

离子注入生物诱变实验注入剂量的测量与控制

TH814

卢超¹, 陈斌², 余增亮²

(1. 南昌航空工业学院测控工程系, 江西 南昌 330034)

(2. 中国科学院等离子体物理研究所 离子束生物工程实验室, 安徽 合肥 230031)

摘要 离子注入生物诱变是不同于传统辐射生物学的人工诱变新方法。在离子注入生物诱变实验中, 注入剂量决定了生物样品的辐射损伤程度, 是要求精确测定并控制的一个重要参量。本文介绍 50 keV 离子注入生物诱变实验装置注入剂量的测量和控制方法, 对控制系统的硬件结构和软件设计作了较详细的说明。实验结果表明: 注入剂量的测量与控制准确、可靠。

关键词 生物诱变 离子注入剂量 微机控制

中图分类号 TH814

前言

离子束生物诱变研究是不同于传统辐射生物学的一门新兴学科。与传统的粒子辐射相比, 离子注入生物体有众多新特点。加速后的重离子具有质量、能量和电荷三种作用势, 因此注入生物体后会产生质、能、电共同作用于生物体的集体效应。例如: 使染色体产生各种变异, 改变细胞的跨膜电位, 对细胞的膜或壁进行刻蚀加工产生可修复的微孔等。这使得注入离子的质、能、电联合作用的生物学效应比核辐射产生的生物学效应具有更丰富的内容和更广泛的诱变图谱^[1]。

50 keV 离子注入生物诱变实验装置是中科院等离子体物理所离子束生物工程实验室的一台专用于离子注入生物诱变研究的设备, 应用在农作物、微生物诱变育种和外源基因导入等方面。在实验过程中, 由于注入剂量决定生物样品的辐射损伤程度, 为保证相同(不同)样品注入不同(相同)剂量在同一环境下的准确性, 必须对注入剂量做准确的测量与控制。

1 离子注入生物诱变实验流程

50 keV 离子注入装置主要由离子源, 真空靶

室, 真空系统(机械泵前级, 涡轮分子泵后级), 剂量监测, 单片机控制系统等组成。离子源位于圆柱型真空靶室顶部一侧, 束流经匀化板引出。离子源正下方, 靶室中部安装有离子束流采样器, 真空靶室底部为一圆形靶座。由电机拖动, 可正反旋转。靶座上均匀分布六个直径为 200 mm 的样品盘, 供放置生物样品。当靶室真空度达到实验要求时 (10^{-3} Pa), 通过旋转靶座, 各样品盘可由单片微机自动寻址定位于离子源正下方, 离子源起弧引出束流, 样品接受注入处理。

由于生物样品的特殊性, 离子注入方式为长脉冲方式, 即注入一段时间后, 间隔一段时间再注入, 以避免温度过高样品失活。样品盘数及各盘样品参数(注入剂量, 注入时间, 间隔时间)可根据实验需要通过键盘设定。离子注入实验流程图如图 1 所示。

2 离子注入剂量的测量

离子注入生物诱变实验中, 注入剂量指生物样品单位时间单位面积上被注入的离子数。因此, 束流强度决定了注入剂量的大小。为实时测定被注入样品的吸收剂量, 应对束流作非截断测量。针对注入装置采用的是专门设计的大面积强流直流双潘宁

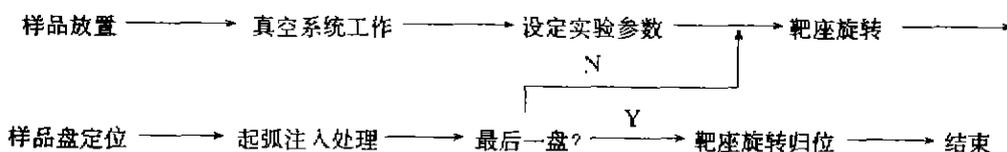


图 1 离子注入生物诱变实验流程图

源(束斑直径 200 mm),我们设计用多丝靶采样束流信号,再经束流积分系统转换处理获得注入剂量值(电荷量)。

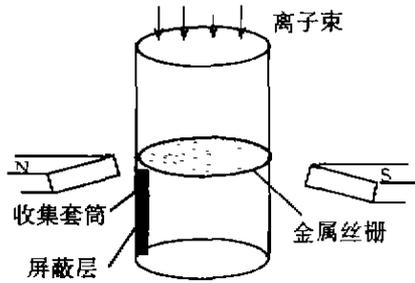


图 2 多丝靶结构图

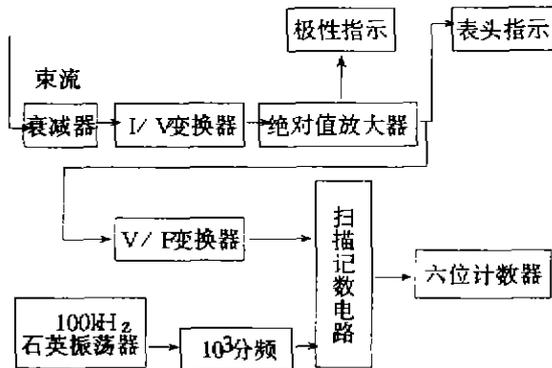


图 3 束流积分工作原理

多丝靶结构如图 2 所示,它主要由金属套筒和焊接在套筒中央的金属丝栅构成。丝栅材料可采用铜或钼,一是其抗轰击能力强,二是不易与注入离子

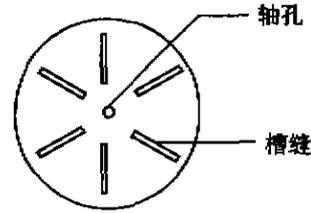


图 4 定位圆盘

(主要是 N^+)形成氮化物而降低采样灵敏度。丝栅的透过率可以根据实验要求调节,一般不低于 90%。离子束轰击在丝栅上将产生二次电子效应,这是影响测量结果的主要因素^[2]。通过金属丝栅外侧的可调横向磁场使二次电子偏转,再由金属套筒收集的方法抑制二次电子。

多丝靶采样收集的束流信号通过同轴电缆传送至束流积分处理系统中。束流积分系统工作原理如图 3 所示。扫描计数的输出即是对束流积分处理的采样剂量值(电荷量,单位为库仑),输出结果一路送六位计数器计数并实时跟踪显示,一路反馈送至单片微机的 T_0 定时器入口,在选定的实验条件下(高真空,大面积强流潘宁源),可认为注入到样品中的粒子都是单电荷态离子,则样品注入剂量由下式给出,

$$N = \frac{Q \times K}{\eta \times S \times t \times 1.602 \times 10^{-19}}$$

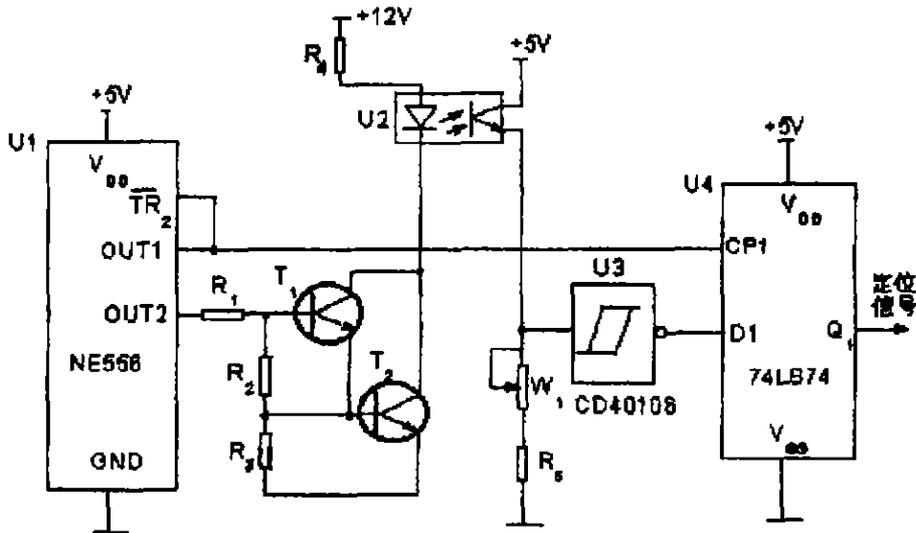


图 5 光电定位电路原理图

式中 Q 为采样束流的电荷量, K 为衰减倍数, η 为多丝靶透过率, S 为样品靶表面积, t 为注入时间。

多丝靶束流积分系统测量的注入剂量准确度很好,在高真空下与截束测量的热测法对比,最大误差

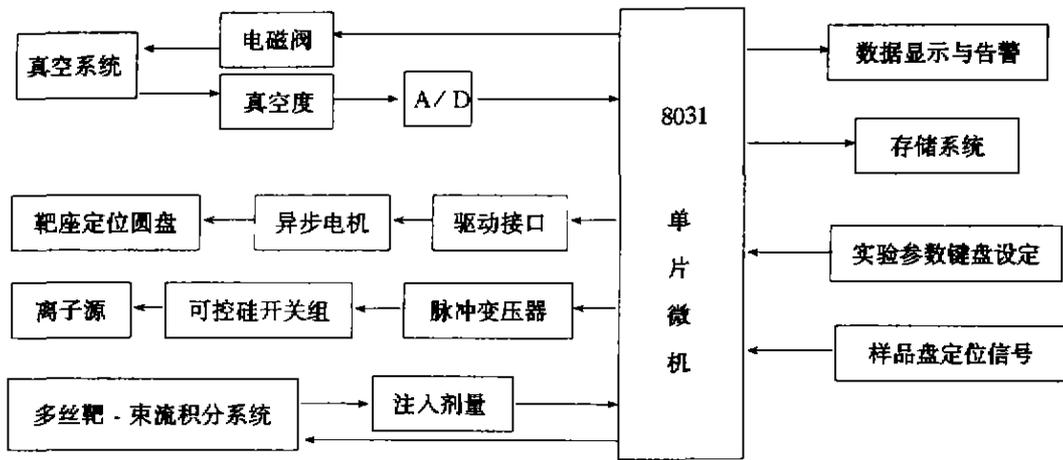


图6 控制系统硬件结构框图

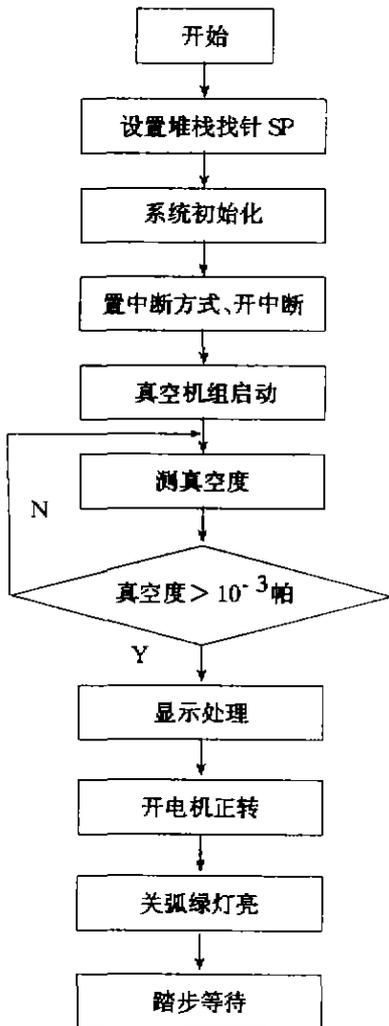


图7 主程序框图

≤1%，满足生物注入实验要求^[3]。

3 生物样品的光电定位

为使样品盘准确定位于离子源正下方，首先在电机与转盘间加一减速装置，使旋转靶座转速大大降低(0.4转/分)，其次在旋转靶座下安装一定位圆盘，如图4所示。圆盘上均匀分布六个槽缝，每个槽

缝对应一样品盘。当靶座旋转时，定位圆盘随之同步转动。离子源下方，靶座和定位圆盘间安装一红外光电开关，槽缝经光电开关时，开关动作，产生样品盘定位信号。

红外光电开关是定位的关键，其电路原理图如图5所示，NE555产生调制脉冲，经三极管功率放大后，驱动发光二极管发出脉冲光波，光敏三极管与CD40106直接耦合，完成光电转换整形放大。最后由74LS74滤波、解调后输出开关信号，经光电隔离，送单片机的外部中断入口。由74LS74构成的D触发器既能完成解调处理，同时还能完成抗干扰滤波处理。利用同步信号作Cp1脉冲，只有在发光二极管发光时，光电开关的输出才能改变，从而滤除了其他干扰。

4 控制系统结构

4.1 系统硬件结构

控制系统的硬件框图如图6所示^{[4][5]}。

系统控制的负载主要有离子源，真空机组和拖动靶座旋转的三相异步电机。离子源的开弧、关弧由单片机控制可控硅的导通和关断来实现。由于离子源工作在高电压下，为安全告警，开弧引出束流时红灯亮，关弧时绿灯亮，并同时报警。样品盘的换位由三相异步电机带动靶座旋转完成。在离子注入过程中，为不使样品因表面温度过高失活，各样品盘下均通有水冷管，因而实验开始时靶座正向旋转，实验结束后须反转归位。

由于实验中电机起停，换向频繁，接口电路采用固态继电器(SSR)作为隔离控制手段，具有反应迅速，无触点，对控制系统干扰小的优点。系统要采集和处理的主要参量为靶室真空度和注入剂量。样品盘定位信号经光电开关产生，送单片机1外部中断入口；注入剂量由多丝靶一束流积分电路反馈送至

单片机 T_0 定时器入口。

4.2 软件设计

软件设计模块化,主要由主程序,样品定位中断程序,定时器 T_0 中断程序,键盘处理程序,显示处理程序等构成。主程序流程图见图 7 所示。

8031 单片机系统复位后,系统初始化,选择 1 外部中断为电平触发方式, T_0 定时器设为计数工作方式。启动真空系统,置盘数计数器初值为 1, T_0 计数值为各样品盘设定的剂量值。真空度达标后,设电机正转标志,启动电机,然后处于踏步状态,等待定位信号中断请求。

样品定位中断服务程序流程图见图 8 所示。因定位圆盘槽缝有一定宽度,软件延时清外部中断。检查电机正反转标志,若正转则显示盘数,并判断样品是否已全部处理;若未处理完,再判断此盘样品是

否设有剂量须注入处理。如须处理,先关电机,设软标志 F_0 ,启动 T_0 工作,再开弧处理。

电机反转表示全部样品处理完毕,样品盘正在复位。 T_0 中断表明样品已达设定剂量,关弧停止处理,软件标志 F_0 置 1。

5 结论

研制的控制系统与 50 keV 离子注入生物诱变实验装置联机调试后,在该装置上进行了大量的农作物、微生物诱变育种和细胞融合等实验研究,取得了诸多研究成果,获得极大社会经济效益。实验结果表明:控制系统硬件、软件设计合理;注入剂量测量与控制准确、可靠,符合离子注入生物诱变实验的要求。

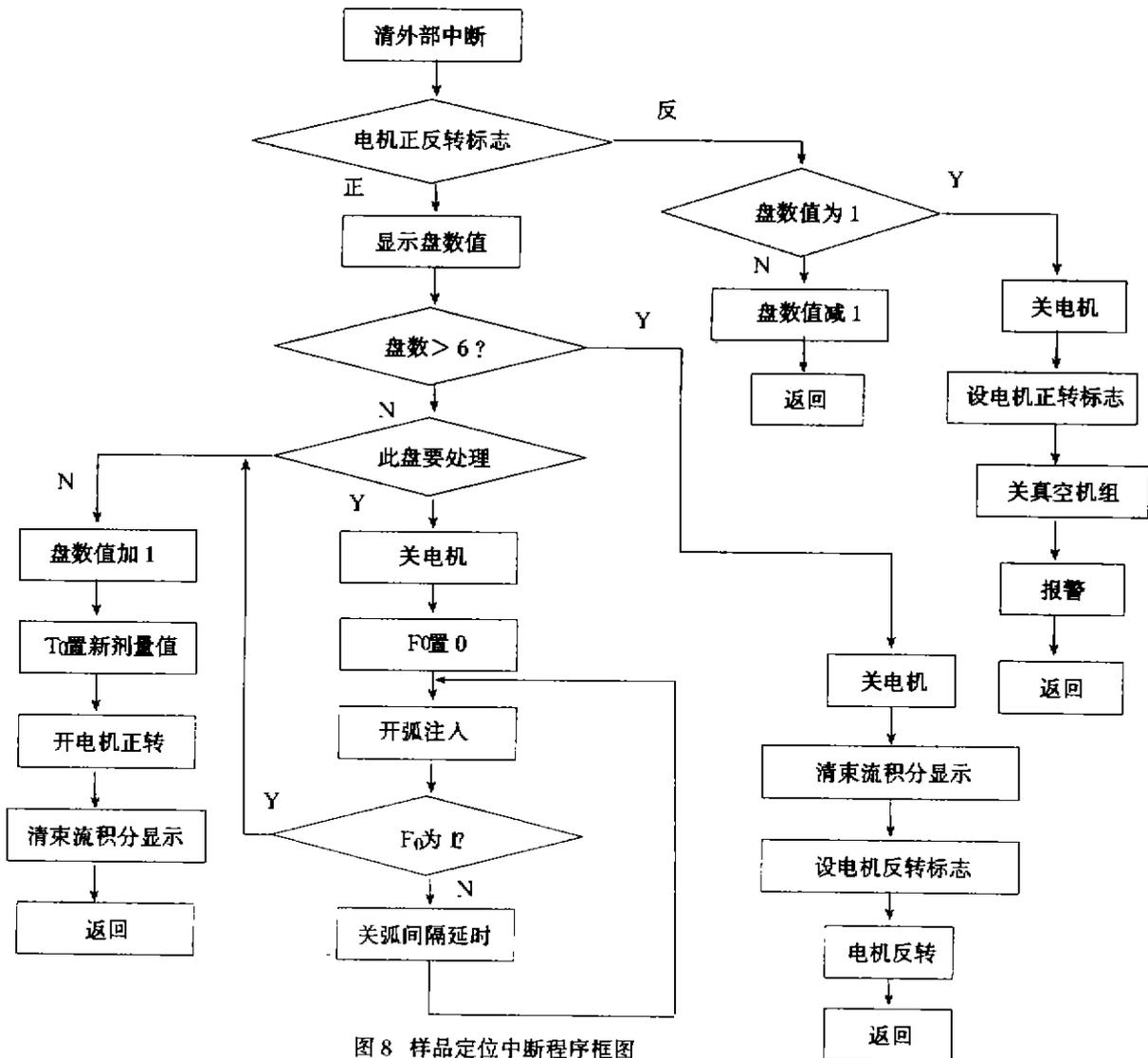


图 8 样品定位中断程序框图

示部分完成显示缓冲区内数据显示。键盘管理部分完成射线机高压开关信号读入。数据通讯部分完成数据的通讯,通讯速度为 600 bit/s。KV 开关控制部分完成射机高压开关动作。

4 结论

本文描述的射线机无线遥控器已调试成功,经使用,本遥控器具有如下特点:

(1) 遥控距离决定于无线电话的覆盖范围,如采用家用无线电话,遥控范围在空旷地带约为 500 M。

(2) 采用数据通讯技术,遥控可靠。

(3) 遥控器显示射线机的工作状态,能有效保证人身安全。

参考文献

- [1] 张在实主编. X 射线机探测仪器使用维修技术手册. 长春:吉林科学技术出版社,1995,220;
- [2] 王英行. 电子式 X 射线机自动开关. 中国专利. 中国专利公告. 公告号 CN-2139734Y,1992;
- [3] 丹东市通用电器有限公司 无损检测,1999, vol. 21, 彩色广告;
- [4] 张德. X 射线机的遥控器. 中国专利. 中国专利公告. 公告号 CN-2145495Y,1993.

The radio remotr of X - ray generator

Wu Guanhua Zhang Xiaofeng Song Kai

(Dept. of Measuring and Control Engineering, Nanchang Institute of Aeronautical Technology, Nanchang, P. R. China 330034)

Abstract: A new radio remote control device to portable X - ray generation was introduced in this article. This device was consisted of single - chip microcomputer. The data communication function was realized by single - chip microcomputer series ports, MODEN and radiotelephone. The work conditions can be displayed and the KV power key can be controlled on the remoter.

Keywords: Nondestructive Testing, Radiographic inspection, Radio remote control

(上接第 43 页)

参考文献

- [1] 宋道军,余增亮. 科技导报,22(5),1997;
- [2] 张华顺等. 离子源和大功率中性束源,北京:原子能出版社,1987;

- [3] 余增亮,大面积强流离子源,合肥:中科院等离子体物理研究所科研报告,1998;
- [4] 陈粤初等. 单片机应用系统设计与实验. 北京:北京航空航天大学出版社,1991;
- [5] 王福瑞等. 单片微机测控系统设计大全,北京:北京航空航天大学出版社,1998.

The Measurement and Control of Implantation Dose of Ion Implantation Bilolqilal Mutation Experiment

Lu Chao¹ Chen Bin² Yu Zengliang²

(1 Dept. of Measuring and Control Engineering, Nanchang Institute of Aeronautical Technology, Nanchang, P. R. China 330034)

(2. Laboratory of Ion Beam Biological Engineering, Institute of Plasma Physical, Academic Sinica, Hefei. P. R. China 230031)

Abstract: Ion implantation biological mutation effects is a new artificial mutation method different from the tradition irradiation biology. For the implantation dose determines the irradiation injury degree of biological sample, it's a important parameter that should be measured and controlled accurately in the experiment. Introduction is given to the measurement and control method of ion implantation dose of a 50 keV implantation equipment, and the hardware construction and software design of controlling system are described in detail in the paper. Experimental results show that the measurement and control of implantation dose is accurate and stable.

Keywords: Bilogical mutation, Ion implantation dose, Microcomputer Controlling.