

文章编号: 2095-4980(2013)04-0518-05

FEL-THz 电子枪控制系统的设计与实现

张德敏, 王汉斌, 单李军, 肖德鑫

(中国工程物理研究院 应用电子学研究所, 四川 绵阳 621999)

摘要: 介绍了 FEL-THz 装置中电子枪控制系统的设计与实现过程。利用 Microsoft 公司发布的 Visual C++6.0 进行了控制系统软件的开发和设计。实验结果显示, 该软件操作简捷, 具有良好的人机操作界面, 程序实时响应速度快, 运行稳定, 为电子枪高压老炼以及系统测评提供支持。

关键词: 直流高压电子枪; 控制系统; MSComm 控件

中图分类号: TN248.6

文献标识码: A

doi: 10.11805/TKYDA201304.0518

Design and implementation of FEL-THz DC gun control system

ZHANG De-min, WANG Han-bin, SHAN Li-jun, XIAO De-xin

(Institute of Applied Electronics, China Academy of Engineering Physics, Mianyang Sichuan 621999, China)

Abstract: There are rigorous requirements on the characteristic of electron beams in Free Electron Laser(FEL) operation, such as high brightness and high average current. High voltage DC electron gun with photo-cathodes has become the first choice for generating the beams. A high voltage DC electron gun is designed to work stably at 350 kV. The software of the control system is developed in VC++ 6.0 for DC gun. The experimental results indicate that the control software can be operated easily with friendly interface and rapid response speed. It can provide support for the high-voltage aging of electron gun and system evaluation due to its good reliability and stability.

Key words: high voltage DC electron gun; control system; MSComm

FEL-THz 装置采用光阴极直流高压电子枪注入器作为高亮度电子源, 是一种目前在 FEL-THz 装置研制中使用较多的电子源技术路线。该注入器产生的电子束具有较高的峰值电流强度、较低的能散度和发射度, 能满足 FEL-THz 高亮度、高平均电流电子束的要求^[1]。本文采用的高压电子枪设计为 500 kV, 稳定工作在 300 kV。电子枪被控设备与计算机采用串口通信, 利用 MSComm 控件设计相应的串口通信程序, 完成上位机与下位机之间的通信任务。

1 MSComm 控件串口编程技术简介

MSComm 控件是微软公司提供的简化 Windows 下串行通信编程的 ActiveX 控件, 它为应用程序提供了通过串行接口传输和接收数据的简便方法, 并将通信的大部分底层操作封装在控件内部, 应用程序只需获取和设置相应的 MSComm 控件属性即可, 大大简化了编程工作, 程序员不必花时间去了解复杂的 API 函数^[2]。它提供了 2 种处理通信问题的方法: 事件驱动方法和查询法^[3]。

1) 事件驱动方式

事件驱动通信是处理串行端口交互作用的非常有效的方法, 当串口接收缓冲区中有字符, 或者 Carrier Detect(CD)或 Request To Send(RTS)线上一个字符到达或一个事件发生时, OnComm 事件可捕获并处理这些通信事件。在编程过程中, 可以在 OnComm 事件处理函数中加入自己的处理代码。这种方法的优点是程序响应及时, 可靠性高。每个 MSComm 控件对应一个串行端口, 如果应用程序需要访问多个串行端口, 必须使用多个 MSComm 控件。

2) 查询方式

查询法通过检查 CommEvent 属性的值来查询事件和错误,只要 CommEvent 属性的值发生变化,就表明 1 个通信事件或 1 个错误发生,适用于较小的应用程序,且自成一体,不必对串口缓冲区接收的每 1 个字符都产生事件。本文主要采用 MScComm 控件的事件驱动方式进行串口数据的传输和接收。

2 系统构成

控制系统由 2 台工控机、多串口卡、溅射离子泵电源控制仪、HiTek 电源控制器组成。工控机与被控设备通过 RS232 串口线相连接。2 台工控机通过网络连接实现系统的远程监控;串口卡将采集的数字量经 RS232 串口线传输到控制台进行在线监测/显示,并把控制台发送的测控命令传送到离子泵电源控制器和 HiTek 电源控制器,完成工控机与被控设备的通信。系统结构如图 1 所示。

工控机配置 Pentium(R) 4CPU 3.2 GHz,512 MB 内存,运行 Windows 操作系统;多串口卡支持 IEEE-1394-1955 以及 1394A 协议,传输速率可达到 400 Mbps,每个端口设置过电流保护^[4]。RS232 接口提供点到点的通信,传输距离可达 15 m。使用 RS232 接口时,计算机与被控设备的串口参数设置必须相同,如波特速率、奇偶校验位、数据字节、停止位以及数据流量控制等。

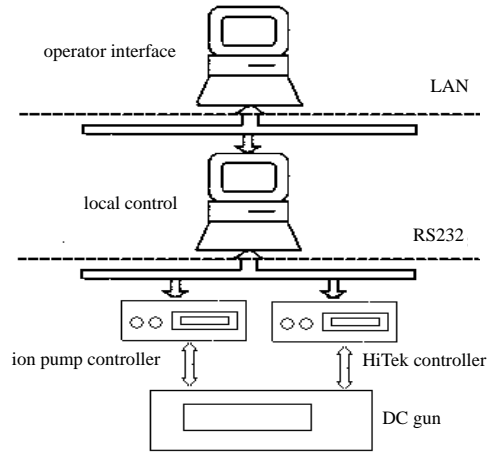


Fig.1 Architecture of control system 图 1 系统结构图

3 系统设计

直流高压电子枪工作特点为高电压和高真空。高电压是获得高亮度电子束的基本保证,高压老炼是获得高电压工作的重要工艺过程,该过程的进度需根据电流、电压以及真空变化进行适时调整。因此,电子枪高压老炼时,要求对电子枪的电压、电流以及真空度进行实时监控。

系统可实现 2 级控制,一级是本地控制,另一级是远程控制。本地控制鉴于工控机和被控设备通信距离较近,可直接使用电缆线连接,系统使用最常用的 3 线制串口通信接法,即地、接收数据和发送数据 3 脚相连。离子泵控制仪硬件接口为 9 针串口,第 3 脚为发送端,第 2 脚为接收端,第 5 脚为地;HiTek 电源控制器硬件接口为 9 针串口,第 2 脚为发送端,第 3 脚为接收端,第 5 脚为地;串口卡接口为 9 针串口,第 2 脚为发送端,第 3 脚为接收端,第 5 脚为地。硬件接口连接如图 2 所示。

控制系统软件的开发采用基于 Windows 平台的面向对象编程语言 Visual C++6.0,可视化控件及高级技术的应用,使程序开发简单快捷,通过 MScComm 控件即可实现本地计算机与被控设备之间的通信^[5]。系统控制流程如图 3 所示。系统的远程控制采用基于 TCP/IP 协议的远程桌面监控,本地控制计算机作为服务器端,控制室计算机作为客户端分别进行设置。

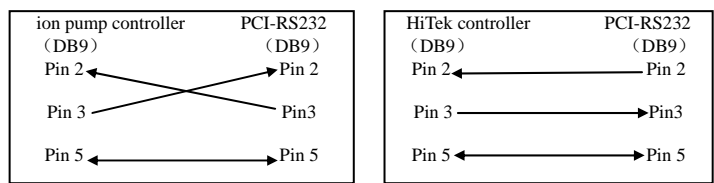


Fig.2 Connection of hardware interface 图 2 硬件接口连接图

3.1 溅射离子泵电源控制仪控制

溅射离子泵电源控制仪的通信协议为:

- 1) 波特率: 9 600 bps;
2) 字符设置: 标准 ASCII 码;
3) 字符格式: 8 个数据位, 1 个停止位, 无奇偶校验位。

每个命令格式以回车换行表示结束该命令或者响应。如 OnV6KCRLF 表示开高压 6 kV,其中 CRLF 表示命令结束符。读取电流、电压值时,2 次命令之间的间隔要求大于 20 ms^[6]。

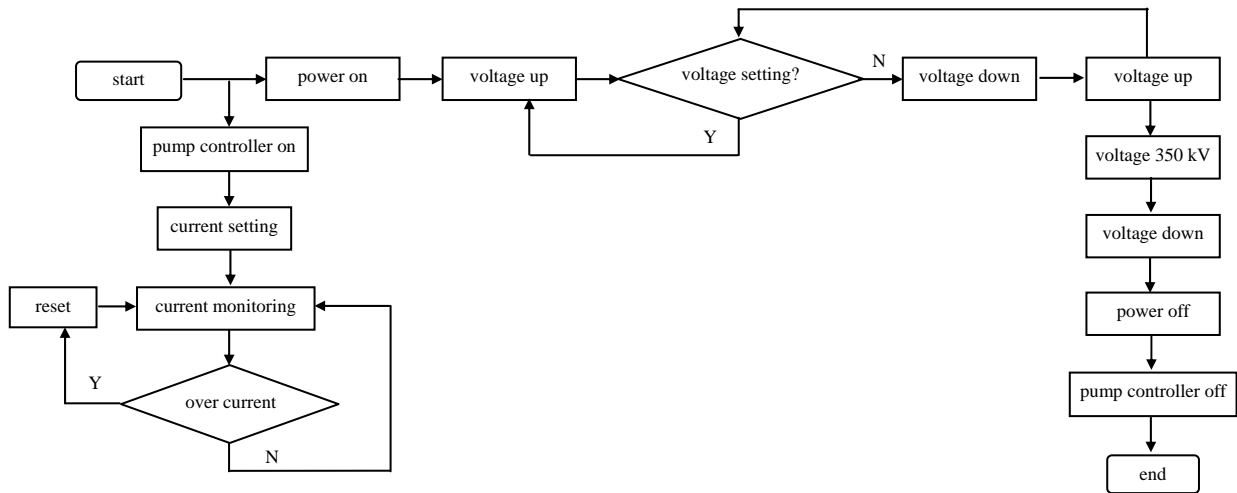


Fig.3 Flowchart of control
图 3 控制流程图

通信过程中需要实现以下通信功能：

1) 串口初始化和配置

串口初始化程序如下：

```

m_comm.SetCommPort(4);           // 选择 COM4
m_comm.SetInputMode(1);           // 输入方式为二进制方式
m_comm.SetInBufferSize(1024);     // 设置输入缓冲区大小
m_comm.SetOutBufferSize(1024);    // 设置输出缓冲区大小
m_comm.SetSettings("9600,n,8,1");
if (!m_comm.GetPortOpen())
m_comm.SetPortOpen(true); // 打开串口
m_comm.SetRThreshold(1); // 每当接收缓冲区中有 1 个或多于 1 个字符时将引发接收数据的 OnComm 事件
m_comm.SetInBufferCount(0);
m_comm.SetInputLen(0);
m_comm.GetInput();
  
```

2) 数据的发送和接收，即串口的读写：串口的读写是编制串口的关键技术，通过串口的读写功能，计算机完成对溅射离子泵电源控制仪的控制。控制主要包括：控制仪的开机、关机、远控、本控、故障复位、离子流采集、电压、电流的实时采集以及数据的存档。

3) 串口的关闭：利用 MSComm 控件关闭串口。

3.2 HiTek 电源控制器控制

HiTek 电源控制器的通信协议为：

1) 波特率：9 600 bps；

2) 字符格式：8 个数据位，1 位停止位，1 位开始位，无奇偶校验位。

每个命令格式以回车表示该命令结束。数据请求指令格式：?<command character><carriage return>，carriage return 为<cr>，比如读取电压指令?U<cr>，返回?Unnn，nnn 为返回的十六进制电压值；参数设定指令格式：!<command character><3 digit number><cr>，3 位数值必须是十六进制数，比如设定电压指令格式!Unnn<cr>^[7]。

通信过程中需要实现以下通信功能：

1) 串口的初始化和配置。

串口初始化程序如下：

```

m_comm2.SetCommPort(3);           //选择 COM3
    m_comm2.SetInputMode(1);       //输入方式为二进制方式
m_comm2.SetInBufferSize(1024);    //设置输入缓冲区大小
m_comm2.SetOutBufferSize(512);    //设置输出缓冲区大小
m_comm2.SetSettings("9600,n,8,1");
  
```

```

if (!m_comm2.GetPortOpen())
    m_comm2.SetPortOpen(true);           //打开串口
    m_comm2.SetRThreshold(9);
    m_comm2.SetInBufferCount(0);
m_comm2.SetInputLen(0);
m_comm2.GetInput();

```

2) 数据的发送和接收,即串口的读写:数据发送时,需将所发送的值转化为十六进制,读取串口时,需将所读的值转化为十进制数。通过串口的读写功能,计算机完成对 HiTek 电源控制器的控制。控制主要包括:电源控制仪的开机、关机,电压、电流的实时采集,数据实时存档,数据图显。

3) 串口的关闭:利用 MSComm 控件关闭串口。

在高压老炼过程中,输入电压每次以 5 kV 的幅度增长,当输入电压达到 200 kV 时,每次加电压 1 kV,当输入电压达到 260 kV 时,每次加电压 0.5 kV,在实际过程中,若出现打火现象,将再次降低电压,升高幅度。根据实际需要,采用滑块控件向 HiTek 电源控制器发送电压、电流值,设定滑块属性,每点击一次滑块右边空白处,高压升高 5 kV,点击一次滑块右边箭头,高压升高 1 kV;通过编辑框控件可输入任意电压值。监控界面如图 4 所示。采集存档的电压、电流数据后处理如图 5 所示,该图表示电子枪经高压老炼以后可稳定工作在 300 kV。

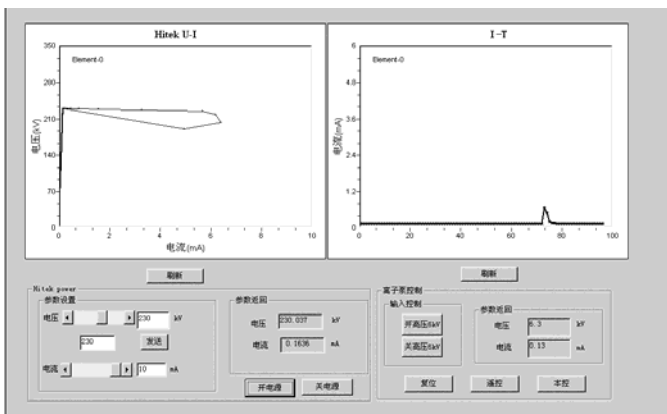


Fig.4 Interface of control system
图4 监控界面

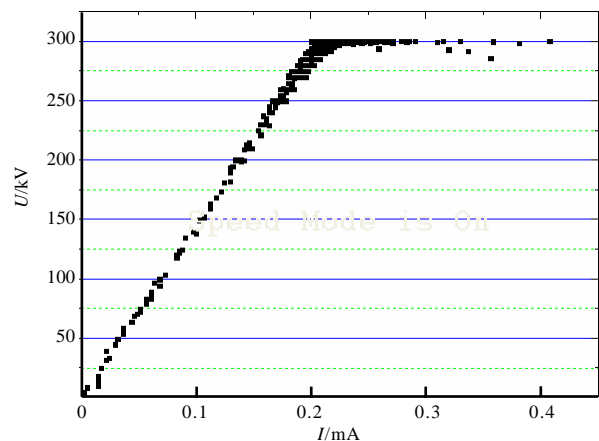


Fig.5 U-I diagram
图5 电压-电流后处理图

4 结论

运行实验表明,采用 VC++6.0 开发的软件控制系统实现了实验数据的实时采集和存档,系统采样周期 20 ms,采样精确度 0.000 1,存档周期 1 s,系统的可靠性、稳定度保障了电子枪高压老炼和出束实验的顺利进行。电子枪经过老炼后,可以稳定工作在 300 kV,为出束实验做好准备工作;同时,通过监控界面,可以直观观测到电子束出束情况,实验中监测到大于 1 mA 的束流。技术组下一步工作将致力于束流的稳定性研究。

参考文献:

- [1] 王汉斌,潘清. 光阴极直流高压电子枪[C]// 第 2 届全国核技术及应用研究学术研讨会论文集. 四川,绵阳:[s.n.], 2009. (WAN Hanbin, PAN Qing. DC gun for high duty factor and high brightness[C]// Symposium on 2nd national nuclear technology and application. Mianyang, Sichuan:[s.n.], 2009.)
- [2] 赵素娟. 基于 Moxa 多串口卡的多串口通信的 VC++实现[J]. 计算机与现代化, 2011(8):117-119. (ZHAO Sujuan. Realization of Multi-serial Communication Using Moxa Multi-serial-port Card Based on VC++[J]. JISUANJI YU XIANDAIHUA, 2011(8):117-119.)
- [3] 李现勇. Visual C++串口通信技术与工程实践[M]. 北京:人民邮电出版社, 2002. (LI Xianyong. Visual C++ serial communication technology and engineering practice[M]. Beijing:Post & Telecommunications Press, 2002.)
- [4] 深圳市赛维通电子有限公司. PCI-RS232 串口卡说明书[Z]. 2011. (Shenzhen LDK Electronic Co., Ltd. PCI-RS232 card instructon[Z]. 2011.)