

离子源进样装置多维控制系统设计

Design of Ionization Source Sampling Device Multi- dimension Control System

程伟¹,董晓峰¹,宋伟²,张晶晶²,马雨出³(1.东华理工大学机械与电子工程学院,江西 南昌 330013;2.山东航天电子技术研究所,山东 烟台 264770;3.上海贝尔阿尔卡特股份有限公司,上海 201206)

Cheng Wei¹,Dong Xiao- feng¹,Song Wei²,Zhang Jing- jing²,Ma Yu- chu³(1.East China University of technology,Jiangxi Nanchang 330013;2.Shandong Aerospace Electro- technology Institute,Shandong Yantai 264670;3.Alcatel Lucent Shanghai Bell,Shanghai 201206)

摘要:针对现有离子源调节装置精度低,操作繁琐的问题,设计了一种多维自动调节装置的控制系。采用 Labview 编写上位机控制界面,通过串口实现电机选择,结合直线型加减速算法对步进电机进行开环控制,以实现放电针和样品的精确定位。实验证明,该系统具有操作简便和精度高的特点,有效提高了工作效率。

关键词:离子源;自动调节;加减速;LabView

中图分类号:TP27

文献标识码:A

文章编号:1003-0107(2016)01-0063-05

Abstract: The existing Ionization source adjuster has low accuracy and complicated operation. In response to these issues, a control system of multidimensional self-regulating device was designed. To realize the accurate positioning of spray point and sample, the stepper motor was selected and open-loop controlled by Serial communication based on PC programed by LabView, combined with liner acceleration-deceleration algorithm. It has been found that the system has the merit of easy operating and high accuracy, and improves the working efficiency effectively.

Key words: Ionization source; self-regulating; acceleration-deceleration; Lab View

CLC number: TP27

Document code: A

Article ID :1003-0107(2016)01-0063-05

0 引言

表面解吸常压化学电离技术(DAPCI)结合了 DESI 和 APCI 各自的优点^[1]。其离子源放电针、样品、质谱采样锥的相对位置对离子化效率和离子采集效率有重要影响。现有的 DAPCI 源调节装置均是手动调节的,为了获得良好的实验条件,往往需要花费大量的时间和人力成本搭建实验平台,且精度低,重现性差。因此,设计一个可精确、快速、多维度调节的离子源调节装置的控制系具有重要意义。

1 系统总体设计

整个系统以 TMS320F2812 DSP(数字信号处理器)作为控制核心^[2],通过串口与 LabView 编写的上位机实时通信,实现人机交互,输出控制模块中包含步进电机驱动器和步进电机,实现平台的传动控制;输入控制模块利用按键编码开关实现电机的选择及其微调控制;保护

模块利用导轨末端的光电传感器构成机械保护,防止平台超出导轨,辅助模块中利用液晶显示器显示当前工作模式及工作电机号,利用 LED 灯实现装置内部照明;摄像头监测装置内部并在上位机显示;存储模块利用存储器记录实验优化后电机的位置信息,供后续自动控制。图 1 所示为控制系统结构框图。

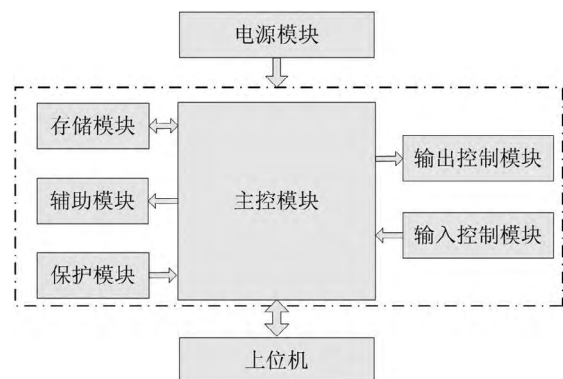


图 1 控制系统结构框图

项目基金:国家自然科学基金(No.21365002,21427802),国家重大仪器专项(No.2011YQ170067),国家国际科技合作专项项目(No.2015DFA40290)
作者简介:程伟(1990-),男,硕士研究生,研究方向为电路系统设计与智能化设备。

2 系统硬件设计

2.1 主控模块设计

主控模块由电源、最小系统和串口通信电路构成。主控芯片为 TMS320F2812 32bit 处理器,主频达 150MHz,集成了如 SCI、GPIO、QEP 等片上外设,两个事件管理器模块为电机提供了良好的控制功能。串口通信电路采用 MAX3232 芯片,实现与上位机的通信。

2.2 输出控制模块

该模块由步进电机及驱动器构成。控制器向步进驱动器发出控制脉冲,控制步进电机的转动方向、速度及角度,带动丝杆转动,实现放电针和样品台传动控制。转动速度及角度分别由脉冲频率和脉冲数决定。图 2 所示为输出模块接线图。为了防止驱动器输出最大电流大于 GPIO 能够承受的最大灌电流 4mA,采用三态 8 缓冲器 LS244 进行隔离。

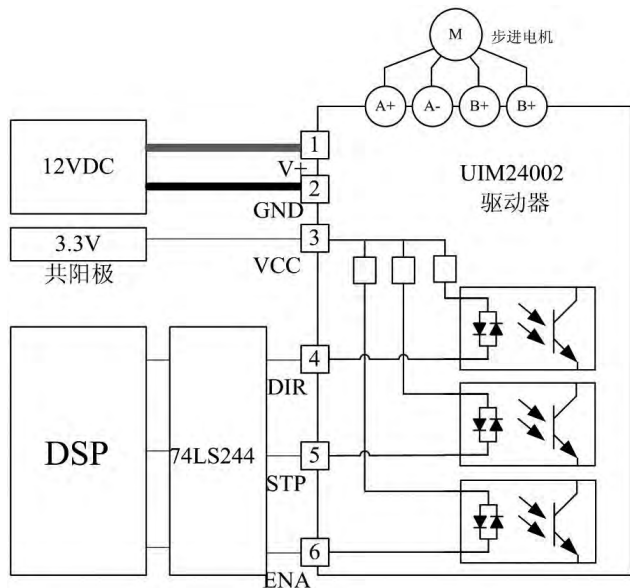


图 2 输出模块接线图

2.3 输入控制模块

该模块利用按键旋转编码开关控制电机转动,利用按键功能实现模式选择和电机选择功能,利用编码功能产生两个相位相差 90° 的脉冲。DSP 中的 QEP 电路解析两个脉冲的先后顺、频率及个数,输出相应的控制脉冲。利用 74HC14 对按键编码器产生输入信号进行整形。图 3 所示为正交编码情况。

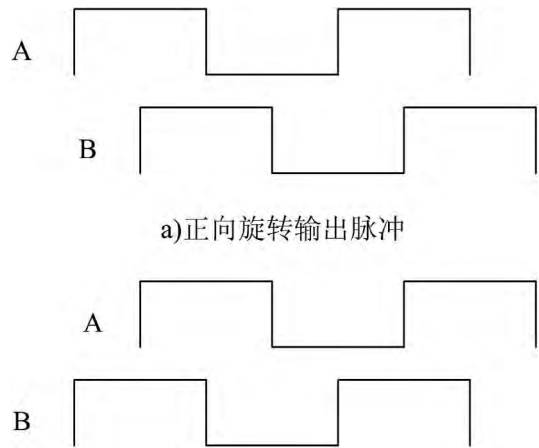


图 3 正交编码情况

2.4 保护模块

系统调节过程中,为了避免机械模块运行出相应的行程,需要进行限位。本设计采用光电传感器做限位开关,当机械模块到达末端处,产生一个低电平信号给 DSP 识别,DSP 停止产生电机控制脉冲。

2.5 存储模块

为了提高实验重现性,需要对调节系统的电机进行位置记忆。本系统采用 2K 位串行电可擦除只读存储器 AT24C02,内部组织为 256 个字节,每个字节 8 位,低压,低功耗。当实验条件优化完成后,上位机发出记忆命令,各电机位置信息存入存储器。

2.6 辅助模块

本模块采用的是 LCD12864,内置 8192 个中文汉字、128 个字符及 64×256 点阵显示 RAM,低电压,低功耗。采用串行方式与 DSP 连接,接口简单,操作灵活。主要用来显示系统开启时的欢迎界面和系统调节过程中的工作电机号。采用摄像头进行图像采集,监测装置内部情况,在上位机直接显示。照明部分由 5 个 LED 并联组成,外部 12V 供电,三极管 2N3904 作开关。

2.7 电源模块

电源模块外接直流 12V,给照明系统、电机驱动器和主控系统电源供电。

3 系统软件设计

3.1 下位机设计

下位机完成三个功能 :1)系统初始化 2)系统控制 ; 3)串口通信。主程序流程图如图 4 所示。

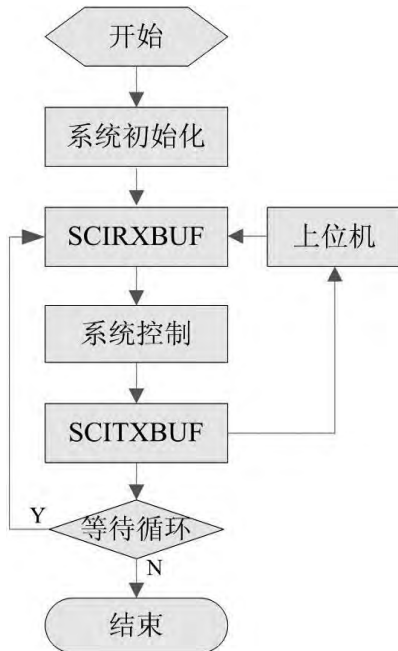


图 4 下位机程序流程图

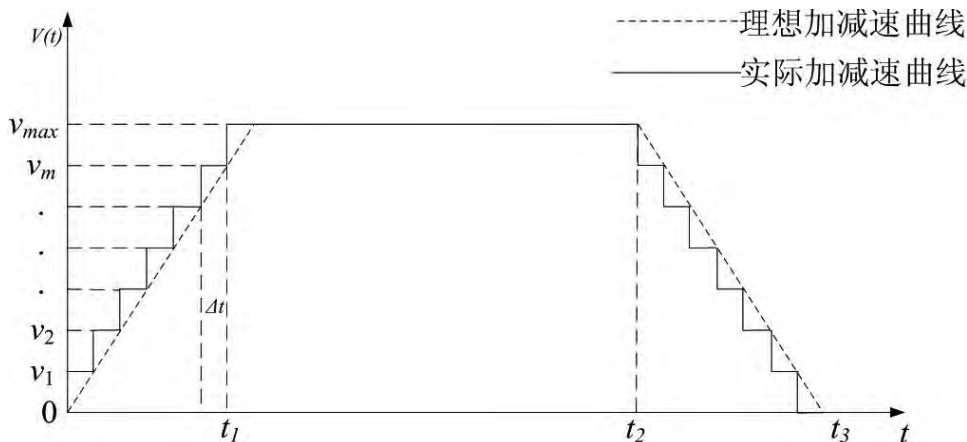


图 5 加减速曲线

当 $\Delta f, \Delta t$ 一定,计算出在达到最大速度前,每个速度等级下运行步数 M_n :

$$M_n = \begin{cases} 0 & n=0 \\ (f_0 + (n-1) \cdot \Delta f) \cdot \Delta t & n \geq 1 \end{cases} \quad (2)$$

其中 f_0 为电机启动频率, $n=0$ 表示电机静止 ;

根据扫描距离 L 计算需要运行步数 N :

$$N = L \times n_0 \quad (3)$$

其中 n_0 为平台移动 1mm 电机所要转动的步数 ;

根据速度等级 n 计算出加速步数(达到目标速度需要运行步数) :

3.2 加减速控制算法

扫描控制过程中,如果一次性将速度升到给定速度,步进电机会因为启动频率超过极限启动频率而发生丢步,产生误差;当电机突然停止转动时,会由于惯性作用,而出现过冲,造成位置精度降低。为了减小误差,提高位置精度,本设计结合直线型加减速控制算法,对电机控制脉冲频率进行调整。

直线型加减速算法是指在步进电机加减速过程中,加速度恒定不变,即电机每运行时间 Δt 后,频率增加 $\Delta f^{[3]}$ 。该方法编程简单,负载力矩较大。整个过程分为匀加速、匀速、匀减速三个过程,其中匀加速和匀减速过程是对称的。

$$V(t) = \begin{cases} at & 0 \leq t < t_1 \\ v_{\max} & t_1 \leq t < t_2 \\ v_{\max} - at & t_2 \leq t < t_3 \end{cases} \quad (1)$$

其中 $V(t)$ 为电机实际运行速度, v_{\max} 为最大运行速度, a 为加速度, t 为运行时间。

然而,如图 5 所示,电机实际加减速过程是呈阶梯状的,在达到最大速度和完全停止前,电机在每个速度等级上都会保持一段时间,故可将保持速度用脉冲频率代替,保持时间用步数来代替,方便处理器通过监测运行步数来实现开环控制。

-----理想加减速曲线
——实际加减速曲线

$$\begin{aligned} N_n &= M_0 + M_1 + M_2 + \dots + M_{n-1} \\ &= 0 + \Delta t \times f_0 + \Delta t \times (f_0 + \Delta f) + \dots + \Delta t \times (f_0 + (n-2) \cdot \Delta f) \\ &= (n-1) \cdot \Delta t \cdot \Delta f_0 + \frac{(n-2)(n-1)}{2} \cdot \Delta t \cdot \Delta f \end{aligned} \quad (4)$$

减速过程与加速过程对称,故减速步数也为 N_n ;

匀速运行步数 N_a :

$$N_a = N - 2N_n \quad (5)$$

本设计共分为 8 个速度等级,启动频率 f_0 为 26.67Hz, Δt 为 150ms, Δf 为 26.67Hz,计算得如表 1 所示的加速曲线离散化数据表。

表 1 直线型加速曲线离散化数据表

速度等级	速度 (mm/min)	频率(Hz)	步数	达到速度等级需要步数
1	0.5	26.67	4	0
2	1.0	53.33	8	4
3	1.5	80.00	12	12
4	2.0	106.67	16	24
5	2.5	133.33	20	40
6	3.0	160.00	24	60
7	3.5	186.67	28	84
8	4.0	213.33	32	112

具体控制如图 6 所示。

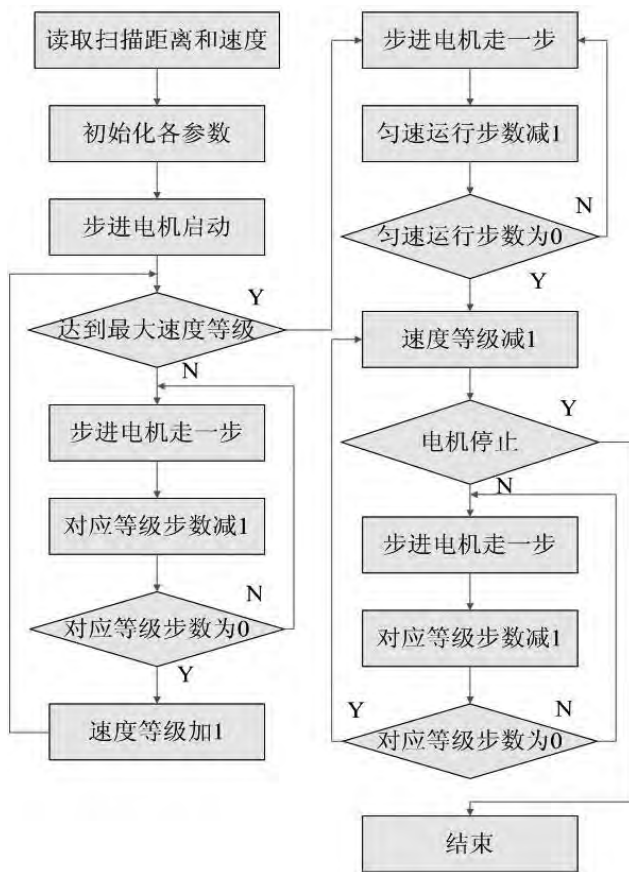


图 6 加减速控制算法流程

3.3 上位机设计

本系统上位机控制界面采用 LabView 进行设计,如图 7 所示,包括以下几个部分:1)系统配置:包括串口配置^[4]和摄像头 COM 口选择;2)平台操作:该部分主要实现系统的功能控制,包括平台位置记忆,平台复位以及样品台的进出控制;3)电机控制:该部分主要包含电机

脱机状态控制、电机转动速度、方向、启动停止控制,以及装置各部分位置显示;4)扫描控制:该部分主要是控制样品台的移动,实现质谱成像,包括样品台移动距离、速度和方向的选择;5)摄像头监测显示。

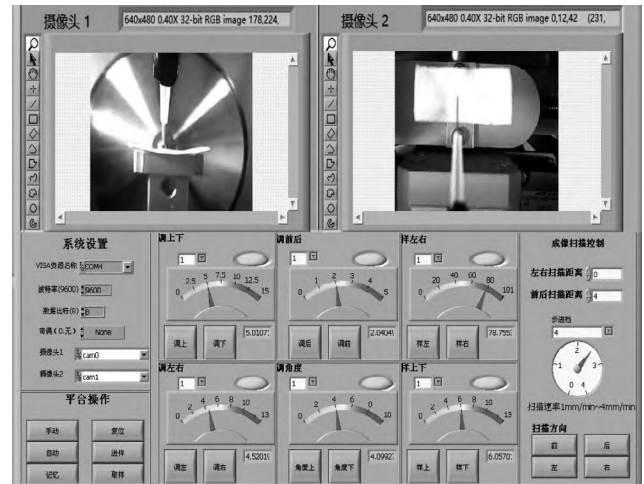


图 7 上位机控制界面

4 结果与讨论

该系统丝杆螺距为 1mm,步进电机转动一周需要 3200 个脉冲,所以理论上最小步进距离达到 0.0003125mm。但实际上系统存在装配误差,实际精度要远低于理论值。通过设定不同的扫描距离和速度,对系统进行测试,结果如表 2 所示。扫描绝对误差在 0.1mm 之内,精度较高。通过与质谱耦合实验,装置性能稳定,能够实现相应功能,达到预期控制效果。

表 2 扫描距离测试

速度 (mm/min)	扫描距离(mm) (设定值 / 实际值)	绝对误差(mm)
1	10/9.98	0.02
	20/20.02	0.02
2	10/10.00	0
	20/20.04	0.04
3	10/10.06	0.06
	20/20.04	0.04
4	10/10.00	0
	20/20.02	0.02

5 结语

本文设计了以 DSP 作为控制核心的控制系统,控制维度多,功能全,功耗小,精

下转 75 页

- 和国信息产业部,2011.
- [4]YD/T 1644.1- 2007.手持和身体佩戴使用的无线通信设备对人体的电磁照射——人体模型、仪器和规程第 1 部分:靠近耳边使用的手持式无线通信设备的 SAR 评估规程(频率范围 300MHz~3GHz)[S].中国:中华人民共和国信息产业部,2007.
- [5]Iyama T,Onishi T,Tarusawa Y,et al.Novel Specific Absorption Rate (SAR)Measurement Method Using a Flat Solid Phantom[J].IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility,2008,50(1):43- 51.
- [6]Kiminami K,Iyama T,Onishi T,et al.Novel specific absorption rate(SAR)estimation method based on 2- D scanned electric fields[J].IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility,2008,50(4):828- 836.
- [7]Schmid & Partner Engineering AG.iSAR Manual V2.4[M/CD].SPEAG,2011.
- [8]Merckel O,Manning M,Derat B,et al.Comparison of fast SAR measurement techniques for mobile phones[R].Barcelona:The 2nd International Conference On Electromagnetic Near- field Characterization(ICONIC),2005.

上接 66 页 

度高,扩展性强;其中结合了直线型加减速控制算法实现了样品台的精确扫描控制,为后期设计带有成像功能的离子源作铺垫。上位机控制界面采用 LabView 编程,操作简单,移植性强,易于扩展修改。扩大了 DAPCI 源及其调节装置的应用范围,为其推广和商业化提供条件。

参考文献:

- [1]陈焕文,赖劲虎,周瑜芬,等.表面解吸常压化学电离源的研制及应用[J].分析化学,2007,35(8):1233- 1240.
- [2]夏俭军,张兴华,张湜.一种高性能 DSP 芯片 TMS320F-2812[J].微处理机,2005,26(6):80- 82,86.
- [3]黄兆斌,黄云龙,余世明.几种步进电机加减速方法的对比研究及其应用[J].机电工程,2011,28(8):951- 953, 974.
- [4]吕向锋,高洪林,马亮,等.基于 LabVIEW 串口通信的研究[J].国外电子测量技术,2009,28(12):27- 30,42.