

105-110

第4卷第5期
1996年10月光学 精密工程
OPTICS AND PRECISION ENGINEERINGVol. 4, No. 5
October, 1996

光电控制间歇运动衍射光栅机 控制系统的改造升级

王 炜 杨厚民

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130022)

TH741.6

A 摘要 在分析了光电控制间歇运动衍射光栅刻划机(原刻划机)的基础上,针对原刻划机存在的不足,提出了相应的改进措施。据此设计构成了以单片机 8031 为核心的数控系统的硬件,实现了对分度信号的程控放大和幅值细分,提高了刻划机的分辨率;另外,用软件实现了直流力矩马达的分级调速,提高了刻划机的刻划精度。实验结果表明,改进后的刻划机分度重复性明显优于 $0.05 \mu\text{m}$ 。

关键词: 衍射光栅刻划机; 分度; 程控放大; 细分; 调速

1 引 言

衍射光栅作为一种色散元件,广泛应用于光谱仪器、光谱分析及其它科研领域中,给这些领域带来了许多令人瞩目的成果^[1]。光栅的制造过去一直被认为是一种“巧夺天工的技艺”,是高不可攀的。光栅刻划机也因此被人们誉为“精密机械之王”。

科学的发展和技术的进步带动了光栅刻划技术地进步,使光栅刻划的精度不断提高,但对光栅质量也提出了越来越高的要求。而我所原有的光栅刻划机已是“力不从心”,因此,研制新型的光栅刻划机迫在眉睫,但是,研制新的光栅刻划机将耗费巨大的人力、物力,是不现实的。因此,对已成功地工作多年的光栅刻划机进行适当的改进,就显得十分必要而有意义了。本文提出在不改变原有刻划机的机械结构的情况下,采用计算机控制系统,充分利用计算机强大的计算、逻辑判断和信息处理能力,构成了新型的全数控刻划机。

2 光电控制间歇运动衍射光栅刻划机(原刻划机)简介

2.1 工作原理

原刻划机采用光学干涉条纹控制分度。光栅干涉仪^[2]和光栅毛坯一同装在滑座上。滑座运动,光栅干涉仪产生的条纹也随之移动,滑座移动的距离可由“移动”了的干涉条纹数止来反映。对于不同密度规格的光栅,由于它的刻划间距(即光栅常数)不同,因此每刻一刀对应的条

收稿日期:1996年8月5日

纹数也不同,每过一条纹,计数器记一个数,当计数值等于预置的条纹计数值时,离合器断开,滑座停止运动,刻划机构带动刻刀在光栅毛坯上刻一条线。

2.2 存在不足

经过多年的使用发现,原刻划机存在以下几点不足,影响了光栅刻划的精度:

(1)分度基准当量太大,分辨率不高;

(2)分度停止时,滑座的前冲滑移量太大;

(3)由于干涉仪本身构成原理及工作条件的变化,分度信号在刻划过程中幅值和直流分量均可能发生变化。

2.3 改进措施

针对以上几点不足,本文提出了相应改进措施,以提高滑座的定位精度,即光栅刻划的精度。

(1)针对原刻划机分度基准当量太大,提出了对干涉条纹得到的电信号进行细分,以此提高分度系统的分度基准的分辨率,这也使刻划光栅的密度规格相应增多。

(2)针对滑座停止时滑移量太大,提出了对马达进行分级调速,同时,不再采用离合器控制滑座的“走”“停”。这样使滑座的定位精度得到较大的提高。

(3)针对原刻划机光电信号幅值和直流分量的变化,采用程控放大器对信号稳幅和稳零。经程控放大后,信号完全符合计算机细分要求。

改进后的刻划机是完全由微机控制的具有开环特性的控制系统,不仅刻划精度有了较大提高,同时系统保留了开环系统结构简单,调整容易、控制速度快等特点。

3 滑座控制回路的硬件设计

滑座控制回路包括单片机、程序存储器、前置放大器、程控放大器、数字显示、分度起始控制、马达控制、刻线密度选择几部分。滑座控制回路框图如图 1 所示。下面主要介绍程控放大器的设计^[3]。

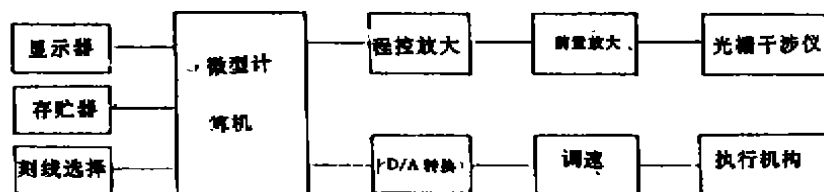


图 1 滑座控制回路框图

Fig. 1 Block diagram of the control system.

3.1 程控放大器的基本原理

图 2 是一个由程序控制的运算放大器电路。

该放大器的增益为 $K_v = 1 + R_f/R_x$, 其中 R_x 是反相输入端的对地电阻,即 R_2, R_3, R_4 的阻值或它们的并联组合。

经由计算机数据总线来的程控信号 D_0, D_1, D_2 , 由地址译码器产生的 CLK

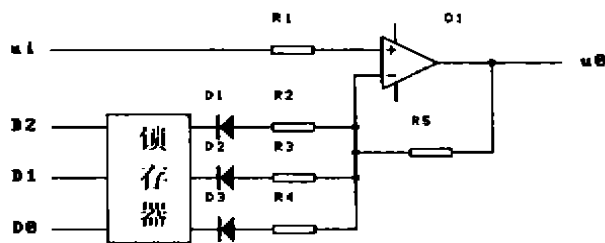


图 2 程控放大器的基本原理图

Fig. 2 The principle of program amplification

信号打入锁存器中。根据 $D_0 \sim D_2$ 信号逻辑电平不同,可以使 R_2, R_3 和 R_4 以八种不同的组合方式接地以改变反馈量的大小。若将接通的电阻值代入上式 R_x 中,可以求得放大器的八种放大倍率值。

3.2 硬件实现

整个程控放大器主要是由两片 DAC0832,一片 ADC0804 和一片 CPU-8031 组成,其原理图如图 3 所示。

它的工作原理如下所述:

由 8031CPU 启动模数转换器 ADC0804 对放大器的输出信号 u_0 进行量化。根据量化结果 CPU 计算出 u_0 的变化趋势并给出调节量,然后将调节量送入 DAC0832 的内部寄存器中, DAC0832 的内部寄存器所存数字量决定放大器的放大倍率值。此时的放大器输出 $u'_1 = -B_1 u_0/255$,其中 B_1 为送入 DAC0832 中的调节量。由于前置放大器来的信号不仅幅度变化,而且零点也有漂移,为了克服零点漂移,另外一片 DAC0832 用以产生可控偏压 u'_2, u'_2 为第二路 DAC0832 的参考电压,它可通过调节电阻 R 来得到。 $u'_2 = -B_2 u_0/255$,其中 B_2 为送入另一片 DAC0832 中的调节量,两路信号在运算放大器 IC₃ 处合成。

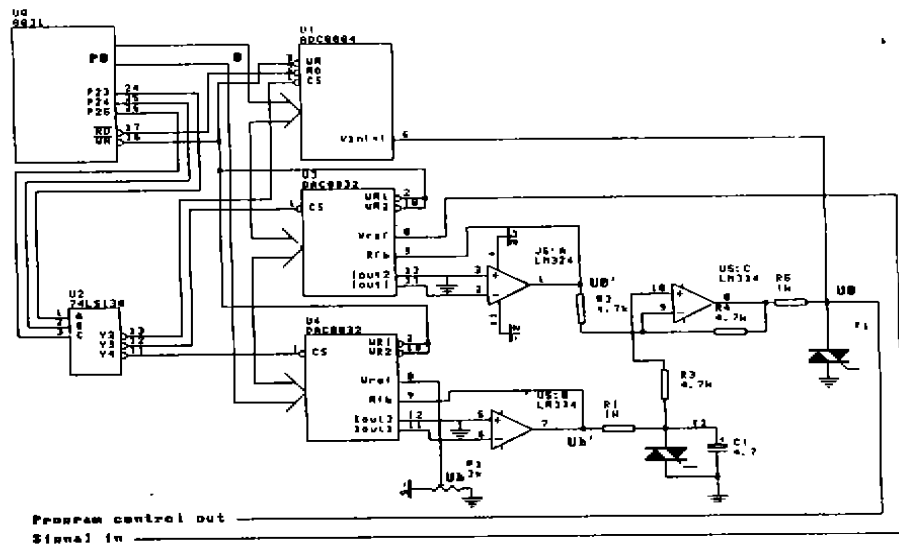


图 3 程控放大器工作原理图

Fig. 3 Schematic diagram of program amplification

由于 DAC0832 和 ADC0804 均是 8 位的,因此, DAC0832 每变化一个数字单位,在 ADC0804 的量化值上就应显示出来,所以运算放大器设计成增益为 1 的跟随器。对输出电压 u_0 的计算表明(其具体计算过程从略),此放大器具有可调范围大的特点。当输入信号的幅度在 2.5 V~5 V 之间变化时,零漂至少有 5 V 的调整范围。这样就能很好的解决分度信号的幅值

和直流分量均发生变化的问题,使微机细分的精度得到保证。

4 软件设计

从前面的分析可以知道,软件的主要功能是信号处理,即信号的程控放大和细分,程控部分在前面已详述,现在介绍一下细分的原理。

4.1 幅值细分原理

本文中的细分采取幅值细分。它的原理如下:首先,计算机由采样值计算出信号的最大值和最小值,然后,由最大值最小值计算出各细分点的幅值作为预定值。

设最大值为 A_{\max} , 最小值为 A_{\min} , 则直流分量为:

$$A_{\text{mid}} = (A_{\max} + A_{\min}) / 2$$

当细分值为 8 时,各细分值分别为:

$$A_1 = A_{\max}$$

$$A_2 = A_{\text{mid}} + 0.7(A_{\max} - A_{\text{mid}}), A_3 = A_{\text{mid}}$$

$$A_4 = A_{\text{mid}} - 0.7(A_{\text{mid}} - A_{\min}),$$

$$A_5 = A_{\min},$$

$$A_6 = A_4,$$

$$A_7 = A_{\text{mid}},$$

$$A_8 = A_2$$

计算完之后,把细分点值与采样值比较,若过了细分点,则向显示器和计数器发出计数脉冲;若未过细分点,继续采样、比较。

4.2 设计思想

光栅刻划机工作时,首先由分度盘经光电发射接收器产生光电信号,单片机采样到此信号后进入中断处理程序 1, 中断处理程序 1 控制滑座开始分度。从中断处理程序 1 返回后,控制滑座开始分度,并对分度信号进行程控放大,细分,过一个细分点,输出一个细分脉冲。由定时/计数器 T₀ 对细分脉冲计数,当计数值达到预定值时,计数器发生溢出中断,中断处理程序 2 控制马达停转,刻划机构在毛坯上刻一条线。之后,判断光栅是否刻划完毕,若已刻完,则停机,否则再一次循环上述过程。

控制软件主要包括:主程序、2 个中断处理程序和若干个子程序:数据采集,滤

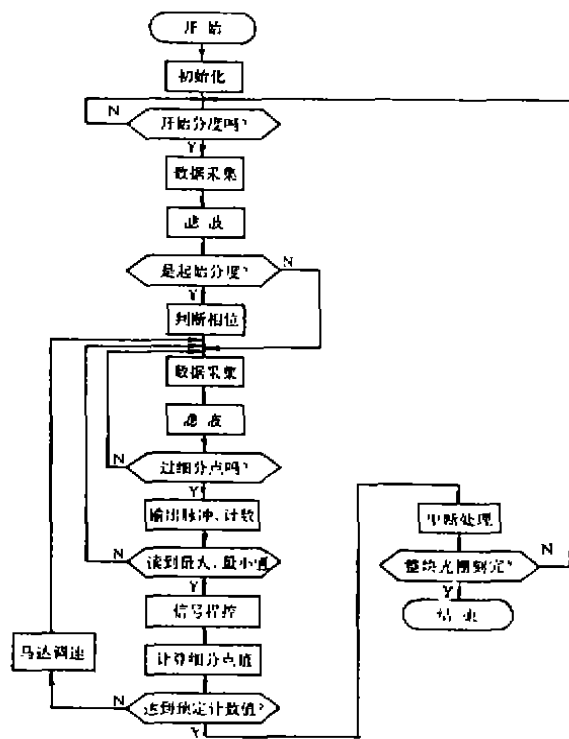


图4 主程序流程图

Fig. 4 Flow chart of the control program

波,判断相位,程控放大,细分,马达调速等。

主程序的流程如图4所示。

4.3 马达分调速子程序的设计

对滑座进行动力学分析可知,滑座的滑移量 S 与停止驱动时滑座的速度 V_0 的平方成正比。因此,要提高滑座的定位精度,必须使滑座在停止前减速。为此,对马达进行了分级调速。马达分级调速子程序的流程图如图5所示。

当前计数值与预定计数值还差大于6个数时,给马达赋值#0FEH,使马达高速(第一速度)转动;还差大于3个数而小于6个数时,赋值#0COH,使马达中速(第二速度)转动;小于3个数时,赋值#0A0H,使马达低速(第三速度)转动。当计数值等于预定计数值时,由 T_0 产生中断,中断处理程序使马达停止,一次分度结束。

4.4 软件系统的抗干扰措施

本软件主要采用了数字滤波,设置软件陷阱,设置状态位等几项措施,由于篇幅所限,不再作详细论述。

5 结 论

改进后,刻划机的分辨率和精度较原刻机都有较大提高。分辨率达到 $0.05\mu\text{m}$ 或更高(由使用的干涉条纹的级次决定)。已刻出 1200 l/mm 实验性光栅,刻划过程中,每次分度计数值都为16,由此可知,现在刻划机分度重复性优于 $0.05\mu\text{m}$ 。

参 考 文 献

- [1] G. W. Stroke, Encyclopedia of Physics, XXIX, 1976.
- [2] 顾去吾,杨厚民,反射光栅的干涉计量系统,吉林省计量测试学会学术交流资料,有关连续运动光栅机的资料。
- [3] 周春光,汤卓然,程控放大器在数据采集系统中的应用,电子技术应用,1987

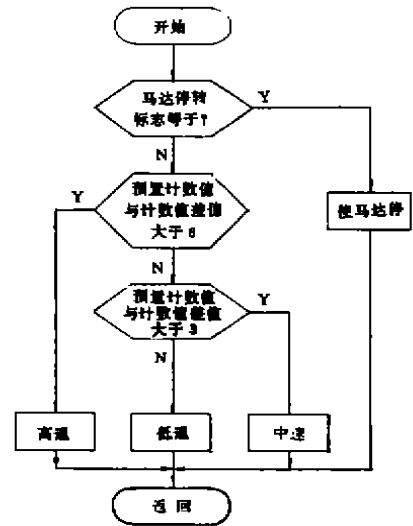


图5 马达分级调速子程序

Fig. 5 Flow chart of the velocity modulation subprogram

Improvement on Photoelectric Controlled Go-and-stop Diffraction Grating Ruling Engine's Control System

Wang Wei, Yang Houmin

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

Abstract

Based on the analysis of the photoelectric controlled go-and-stop diffraction grating ruling engine, some effective measures have been taken to improve the engine. The hardware and software of the computer number control system has been designed, which has achieved the program amplification and interpolation of the spacing signal, and improved the resolution and the precision of the system. Experiment results have proved that the spacing repetitiveness is obviously less than $0.05 \mu\text{m}$.

Key words: Diffraction grating ruling engine, Spacing signal, Program amplification, Interpolation, Velocity modulation.

王 炜 男, 1971年7月生于河南省叶县, 1993年毕业于长春光学精密机械学院, 1996年3月于长春光学精密机械研究所获得硕士学位, 同年开始攻读博士学位, 主要从事衍射光栅刻划机的改造工作。