



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109782102 A

(43)申请公布日 2019.05.21

(21)申请号 201711115164.9

(22)申请日 2017.11.13

(71)申请人 中国科学院沈阳自动化研究所  
地址 110016 辽宁省沈阳市东陵区南塔街  
114号

(72)发明人 刘金国 李振新 李正 刘晓源  
张广兴

(74)专利代理机构 沈阳科苑专利商标代理有限  
公司 21002

代理人 李巨智

(51)Int.Cl.

G01R 31/01(2006.01)

G01R 31/265(2006.01)

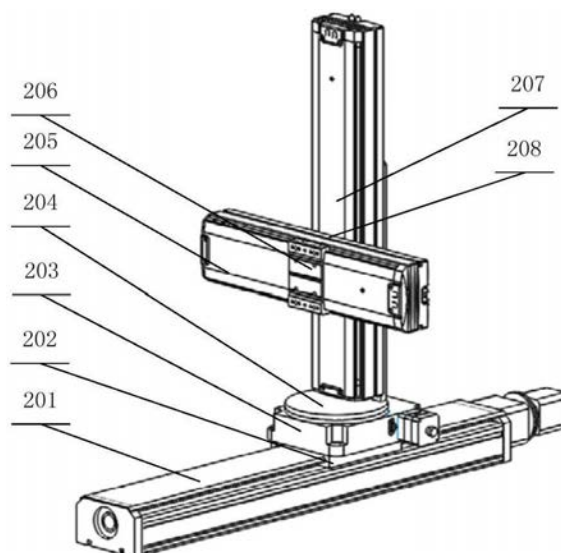
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种单粒子效应自动化测试系统

(57)摘要

本发明涉及一种单粒子效应自动化测试系统,四自由度机械机构,连接远程控制系统,用于放置测试目标,接收远程控制系统的运动控制指令,单粒子发射设备,连接远程控制系统,接收远程控制系统的开关控制指令,三维重构子系统,连接远程控制系统,接收远程控制系统的开关控制指令,远程控制系统,接收三维重构子系统反馈的测试目标的位置信息和类型信息。本发明应用于空间辐射效应模拟试验技术领域,创新采用自动化控制操作的方式,解决了传统单粒子效应地面测试中低效和人工频繁操作的问题,而且提供全自动和无人化的操作模式,大大提高了测试的效率、测量的精度以及测试人员的安全性,同时也提高了测试设备的利用率,降低了测试试验的成本。



1. 一种单粒子效应自动化测试系统,其特征在于,  
在控制室内设置:  
四自由度机械机构,连接远程控制系统,用于放置测试目标,接收远程控制系统的运动控制指令,使测试目标可以沿X、Y、Z轴方向移动,以及绕Z轴旋转;  
单粒子发射设备,连接远程控制系统,接收远程控制系统的开关控制指令,用于发射离子束流到测试目标;  
三维重构子系统,连接远程控制系统,接收远程控制系统的开关控制指令,采集测试目标的图像信息,将图像信息转化为三维数据进行分析,识别出测试目标的位置信息和类型信息,并反馈给远程控制系统;  
在控制室外设置:  
远程控制系统,接收三维重构子系统反馈的测试目标的位置信息和类型信息,进行检测路径规划,并显示测试过程参数。
2. 根据权利要求1所述的单粒子效应自动化测试系统,其特征在于:还包括视频监视系统,连接远程控制系统,采集测试过程中的监视图像发送到远程控制系统,对测试过程进行监视。
3. 根据权利要求2所述的单粒子效应自动化测试系统,其特征在于:所述视频监视系统为两台工业相机,设置于单粒子发射设备两侧,且面向四自由度机械机构方向。
4. 根据权利要求1所述的单粒子效应自动化测试系统,其特征在于:所述四自由度机械机构内设置有绝对值旋转编码器,用于对测试目标的实时位移和旋转角度进行测量,并反馈到远程控制系统。
5. 根据权利要求1所述的单粒子效应自动化测试系统,其特征在于:所述三维重构子系统为三维智能相机,沿Y轴方向设置于四自由度机械机构一侧。
6. 根据权利要求1所述的单粒子效应自动化测试系统,其特征在于:所述远程控制系统保存测试过程数据和视频信息,并可以进行过程数据和视频信息的调取。
7. 根据权利要求1、3、5任一项所述的单粒子效应自动化测试系统,其特征在于:所述四自由度机械机构可以进行手动调节和/或自动调节。
8. 根据权利要求1或3所述的单粒子效应自动化测试系统,其特征在于:所述单粒子发射设备为粒子加速器,设置于X轴方向,且使离子光束能照射到测试目标。

## 一种单粒子效应自动化测试系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及空间辐射效应模拟试验技术领域,具体地说是一种单粒子效应自动化测试系统。

### 背景技术

[0002] 宇宙射线中的高能粒子射入半导体器件后,在其灵敏体积中沉积能量,引起器件翻转、锁定、甚至烧毁等现象,称为单粒子效应。空间环境中存在很多高能带电粒子,卫星、空间站等多种航天器在宇宙空间运行时,经常会受到高能带电粒子的辐射,从而产生单粒子效应。单粒子效应对航天器电子学系统有严重的危害,是诱发航天器异常和故障的主要原因之一,影响着各种航天器的可靠性和使用寿命。

[0003] 另外,随着航天器元器件的集成度不断提高,单粒子效应出现的频率也不断提高,危害也越来越大。因此,对电子设备和元器件进行单粒子效应测试,已经成为航天产品研制的必要工序之一。

[0004] 现有技术中对被测元器件进行单粒子效应地面模拟试验,主要采用高能带电粒子辐照的方式,一般采用的测试方法如下:第一步,将待测元器件放置在测试工装上;第二步,人工调节测试工装,保证被测元器件处于辐照区域;第三步,人工测量被测器件距离辐照窗口的实际距离,并按测试要求,调整被测器件至初始位置和初始角度;第四步,人员撤离,被测产品通电,同时打开加速器产生高能带电粒子,辐射到被测器件上;第五步,关闭加速器,等待测试区域安全处理完毕;第六步,人员进入测试区,调节测试工装,使被测器件处于另一要求距离或角度;第七步,人员撤离后打开加速器,再次进行测试;第八步,重复上述第五步至第七步,直至被测器件完成所有测试距离要求,关闭加速器;第九步,人员进入测试区,人工调整测试工装,使另外一个元器件进入辐照区域,开始进行测试;第十步,重复上述步骤,直至检测完毕,整个过程通电测试元器件,检验元器件性能。

[0005] 采用现有的测试工装和测试方法,整个检测过程需要进行很多次人工操作,尤其当被测产品上有多个元器件或者有多个被测产品需要进行测量时,人工调整的次数更多,不但浪费测试资源,还导致整个检测过程不连续,使得检测效率也非常低;另外,测试环境具有一定的辐射隐患,每次进入测试区操作均需要进行专业防护,现有测试过程中,测试人员需频繁进入测试区进行人工操作,具有较大的安全隐患;同时,由于不同元器件厚度和外形不同,辐照表面的回转中心不同,采用人工进行操作存在较大的调节误差,辐照表面空间定位精度差,不能为单粒子测试提供精确地辐照测试数据。

[0006] 因此,如何在单粒子效应测试中对电子元器件进行高效、准确和安全地测试,日益成为空间辐射效应模拟试验研究的重点。

### 发明内容

[0007] 针对现有技术的不足,本发明提供一种单粒子效应自动化测试系统,解决了传统单粒子效应地面测试中低效和人工频繁操作的问题,实现单粒子地面测试过程的自动化、

高精度和远程自主控制的功能,达到单粒子地面测试高效、准确和安全的目的。

[0008] 本发明为实现上述目的所采用的技术方案是:

[0009] 一种单粒子效应自动化测试系统,在控制室内设置:四自由度机械机构,连接远程控制系统,用于放置测试目标,接收远程控制系统的运动控制指令,使测试目标可以沿X、Y、Z轴方向移动,以及绕Z轴旋转;单粒子发射设备,连接远程控制系统,接收远程控制系统的开关控制指令,用于发射离子束流到测试目标;三维重构子系统,连接远程控制系统,接收远程控制系统的开关控制指令,采集测试目标的图像信息,将图像信息转化为三维数据进行分析,识别出测试目标的位置信息和类型信息,并反馈给远程控制系统;

[0010] 在控制室外设置:远程控制系统,接收三维重构子系统反馈的测试目标的位置信息和类型信息,进行检测路径规划,并显示测试过程参数。

[0011] 还包括视频监视系统,连接远程控制系统,采集测试过程中的监视图像发送到远程控制系统,对测试过程进行监视。

[0012] 所述视频监视系统为两台工业相机,设置于单粒子发射设备两侧,且面向四自由度机械机构方向。

[0013] 所述四自由度机械机构内设置有绝对值旋转编码器,用于对测试目标的实时位移和旋转角度进行测量,并反馈到远程控制系统。

[0014] 所述三维重构子系统为三维智能相机,沿Y轴方向设置于四自由度机械机构一侧。

[0015] 所述远程控制系统保存测试过程数据和视频信息,并可以进行过程数据和视频信息的调取。

[0016] 所述四自由度机械机构可以进行手动调节和/或自动调节。

[0017] 所述单粒子发射设备为粒子加速器,设置于X轴方向,且使离子光束能照射到测试目标。

[0018] 本发明具有以下有益效果及优点:

[0019] 1.本发明在单粒子地面测试系统中首次采用自动化测试系统,改变了传统电子元器件单粒子人工操作的测试方法,实现了单粒子检测空间扫描、三维建模、零位确定、空间移动、空间转动、粒子辐照、被测产品切换等操作工序的连续化和自动化的目的,大大提高了单粒子测试的效率,是空间辐照地面测试模拟领域原创性的创新设计;

[0020] 2.本发明通过增加远程控制软件系统,测试人员只需在测试前完成被测产品的安装固定操作,就可以在远程控制被测产品完成整个测试工序,大大减少了人工参与的频率,基本实现测试过程无人化和全自动操作,有效提高了测试人员的安全性;

[0021] 3.本发明采用四自由度机械机构,通过X、Y、Z三个方向的移动和与绕Z轴转动的运动组合,结合精密的传动和控制部件,可以实现空间任意角度和位置的精确定位,大大提高了被测产品空间的定位精度;

[0022] 4.本发明采用四自由度机械机构作为反馈系统,通过初始标定,可以精确反馈被测产品表面到加速器发射窗口的空气层距离,为积累更准确的单粒子效应测试数据提供充分保障;

[0023] 5.本发明采用三维重构子系统对被测对象进行三维测量,可以对被测器件进行自动识别、空间定位、三维建模、测试编号,提高了测试系统的自主性;同时,控制系统支持两种操作模式,既可以进行自主路径规划测试,也可以进行人工选定的专项测试,提高了人机

交互性能；

[0024] 6. 本发明机构采用通用安装接口，承载能力强，接口适应性广，不仅支持单板测试，也适合整机产品测试，有效提高了系统的测试能力，大大降低了测试成本。

### 附图说明

[0025] 图1是本发明的系统结构示意图；

[0026] 其中，101为固定平台；102为单粒子发射设备；103为离子束流；104为测试目标；105为四自由度机械机构；106为远程控制系统；107为三维重构子系统；108为视频监视系统；

[0027] 图2是本发明的控制原理框图；

[0028] 图3是本发明的四自由度机械机构示意图；

[0029] 其中，201为X轴滑动模组；202为X轴滑台；203为Z轴回转平台；204为绕Z回转支架；205为Y轴滑动模组；206为Y轴滑台；207为Z轴滑动模组；208为Z轴滑台。

### 具体实施方式

[0030] 下面结合附图及实施例对本发明做进一步的详细说明。

[0031] 如图1所示为本发明的系统结构示意图。

[0032] 整个自动化测试系统主要由六部分组成，分别是固定平台101；测试产品104；四自由度机械机构105；远程控制系统106；三维重构子系统107；视频监视系统108。单粒子发射设备102和粒子束流103均由测试环境提供。

[0033] 除了远程控制系统106安装在控制室外，其余部分均安装在101-固定平台上。

[0034] 三维重构子系统107安装在固定平台101的-Y侧，正视+Y方向。视频监视系统108安装在单粒子发射设备102两侧，视角可以覆盖机构运动范围，同时可以避免辐照影响。

[0035] 如图2所示为本发明的控制原理框图。

[0036] 单粒子效应自动化测试系统，主要由四自由度机械机构、三维重构子系统、远程控制软件系统、视频监控系统等组成。

[0037] 远程控制软件系统：

[0038] 自动化测试系统配套专门的远程控制系统，并搭建良好的人机交互界面，实现远程精确控制。

[0039] 其中，远程控制系统可对机构进行运动学正解、逆解分析计算，实现对机构单轴运动的高精度控制，或者对机构多轴联动进行综合控制；支持手动及自动两种控制模式，可以在软件界面进行切换；控制系统可通过其他组成部分的数据与信息反馈，整合系统资源，实现在线实时检测及机构运动调节的全闭环控制功能。

[0040] 软件系统提供功能操作、三维重构和视频监视界面，满足用户对系统的控制操作及视频监视功能。通过软件可以选择手动或自动操作模式、三维标定测量、检测流程、数据保存等功能操作，也可以控制X、Y、Z三轴和绕Z轴转动运作操作，并步显示各运动机构的角度、空间位置等数据参数；另外，支持过程监控录像与回放操作。

[0041] 三维重构子系统：

[0042] 采用三维智能相机来实现，该相机具有拍摄、照明和分析功能，可以对被测产品进

行检查、定位和测量。通过激光三角测量方法,三维相机对被测产品上电子器件的长、宽、高等三维数据进行检测。同时,相机不受被测产品的对比度、颜色、高度、体积和轮廓测量的影响,通过与内置数据库进行对比,可以识别待测产品上电子芯片的类型,并予以记录。通过四自由度机械机构的空间三维运动,相机可识别待测产品上的所有电子芯片。

[0043] 检测数据通过串口或以太网接口与远程控制系统连接,通过专业软件进行三维建模,可以将被测产品的三维模型实时呈现在远程控制系统的操作界面上,用于测试人员操作选择。

[0044] 另外,通过软件系统进行逻辑分析和路径规划,可以对待测产品上的电子器件进行编号,并给出最优的检测工艺流程。

[0045] 视频监视系统:

[0046] 采用双视角监视方法,分别将两台工业相机布置在粒子加速器设备的两侧,正对机构运行方向,可以清晰观测被测产品在四自由度机械机构上的空间角度调整和水平移动的过程。

[0047] 工业相机通过串口或以太网接口与远程控制系统连接,通过视频监视系统对辐照过程进行实时监控,并将监视图像实时反馈给控制系统,可以指导测试过程的精确调节操作,确保操作过程的准确与安全。

[0048] 四自由度机械机构:

[0049] 四自由度机械机构主要由X、Y、Z三个轴向的移动自由度和绕Z轴的转动自由度组成。其中,X、Y、Z三个轴向直线运动均采用丝杠导轨的传动方式,负载能力强,定位准确,速度可控,可靠性高,自锁性能好。

[0050] 绕Z轴的转动采用蜗轮蜗杆的传动方式,回转定位精度高,旋转角度大,角速度可控,可以在任意角度位置锁定。移动和旋转操作均提供手动操作接口,满足特殊情况下的人工手动调节操作的需求。

[0051] X、Y、Z三个移动轴上安装有通用滑台接口,可安装连接多种结构形式的被测产品,接口适应性强。回转平台设置转接口,与Z轴组件连接。

[0052] 另外,滑动和旋转执行部件中分别设有绝对值旋转编码器,可以对被测产品的实时位移和旋转角度进行精确测量反馈,保证控制和定位要求。

[0053] 整个机械机构均采用伺服电机,控制精度高,操作方便。机构运动控制器通过串口或以太网接口与远程控制系统连接,实现远程自动控制。

[0054] 操作人员通过给远程控制系统输入操作指令,对整个自动化系统进行控制。首先,远程控制系统对视频监控系统进行开关控制,同时根据操作指令,分析测试需求并转化成运动控制指令,四自由度机械机构接受指令并执行,并将机构运动状态信息反馈给远程控制系统;其次,远程控制系统给三维重构子系统发送开关控制指令,控制其进行扫描操作,完成扫描后,子系统进行分析 and 三维建模,并将待测产品的参数信息反馈给远程控制系统;然后,操作人员通过远程控制系统确定辐照对象,系统规划路径;然后,远程控制系统一边将运动控制指令发给四自由度运动机构,控制其到达初始辐照位置,一边将可控制信息发给单粒子发射设备,控制其执行开关指令;整个测试过程中,视频监控系统将监控视频信息实时传送给给远程控制系统。

[0055] 如图3所示为本发明的四自由度机械机构示意图。

[0056] 201-X轴滑动模组安装在101-固定平台上,202-X轴滑台可沿201-X轴滑动模组的轴向滑动;203-Z轴回转平台安装在202-X轴滑台,可绕Z轴360°转动;204-绕Z回转支架下端与203-Z轴回转平台连接,上端与207-Z轴滑动模组连接;208-Z轴滑台可沿207-Z轴滑动模组的轴向滑动,同时与205-Y轴滑动模组连接;206-Y轴滑台可沿205-Y轴滑动模组的轴向滑动,并提供测试产品的安装接口。

[0057] 四自由度机械机构105的X轴滑动模组201轴线与离子束流103轴线在同一垂直平面内,并且最大运动行程满足安全操作距离要求,避免被Y轴滑台206安装测试目标104朝向单粒子发射设备102移动时与其发生碰撞,四自由度机械机构105的Z轴滑动模组207行程范围覆盖单粒子发射设备102中心高度,Y轴滑动模组205行程范围覆盖被测产品外形,保证测试目标104可以完全处于辐照区域。Z轴回转平台203可实现360°回转操作,满足三维重构子系统107扫描和单粒子发射设备102辐照要求。Y轴滑台206提供通用安装接口,可以安装单板或整机不同类型的测试目标104。

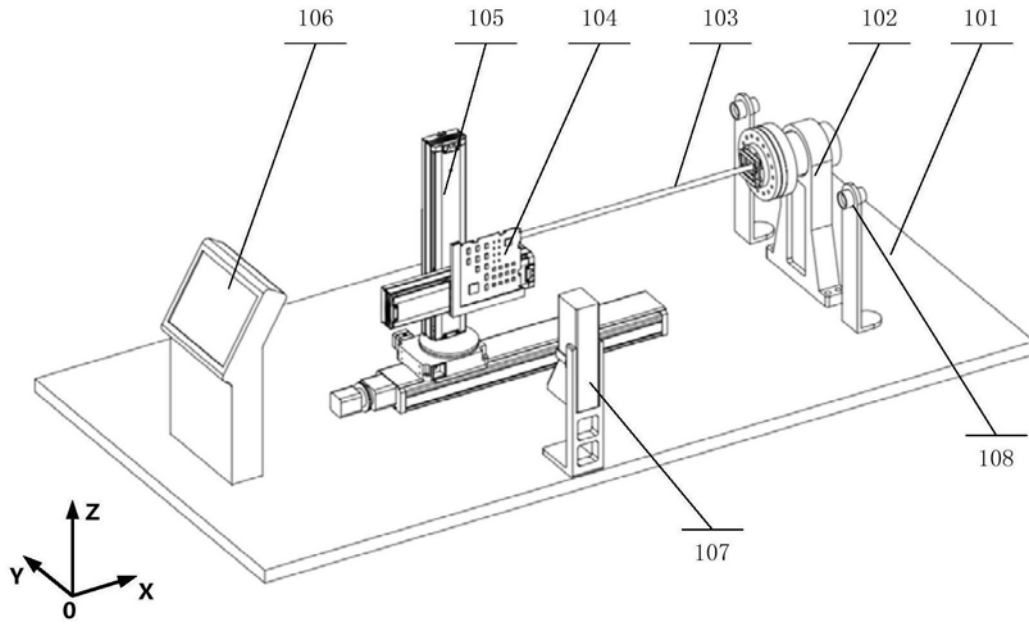


图1

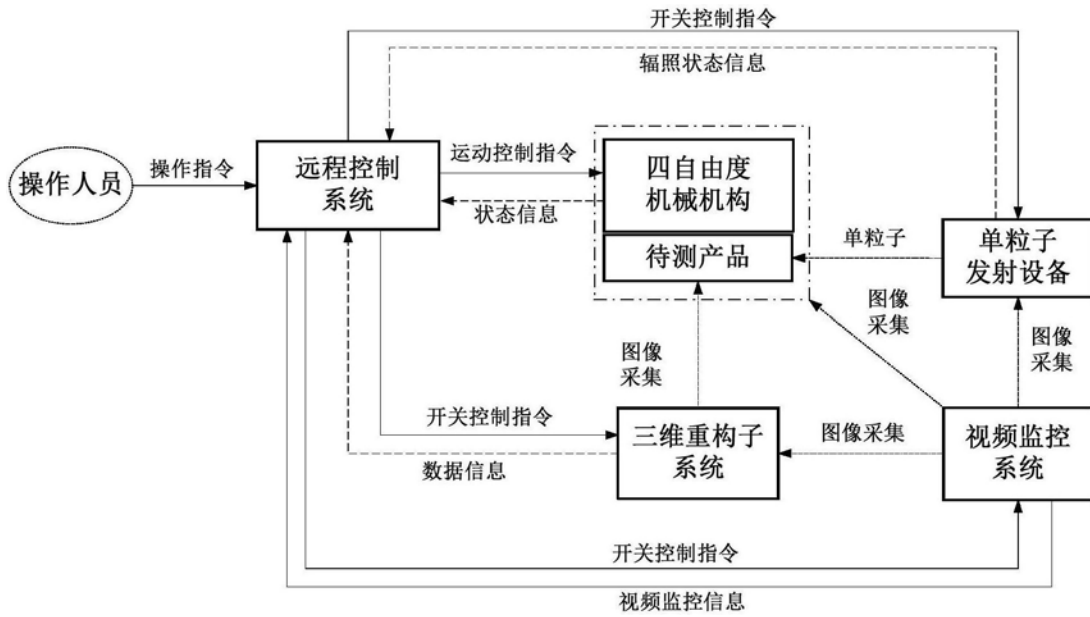


图2



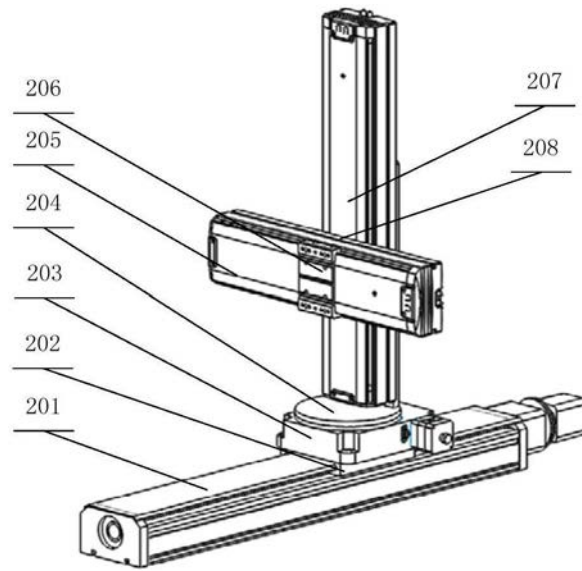


图3