。测试的主要参数包括:几何参数、调制传递函数和光电参数,其中 CCD 光敏面不平度是重要的几何测试参数之一。

CCD 器件是由许多个尺寸一定的像元组成,图 1 为 CCD 的坐标示意图,以其光敏面所在平面为 XOY 平面,像元的排列方向定义为 X 方向,垂直方向为 Z 方向,坐标原点设在首像元的中心。对于理想的 CCD,其所有像元的光敏面应该在同一平面上,但是,在实际制造过程中,由于各种因素的影响,其光敏面凹凸不平,从而产生某种程度的偏差,如图 1 虚线所示,

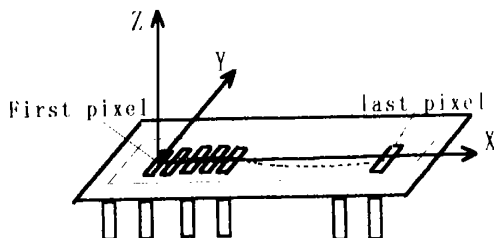


Fig. 1 Coordinate of the CCD

这种偏差即称为 CCD 光敏面的垂直不平度。不平度的存在使得 CCD 在应用过程中,某些像元的光敏面相对于焦平面的位置发生变化,从而使得这些像元离焦,这将直接影响 CCD 的成像质量,所以,对于 CCD 光敏面不平度的测量是筛选 CCD 器件的一项重要指标。

CCD 光敏面不平度的表示方法为:以首末两个像元光敏面所在的平面为基准,分别测量其它像元相对于该基准面的偏差(Z 向),即为这些像元光敏面的垂直不平度。

2 测量装置结构及测量原理

根据上述测量概念,确立了测量装置的结构。图 2 为测量装置结构示意图,测量装置主要由测微导轨、微调平台、显微物镜和电子测量系统组成。CCD 芯片固定于 CCD 盒上的插座中, CCD 盒安装在微调平台上。测量时,测微导轨可以带动微调平台及 CCD 盒在 X 、 Y 方向上移动,用以粗调 CCD 芯片的测量位置。微调平台共有五个自由度,包括 X 、 Y 两个方向的直线微位移,以及围绕 X 、 Y 、 Z 三个方向的旋转角位移,通过微调平台这五个方向的微调机构,可以精调被测 CCD 的位置。显微物镜将 CCD 光敏面成像并放大,送至监视器以供观测,显微物镜通过 Z 向微调机构可以在 Z 方向上作微位移。 Z 向导轨与显微镜光轴平行,测量 Z 向微位移的测长尺应放在被测像元 Z 向移动的延长线上,以消除 Abbe 误差。电子测量系统的主要任务是:将显微镜 Z 向微位移量通过传感器转化为电量,测量的数据通过接口电路传送给主计算机。

本装置的技术要求为:

1) 用 40X/0.63 显微物镜瞄准时,瞄准精度误差由焦深决定, $\delta_1 = 1\mu\text{m}$ 。

2) X 向导轨不平度误差:当导轨平直度为 ± 1 时(200mm 范围内),其不平度误差为 $\pm 1\mu\text{m}$,它直接引起 Z 向误差,故 $\delta_2 = 1\mu\text{m}$ 。

3) 电子测量误差及系统误差:电子测量精度为 $0.5\mu\text{m}$, Z 向导轨和光轴不平行的偏差 5 以内,则测长精度可达 $\pm 1\mu\text{m}$,故 $\delta_3 = 1\mu\text{m}$ 。

4) 环境影响,机械不稳定因素引起 $\pm 0.5\mu\text{m}$,故 $\delta_4 = 0.5\mu\text{m}$ 。

总的 Z 向测量误差:

$$\delta_z = \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2 + \delta_4^2} = \sqrt{1^2 + 1^2 + 1^2 + 0.5^2} \mu\text{m} = 1.8\mu\text{m} < 2\mu\text{m}$$

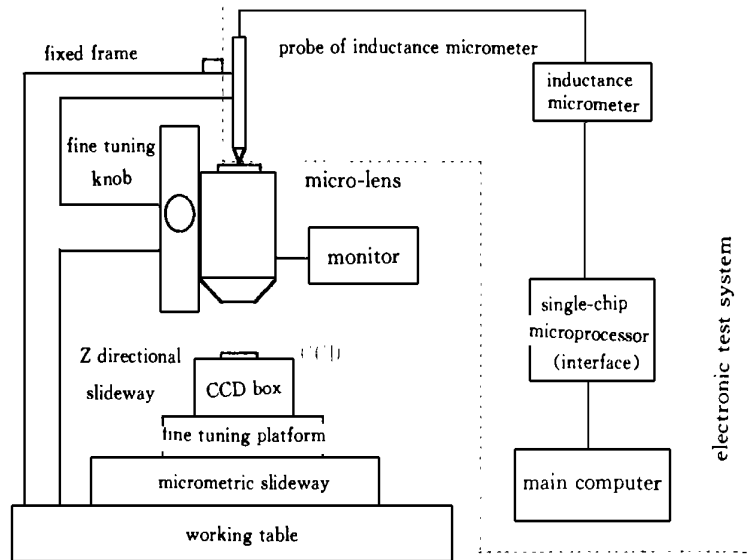


Fig. 2 Structure of the test equipment

测量范围: 1mm

测量原理为: 将 CCD 固定好, 把 X 向导轨和被测线阵调平行, 线阵 CCD 首末两个像元的像调焦清晰, 然后对准其它像元, 这时如果像元不清晰, 则调整显微物镜 Z 向微调, 使该像元清晰, 此时, 显微物镜 Z 向微位移量即是 CCD 像元光敏面垂直方向的不平度值。

下面详细讨电子测量系统的设计及实现方法。

3 电子测量系统设计

电子测量系统主要包括高精度的位移测量传感器, 单片机接口和主计算机。在此, 位移量传感器采用了 GDS-6 型电感测微仪(简称电感仪)。电感仪是一种接触式测量微小位移的精密测量仪器, 它可以直接将机械位移量转化为电量。电感仪与其它微位移测量仪器相比, 具有结构简单、性能稳定、性能价格比高等特点。它的测量范围分三档: $10\mu\text{m}$ 、 $100\mu\text{m}$ 和 $1000\mu\text{m}$, 分辨率为量程的千分之一, 最小可达 $0.01\mu\text{m}$, 精度为量程的千分之五, 最小为 $\pm 0.05\mu\text{m}$, 完全能满足上述测量精度 $< 2\mu\text{m}$, 测量范围 1mm 的技术要求, 电感仪红宝石测头按要求位于显微物镜光轴的延长线上。

电感仪配有一并行 16 位 8421 码数据输出口, 输出电平 0-5V, 可直接配接 5V 电平的 CMOS 电路, 每位可驱动一个 TTL 门电路。由于主计算机距离测量装置较远, 电感仪输出的数据不便于直接以远程并行的方式传送给主计算机, 因此, 在本装置中, 我们采用智能型单片机, 将电感仪输出的并行数据转化为串行数据, 传送给主计算机。

主计算机与单片机之间远程串行通讯协议为:

1 波特率: 19.2k。

2 单片机不发送数据时, 输出为高阻态。

3 主机复位时, 单片机同步复位。

4 单片机与主机之间采用光耦隔离。

5 主机向单片机发送的数据:

第 1、2 字节: 引导码# FFH, # FFH;

第 3 字节: 单片机代码# 02H;

第 4 字节: 从第 5 字节起的数据字节数# 01H;

第 5 字节: 单片机代码# 02H;

例如: 主机向单片机发出以下一组数据:

FF FF 02 01 02

其阵义为: 主机要与# 02 号单片机通讯, 采集 Z 向数据。

6 单片机向主机发送的数据:

第 1 字节: 单片机代码# 02;

第 2、3 字节: 从第 4 字节起的数据字节数# 00 # 07H;

第 4-9 字节: 电感仪(Z 向) 读数;

第 4 字节为符号位: 向下为正(# 2BH), 向上为负(# 2DH);

第 5-8 字节电感仪读数, ASC 码, 小数点浮动(# 2EH), 不足位数前补零, 高位在前, 低位在后;

第 9 字节: 单片机代码# 02H;

例如: 单片机向主机发出以下一组数据;

02 00 07 2B 31 35 38 2E 33 02 其含义为:# 02号单片机(02),发送了7(0007)个字节的数, Z 向读数为: + 158.3 μm 。

4 电路的实现

图3为根据上述设计要求而设计的接口电路框图。电感仪输出为并行8421码接口,共16位,因此,电感仪与单片机之间采用8155并行接口。

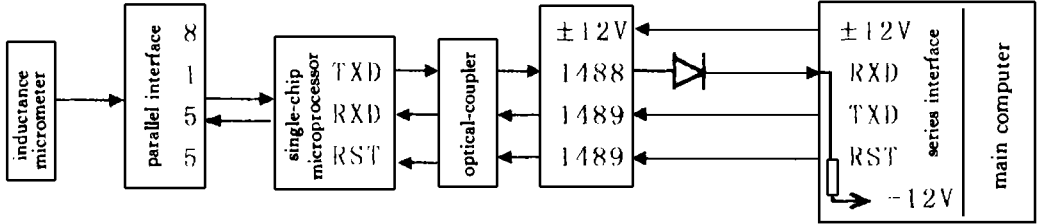


Fig. 3 Block diagram of interface circuit

主机的串行口为标准的RS232接口,信号电平为 $\pm 12\text{V}$,而单片机的信号电平为0–5V,因此,单片机与主机间的串行通讯必须经过电平转换,这一任务是由一对电平转换芯片1488和1489完成,其中 $\pm 12\text{V}$ 电源由主机引出。

主机复位信号经驱动(1488)传送给单片机,单片机接收主机的复位信号并与自身的复位信号相或,这样无论哪个复位信号到来,都会使单片机复位。

单片机数据输出端接有一个二极管,起三态门的作用,当单片机不发送数据时,使输出为低(-12V),此时二极管截止,相当高阻态。当发送数据时,二极管导通,数据会通过二极管传给主机,而此时其它单片机的二极管处于截止状态。

图4为单片机程序框图。单片机复位后,首先执行初始化程序,将8155的A口和B口定义为输入/输出,单片机的串行通讯波特率设置为19.2k,工作方式选择0。初始化完成后,开始等待主机发送命令,并判断是否需要采集Z向数据。当接收到符合上述通讯协议5所规定的的数据时,单片机就开始通过8155的A口和B口采集电感仪的数据,并将其转换成符合上述通讯协议6所规定的的数据形式,最后,把数据通过串行口发送出去,程序重新返回初始化。

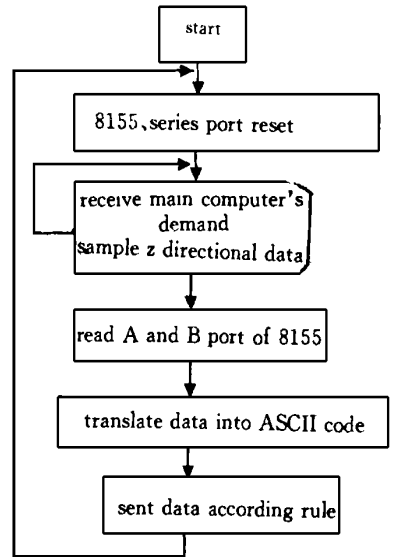


Fig. 4 Block diagram of the program

5 实验结果及结论

经现场实际测试,测量数据准确度高且性能稳定,传输的数据在20米以内无错码,获得了令人满意的效果。表1利用该装置测得的TCD102C芯

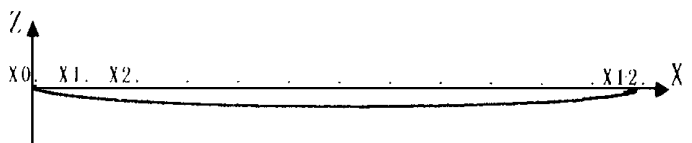


Fig. 5 Coordinate of CCD photosensitive surface

片不平度值, 在 X 方向选取 12 个点作为测量目标, 每个点测量 5 次。图 5 为实测 CCD 光敏面坐标示意图。测得的该芯片最大不平度值为 $-2.85\mu\text{m}$, 最大标准偏差为 $0.44\mu\text{m}$ 。

Table. 1 Test result(μm)

X	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	average	δ_{n-1}
X_0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X_1	-0.44	-0.69	-0.36	-0.25	-0.47	-0.44	-0.16
X_2	-0.68	-0.71	-0.46	-1.29	-1.17	-0.86	-0.35
X_3	-0.90	-1.08	-0.92	-1.40	-0.96	-1.05	-0.21
X_4	-1.69	-1.77	-1.54	-2.23	-1.66	-1.78	-0.26
X_5	-2.38	-2.76	-2.50	-2.56	-2.45	-2.53	-0.15
X_6	-2.66	-2.94	-2.65	-2.78	-3.24	-2.85	-0.25
X_7	-1.83	-2.17	-1.71	-1.87	-1.91	-1.90	-0.17
X_8	-1.05	-1.16	-0.94	-1.09	-1.13	-1.07	-0.09
X_9	-0.34	-0.75	-0.61	-0.70	-0.75	-0.63	-0.17
X_{10}	-0.26	-0.76	-0.34	-0.39	-1.26	-0.60	-0.42
X_{11}	-0.09	-0.47	-0.25	-0.37	-0.43	-0.32	-0.15
X_{12}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00

从测量的数据可以得出如下结论: 测量装置结构设计合理, 实现电路简单、实用。

参 考 文 献

- 1 何立民. 单片机应用系统设计. 北京: 航空航天大学出版社, 1990
- 2 中原量仪厂技术推广部. 电感测微仪

Design of the Equipment for Measuring Degree of Unevenness of Linear CCD Photosensitive Surface and Relization of Circuit

HE Geng-Xian

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)

Abstract

This paper intruduces the principle of the equipment for measuring degree of unevenness of linear CCD photosensitive surface. The equipment is consisted of micrometric slideway, fine tuning platform, micro-lens, inductance micrometer and microcomputer. The method of design and relization of microcomputer's interface circuit is described in details.

Key words: Microcomputer, Interface, CCD, Degree of unevenness

贺庚贤 女, 1964 年出生, 1987 年毕业于天津大学电子仪器及测量技术专业, 多年来一直从事电子技术及 CCD 应用方面的研究工作。