

# 用于激光散斑图逐点自动分析仪中的微处理器系统

阮 锦 郝志航 赵宝庆 袁雅珍 孙忠国

**摘要** 通过对激光散斑图逐点自动分析仪的原理介绍,叙述了微处理器硬、软件的设计方法,说明了微处理器在此系统中的作用。

## 一、前 言

激光散斑图的分析和应用是近年来随着激光技术和激光物理的发展而日益兴起的一门新的研究领域,这个领域中的许多研究成果已经在科研和生产上获得了广泛的应用。

散斑效应在位移场、变形场、振动场的分析中具有重要的应用价值。处于不同力学状态下物理的二次(或多次)曝光散斑图的逐点分析,能准确地测出面内位移矢量(除正、反方向的不确定性外),因而是应用散斑效应进行定量分析的主要方法。位移或变形散斑图的功率谱为杨氏条纹,其方位角 $\theta$ 和空间周期 $\delta$ 分别表征被测点面内位移矢量 $\vec{d}$ 的方向和大小。过去, $\delta$ 和 $\theta$ 依靠人工判读,不仅测量速度慢,误差大,而且容易引起疲劳,在工程模型的分析中,测点数量很大,人工判读远远满足不了要求,因此迫切需要研究杨氏条纹自动判读的原理和方法,研制散斑图信息的自动处理系统。激光散斑图逐点自动分析仪的微处理器系统就是为了自动地进行 $\theta$ 和 $\delta$ 参数测试而设计和研制的。

## 二、工作原理

激光散斑图自动分析仪工作原理,如图1所示。

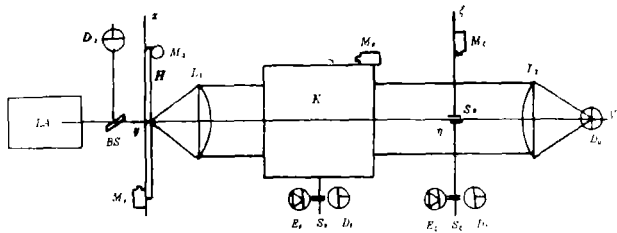


图 1 工作原理

$LA$ : He-Ne激光器;  $BS$ : 分束器;  $M_2$ :  $x$ 方向步进电动机;  $H$ : 散斑图;  
 $M_1$ :  $y$ 方向步进电动机;  $L_1$ : Fourier变换透镜;  $D_1$ : 参考光束接收器;  $K$ : 转向棱镜;  
 $M_0$ :  $\theta$ 方向步进电动机;  $E_0$ : 发光二极管;  $S_0$ :  $\theta$ 零点狭缝;  $D_0$ :  $\theta$ 零点接收器;  
 $M_3$ :  $\xi$ 方向步进电动机;  $S_2$ : 中心狭缝;  $D_2$ :  $\xi$ 零点接收器;  $S_1$ :  $\xi$ 去零点狭缝;  
 $E_2$ : 发光二极管;  $D_2$ : 条纹信号接收器;  $L_2$ : 聚光镜。

由图 1 看出, 分析仪可以这样工作:

初始状态, 中心狭缝  $S_0$  位于光轴位置, 转向棱镜位于  $\theta = 0$  处。从 He-Ne 激光器  $LA$  发出的激光束经分束器  $BS$ , 一束射向参考光束接收器  $D_1$  形成光功率补偿光路, 另一束射向二次曝光散斑图  $H$ , 经过 Fourier 变换透镜  $L_1$  形成杨氏条纹图, 通过  $x$  方向步进机  $M_x$ ,  $y$  方向步进机  $M_y$  的运动, 可将待测点定在散斑图  $H$  上的任一点处, 对于不同点 杨氏条纹的倾角  $\theta$  也不同, 通过  $\theta$  方向步进机  $M_\theta$  旋转转向棱镜, 使中心亮条纹全部通过中心狭缝  $S_0$  和透镜  $L_2$ , 并聚焦条纹在信号接收器  $D_0$  上, 这时接收器  $D_0$  的输出信号最强, 此时的  $\theta$  角即为杨氏条纹的夹角  $\theta$ , 固定  $\theta$  角, 这时所有的条纹均平行于中心狭缝  $S_0$  长度方向。通过  $\xi$  方向步进机  $M_\xi$  的运动使  $S_0$  在  $\xi$  方向上扫描散斑条纹, 再通过聚光镜  $L_2$  在垂直于  $\xi$  的方向上积分, 照射到接收器  $D_0$  上, 这样  $D_0$  的输出即为散斑条纹的包络, 如图 2 所示。

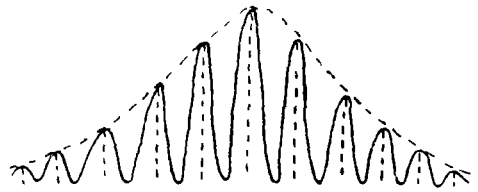


图 2

通过  $\xi$  的扫描采样, 我们得到  $D_0$  即为图 2 所示的数据, 同时对  $D_1$  也采样, 它相当于零级谱强度, 我们把它作为归一化的模, 对  $D_0$  进行归一化处理, 即  $D_0/D_1$ , 其目的在于能够准确的测得如图 2 所示的波形, 使它不因外界条件如光源强度等的变化而受到影响。然后对所得数据进行 Fourier 变换, 即可求得散斑场位移  $\delta$ 。

由于散斑噪声的影响, 扫描信号曲线上叠加着噪声, 因此很难用上述方法, 即极大值的方法测定出与条纹平行的准确角度  $\theta$ , 然而我们注意到, 满足条件的  $\theta$  值必然是曲线的对称点, 因此, 我们就利用对称性评价的方法来精确地求出  $\theta$ 。

总之, 为了能够使本套系统自动的、准确的测得散斑图上某一点  $(x_i, y_i)$  的杨氏条纹夹角  $\theta$  和散斑间距  $\delta$ , 从上述原理的工作过程可以看到, 除了需要有计算、处理、存贮、人机对话等功能较强的微机来进行型函数变换, 对称性评价及 FFT 运算、人机对话等处理外, 还必须要有一套可以控制  $x$  方向、 $y$  方向、棱镜  $M_\theta$ 、狭缝  $M_\xi$  四路步进机的运动、数据采集等控制功能较强的处理器系统。针对这一点我们设计了激光散斑图逐点自动分析仪的信号处理器系统。

### 三、系统构成

#### 1. 硬件构成

系统的硬件构成如图 3 所示。它的微处理器即 CPU 采用一片 Z-80; 一片  $4k \times 8bit$  的 EPROM 作为程序存储器来存放系统的工作程序; 一片  $8k \times 8bit$  的 RAM 作为中间数据存储器用来存放采样数据及一些中间结果; 一片串行通讯口用来完成微处理器与 IBM 微机之间的命令与数据的交换; 接口 1、2 是由一片可编程的并行接口 PIO 构成的用它完成了对  $M_x$ 、 $M_y$ 、 $M_\theta$ 、 $M_\xi$  四路步进电动机的控制和转向棱镜  $\theta$  的零位控制和狭缝  $\xi$  的零位控制及对采样、碰边等的功能控制, 由于步进机在运动过程中, 有可能产生一些干扰信号, 对微处理器进行干扰, 因此我们采用了光电隔离的方法, 使步进机与微处理器之间隔离开来, 以保证微处理器能够可靠的工作。接口 3 与 A/D 芯片完成了转向棱镜旋转扫描的数据采集及狭缝  $\xi$  的扫描采样工作。增益可变放大器, 可自动地随光强的变化而变化, 从而提高了采样数据的精度。

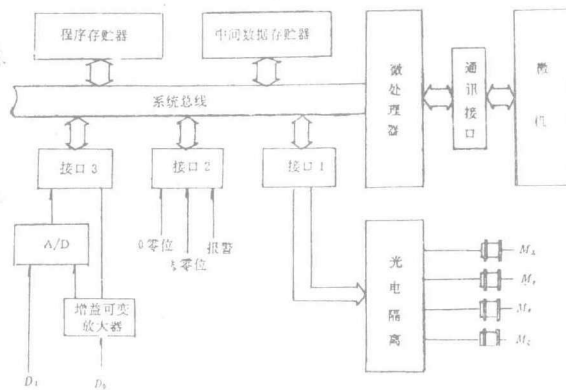


图 3 系统硬件框图

## 2. 软件构成

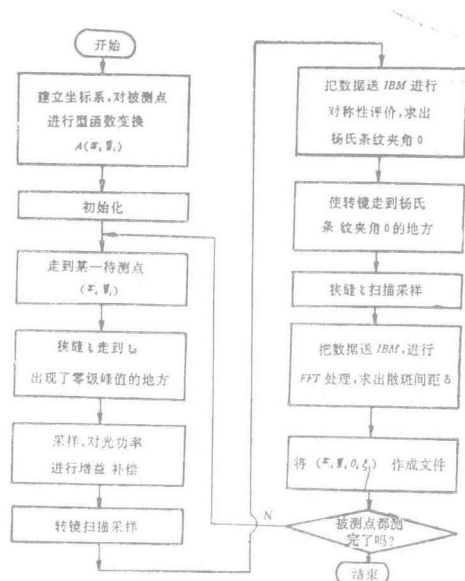


图 4 软件框图

首先建立一个坐标系, 在坐标系中按一定顺序先选取被测试点, 这要由微机与处理器协调工作带动步进机来完成的, 再将被测试点进行型函数变换, 然后做成我们测试中所需要的文件。初始化是指对各可编程器件初始化, 并对旋转棱镜及狭缝初始化, 即使它们走到初始位置  $\theta = 0$ ,  $\xi = 0$ , 其它各步都是基于测试原理, 按流程图进行工作的。只是在每测完一点时都需对该点的坐标  $A_i(x_i, y_i)$  及杨氏条纹的夹角  $\theta$ , 以及散斑间距  $\delta$  进行记录。记录下的  $\theta$ 、 $\delta$ 、 $x$ 、 $y$  作成文件存入磁盘, 供应用程序调用。

总之, 全部软件是由用户操作软件和系统软件两部分构成。完成测量系统的自动控制, 状态信号的监测即对光学、机械的定位、限位开关信号的监测, 旋转棱镜与狭缝的定位等系

统软件都固化在了微处理器的E PROM 中, 而用户操作软件及计算软件都存贮于微机的硬盘或软盘中。二者之间的指令与数据是以串行通讯的方式进行交换的。

## 四、讨 论

### 1. 增益可变放大器

由于散斑图干板各点的灰度不同, 故光的透过率也不同。因而在测量时, 光功率是变化的, 当光透过率不足时, A/D只能用到低几位, 当光透过率过大时, 就会出现冒顶现象, 这样所测得的数据精度就不高。解决方法, 在测每点之前, 进行一次增益补偿, 即调整放大器倍率。在软件上我们采取了在测每点之前都采一次样, 然后对样品进行分析, 找出一个放大器合适的倍率给放大器。在硬件上, 我们设计了一个数字增益控制线路, 其原理如下:

$$\text{其中 } V_{out} = \frac{V_{IN}}{D} \text{ 在软件上用 } LDA, D \text{ Out}(98H), A$$

$D$ : 为 DAC 输入进的数据。改变  $D$  的大小就改变了放大器的放大倍率, 从而就能使得 A/D 得到较完善的利用, 使普通的放大器变成可随输入信号而变的自动增益可变放大器, 这样不仅使 A/D 得到了充分的利用, 更主要的是提高了采样数据的精度。

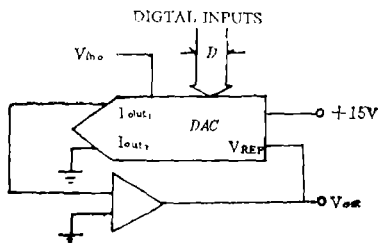


图 5

### 2. 步进机的控制

由于散斑图自动分析仪的光学、机械系统共四个方位的运动, 即  $M_x$ 、 $M_y$ 、 $M_n$ 、 $M_z$  都是由步进机的驱动来完成的。这就提出了如何控制好四路步进机, 且能使它们很好地协调工作的问题。

在硬件上我们采用了可编程控制器PIO, 其分配关系如下:

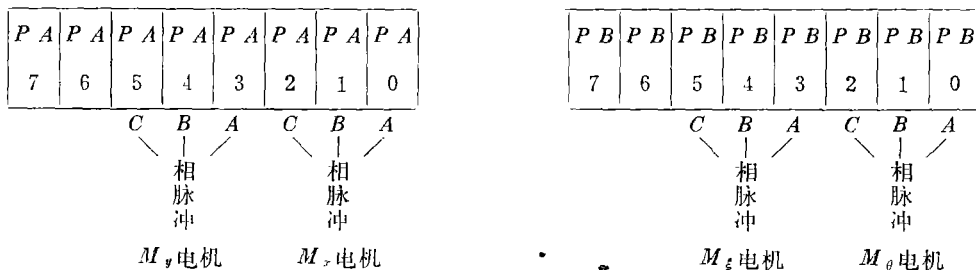


图 6

在软件上, 采用查表法。其框图如图7。

以正转为例, 反转只要状态指针减 1 变为逆循环即可。

为了保证转镜采集数据的精度, 克服由于转动惯量的影响, 而使在转镜转动到杨氏条纹夹角  $\theta$  之后, 不致于有移动, 我们采取了对  $M_o$  电机一直加电的方法。

### 3. 狭缝扫描

狭缝扫描采样, 全部以零位为基准点, 正程有效, 这样就去掉了机械上带来的回程误差, 从而提高了数据采集的精度。

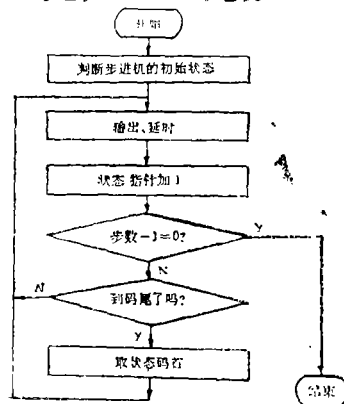


图 7

#### 4. 报警

为防止一些意外情况的出现，如程序跑飞、工作台或狭缝失控碰边。我们采取了马上报警，给步进机断电，同时微处理器复位等措施。这样不仅能防止电机的损坏，同时处理器还能继续工作。

## 五、结 论

应用于散斑干涉图自动分析仪中的微处理器在与光机系统的联机调试中，较好的完成了自控功能，且定位准确，对称性评价效果也较好。其测量精度已达到国外同类测量系统的水平，目前国内尚无同类产品生产。

#### 参 考 文 献

- [ 1 ] 周明德;《微型计算机接口电路及应用》,清华大学出版社,1987年
- [ 2 ] 周明德;《微型计算机硬件软件及其应用》,清华大学出版社,1983年
- [ 3 ] 北京工业大学;《TP801实用手册》,北京工业出版社,1983年
- [ 4 ] 瞿涛;电子技术应用,北京报刊发行局,1985年,第5期,12
- [ 5 ] 陈智辉等;微型计算机,科学技术文献出版社重庆分社,1988年,第4期,71

### Microcomputer-Based Data Processing System in Automatic Point-to-Point Analyzer of Laser Speckle Pattern

Ruan Jin, Hao Zhihang, Zhao Baoqing,  
Yuan Yazhen and Shun Zhongguo

#### Abstract

This paper introduces the principle of automatic point-to-point analyzer of laser speckle pattern, describes the method of designing hardware and software of the microcomputer-based data processing system and explains the important role of the microcomputer in the system.