



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104715990 B

(45)授权公告日 2017. 04. 05

(21)申请号 201510053462.4

(22)申请日 2015.01.31

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104715990 A

(43)申请公布日 2015.06.17

(73)专利权人 西安科技大学

地址 710054 陕西省西安市雁塔路中段58号

(72)发明人 尚万峰

(74)专利代理机构 西安创知专利事务所 61213

代理人 景丽娜

(51) Int. Cl.

H01J 37/26(2006.01)

H01J 37/28(2006.01)

H01J 37/22(2006.01)

(56)对比文件

CN 102027562 A, 2011.04.20, 说明书第17-159段、图2-10.

CN 1959416 A, 2007.05.09, 说明书第6页第1行至第7页倒数第9行、图1-3.

CN 101436506 A, 2009.05.20, 全文.

CN 2828847 Y, 2006.10.18, 全文.

JP 2001229869 A, 2001.08.24, 全文.

审查员 叶颖惠

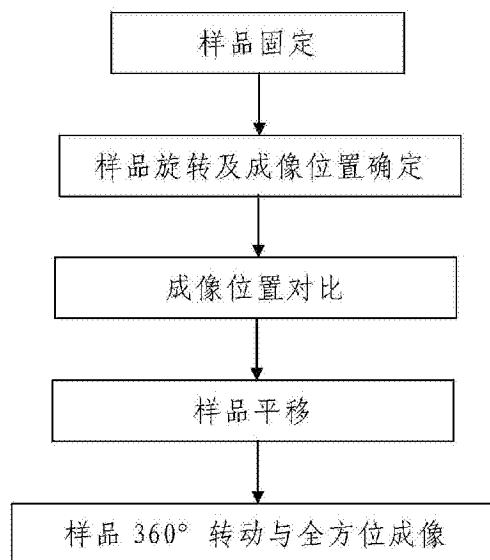
权利要求书3页 说明书10页 附图4页

(54)发明名称

一种扫描电子显微镜用全方位辅助成像系统及方法

(57)摘要

本发明公开了一种扫描电子显微镜用全方位辅助成像系统及方法,该辅助成像系统包括安装在扫描电子显微镜的基座上的旋转对中装置和供所扫描样品放置的样品台;旋转对中装置包括平移装置和旋转机构,样品台固定在平移装置上;样品与水平转轴呈平行布设;其辅助成像方法包括步骤:一、样品固定;二、样品旋转及成像位置确定,过程如下:样品初始成像位置确定、第一次顺时针转动及样品成像位置确定、逆时针转动及样品成像位置确定和第二次顺时针转动;三、成像位置对比;四、样品平移;五、样品360°转动与全方位成像。本发明设计合理、实现方便且使用效果好,能解决现有扫描电子显微镜存在的观察范围有限、不能对样品进行全方位观察的问题。



1. 一种扫描电子显微镜用全方位辅助成像系统,其特征在于:包括安装在扫描电子显微镜的基座(1)上的旋转对中装置和供所扫描样品(6)放置的样品台,所述样品台安装在所述旋转对中装置上;所述旋转对中装置包括对所述样品台进行平移的平移装置和带动所述样品台与所述平移装置同步绕水平转轴(23)旋转的旋转机构,所述旋转机构安装在基座(1)上,所述平移装置安装在所述旋转机构上且其位于所述旋转机构内侧,所述样品台固定在所述平移装置上且其位于所述平移装置内侧;所述样品(6)位于所述样品台内侧且其呈水平布设,所述样品(6)与水平转轴(23)呈平行布设;

所述样品台为呈竖直向布设的竖向平台(5);

所述平移装置包括带动所述样品台在水平方向上进行前后平移的水平平移机构和带动所述样品台与所述水平平移机构同步在竖直方向上进行上下平移的竖向平移机构,所述样品台安装在所述水平平移机构上,所述水平平移机构安装在所述竖向平移机构上,且所述竖向平移机构安装在所述旋转机构上;所述旋转机构、所述竖向平移机构、所述水平平移机构和所述样品台由外至内进行布设;所述基座(1)呈水平布设,所述旋转机构、所述竖向平移机构和所述水平平移机构均呈竖直向布设;

所述旋转机构包括固定安装在基座(1)上的竖向固定座(21)和位于竖向固定座(21)内侧且能在竖直面上进行旋转的旋转座(22),所述水平转轴(23)布设在旋转座(22)外侧且其安装在竖向固定座(21)上,竖向固定座(21)上开有供水平转轴(23)安装的水平安装孔。

2. 按照权利要求1所述的一种扫描电子显微镜用全方位辅助成像系统,其特征在于:所述样品(6)为圆锥体,所述圆锥体的底面固定在所述样品台上。

3. 按照权利要求1或2所述的一种扫描电子显微镜用全方位辅助成像系统,其特征在于:所述竖向平移机构包括固定安装在旋转座(22)上的第一固定板(31)和安装在第一固定板(31)内侧且能在竖直方向上进行上下平移的竖向平移板(32),所述竖向平移板(32)位于第一固定板(31)内侧;所述水平平移机构包括固定安装在竖向平移板(32)上的第二固定板(41)和安装在第二固定板(41)内侧且能在水平方向上进行前后平移的水平平移板(42),所述第二固定板(41)位于竖向平移板(32)内侧。

4. 按照权利要求3所述的一种扫描电子显微镜用全方位辅助成像系统,其特征在于:还包括控制器(9)以及对旋转座(22)的旋转角度和旋转方向进行实时检测的旋转角度检测单元(25)和旋转方向检测单元(26);所述旋转座(22)为圆柱形座体,所述旋转座(22)与水平转轴(23)呈同轴布设;所述旋转机构还包括带动旋转座(22)在竖直面上进行旋转的旋转驱动机构(24),所述旋转驱动机构(24)与水平转轴(23)进行传动连接;所述竖向平移机构还包括带动竖向平移板(32)进行上下平移的竖向平移驱动机构(33),所述竖向平移驱动机构(33)与竖向平移板(32)进行传动连接;所述水平平移机构还包括带动水平平移板(42)进行前后平移的水平平移驱动机构(43),所述水平平移驱动机构(43)与水平平移板(42)进行传动连接;所述旋转驱动机构(24)、竖向平移驱动机构(33)和水平平移驱动机构(43)均为电动驱动机构,所述旋转驱动机构(24)、竖向平移驱动机构(33)和水平平移驱动机构(43)均由控制器(9)进行控制且三者均与控制器(9)相接;

所述竖向平移板(32)上装有对其上下平移位移进行实时检测的竖向位移检测单元(34),且水平平移板(42)上装有对其前后平移位移进行实时检测的水平位移检测单元(44),所述旋转角度检测单元(25)、旋转方向检测单元(26)、竖向位移检测单元(34)和水平

位移检测单元(44)均与控制器(9)相接。

5. 一种利用如权利要求1所述全方位辅助成像系统进行全方位辅助成像的方法,其特征在于该方法包括以下步骤:

步骤一、样品固定:将样品(6)固定于所述样品台内侧;

步骤二、样品旋转及成像位置确定,过程如下:

步骤201、样品初始成像位置确定:采用所述扫描电子显微镜观察样品(6),并对所述扫描电子显微镜中样品(6)的成像位置进行确定,此时样品(6)的成像位置为位置 $P_0$ ;

步骤202、第一次顺时针转动及样品成像位置确定:通过所述旋转机构,将所述样品台与所述平移装置同步沿顺时针转动,且转动角度为 $\alpha$ ;顺时针转动完成后,采用所述扫描电子显微镜观察样品(6),并对所述扫描电子显微镜中样品(6)的成像位置进行确定,此时样品(6)的成像位置为位置 $P_1$ ;

步骤203、逆时针转动及样品成像位置确定:通过所述旋转机构,将所述样品台与所述平移装置同步沿逆时针转动,且转动角度为 $2\alpha$ ;逆时针转动完成后,采用所述扫描电子显微镜观察样品(6),并对所述扫描电子显微镜中样品(6)的成像位置进行确定,此时样品(6)的成像位置为位置 $P_2$ ;

步骤204、第二次顺时针转动:通过所述旋转机构,将所述样品台与所述平移装置同步沿顺时针转动,且转动角度为 $\alpha$ ;顺时针转动完成后,样品(6)的成像位置为位置 $P_0$ ;

步骤三、成像位置对比:将步骤203中所述的位置 $P_2$ 和步骤202中所述的位置 $P_1$ ,分别与步骤201中所述的位置 $P_0$ 进行对比:当位置 $P_2$ 、位置 $P_1$ 和位置 $P_0$ 为同一位置时,说明样品(6)与水平转轴(23)呈同轴布设,进入步骤五;否则,需对样品(6)进行平移,进入步骤四;

步骤四、样品平移,过程如下:

步骤401、平移量计算:根据公式 $y_0 = N \times \left| \frac{\Delta y_1 - \Delta y_2}{2(\cos\alpha - 1)} \right|$  (I) 和  $z_0 = N \times \left| \frac{\Delta y_1 + \Delta y_2}{2\sin\alpha} \right|$  (II),

分别计算得出样品(6)的水平平移量 $y_0$ 和竖向平移量 $z_0$ ,公式(I)和(II)中, $\Delta y_1$ 为位置 $P_1$ 和位置 $P_0$ 之间的间距, $\Delta y_2$ 为位置 $P_2$ 和位置 $P_0$ 之间的间距; $N$ 为所述扫描电子显微镜的放大倍数;

步骤402、水平与竖向平移:根据步骤401中计算得出的水平平移量 $y_0$ 和竖向平移量 $z_0$ ,通过所述水平平移机构带动所述样品台在水平方向上进行平移,同时通过所述竖向平移机构带动所述样品台与所述水平平移机构同步在竖直方向上进行平移,将样品(6)平移至与水平转轴(23)呈同轴布设;之后,进入步骤五;

步骤五、样品 $360^\circ$ 转动与全方位成像:通过所述旋转机构,带动所述样品台与所述平移装置同步沿顺时针或逆时针转动 $360^\circ$ ,且转动过程中,采用所述扫描电子显微镜观察样品(6),并完成样品(6)的全方位成像过程。

6. 按照权利要求5所述的方法,其特征在于:步骤402中进行水平与竖向平移之前,先根据样品(6)与水平转轴(23)的相对位置,对样品(6)的水平平移方向和竖向平移方向分别进行确定;

其中,对样品(6)的水平平移方向进行确定时,判断样品(6)位于水平转轴(23)的前侧或后侧:当判断得出样品(6)位于水平转轴(23)的前侧时,说明样品(6)的水平平移方向为向后平移;否则,当判断得出样品(6)位于水平转轴(23)的后侧时,说明样品(6)的水平平移

方向为向前平移;

对样品(6)的竖向平移方向进行确定时,判断样品(6)位于水平转轴(23)的上方或下方:当判断得出样品(6)位于水平转轴(23)的上方时,说明样品(6)的竖向平移方向为向下平移;否则,当判断得出样品(6)位于水平转轴(23)的下方时,说明样品(6)的竖向平移方向为向上平移;

步骤402中通过所述水平平移机构带动所述样品台在水平方向上进行平移时,根据所确定的水平平移方向进行平移,平移量为 $y_0$ ;通过所述竖向平移机构带动所述样品台与所述水平平移机构同步在竖直方向上进行平移时,根据所确定的竖向平移方向进行平移,平移量为 $z_0$ 。

7.按照权利要求5所述的方法,其特征在于:步骤402中进行水平与竖向平移时,过程如下:

步骤4021、初次平移:通过所述水平平移机构带动所述样品台在水平方向上向前或向后平移且平移量为 $y_0$ ,同时通过所述竖向平移机构带动所述样品台与所述水平平移机构同步在竖直方向上向上或向下平移且平移量为 $z_0$ ;

步骤4022、平移到位判断:初次平移完成后,先按照步骤二中所述的方法,对样品(6)进行样品旋转及成像位置确定;之后,按照步骤401所述的方法,计算得出样品(6)的水平平移量和竖向平移量,此时样品(6)的水平平移量和竖向平移量分别记作 $y_0'$ 和 $z_0'$ ;然后,根据计算得出的 $y_0'$ 和 $z_0'$ ,判断样品(6)是否平移到位:当 $y_0' = 0$ 且 $z_0' = 0$ 时,说明样品(6)平移到位,之后进入步骤五;否则,进入步骤4023;

步骤4023、二次平移,过程如下:

步骤I、平移方向及平移量确定:根据步骤4022中计算得出的 $y_0'$ ,对二次平移时的水平平移方向与水平平移量进行确定:当 $y_0' = 0$ 时,说明样品(6)在水平方向上已平移到位,此时二次平移的水平平移量为0;当 $y_0' = 2y_0$ 时,说明二次平移的水平平移方向与步骤4021中初次平移时的水平平移方向相反,且二次平移的水平平移量为 $2y_0$ ;

同时,根据步骤4022中计算得出的 $z_0'$ ,对二次平移时的竖向平移方向与竖向平移量进行确定:当 $z_0' = 0$ 时,说明样品(6)在竖直方向上已平移到位,此时二次平移的竖向平移量为0;当 $z_0' = 2z_0$ 时,说明二次平移的竖向平移方向与步骤4021中初次平移时的竖向平移方向相反,且二次平移的竖向平移量为 $2z_0$ ;

步骤II、二次平移:根据步骤I中所确定的平移方向及平移量,通过所述水平平移机构带动所述样品台在水平方向上进行平移,同时通过所述竖向平移机构带动所述样品台与所述水平平移机构同步在竖直方向上进行平移,平移完成后,所述样品(6)与水平转轴(23)呈同轴布设。

8.按照权利要求5、6或7所述的方法,其特征在于:步骤二中进行样品旋转及成像位置确定之前,先对所述扫描电子显微镜的放大倍数进行调整,并将所述扫描电子显微镜的放大倍数调整为1;步骤401中 $N=1$ ;步骤五中进行样品 $360^\circ$ 转动与全方位成像之前,先对所述扫描电子显微镜的放大倍数进行调整。

## 一种扫描电子显微镜用全方位辅助成像系统及方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于扫描电子显微镜应用技术领域,尤其是涉及一种扫描电子显微镜用全方位辅助成像系统及方法。

### 背景技术

[0002] 扫描电镜,全称扫描电子显微镜(scanning electron microscope,英文缩写SEM),是一种利用电子束扫描样品表面从而获得样品信息的电子显微镜,主要由真空系统,电子束系统以及成像系统等三大部分组成。扫描电子显微镜(SEM)用极细的电子束在样品表面扫描,并将产生的二次电子用特制的探测器收集,形成电信号运送到显像管,在荧光屏上显示物体,其分辨率可达0.2纳米,远高于光学显微镜的分辨率。因此,扫描电子显微镜广泛应用于科学研究和工程实践领域。然而,由于扫描电子显微镜成像原理的限制,电子束只能扫描样品的上表面。因而,扫描电子显微镜只能得到样品上表面的二维图像。

[0003] 扫描电子显微镜观察范围的局限性,已经成为限制纳米科技发展的一个关键因素。为了更详细地了解样品的表面特征,目前已经有商业化的用于电子显微镜的摆品台。通过把样品放在摆动台上左右摆动,可以观测样品的部分侧面。但是,上述摆品台无法实现对样品更大范围的观察,例如样品的背面。由于显微镜下的样品尺度非常小,很难对样品进行精确的定位和反转。因而,现如今还无法实现对样品的全方位观察。

### 发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题在于针对上述现有技术中的不足,提供一种扫描电子显微镜用全方位辅助成像系统,其结构简单、设计合理、安装布设方便且使用操作简便、使用效果好的扫描电子显微镜用全方位辅助成像系统,能解决现有扫描电子显微镜存在的观察范围有限、不能对样品进行全方位观察的问题。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明采用的技术方案是:一种扫描电子显微镜用全方位辅助成像系统,其特征在于:包括安装在扫描电子显微镜的基座上的旋转对中装置和供所扫描样品放置的样品台,所述样品台安装在所述旋转对中装置上;所述旋转对中装置包括对所述样品台进行平移的平移装置和带动所述样品台与所述平移装置同步绕水平转轴旋转的旋转机构,所述旋转机构安装在基座上,所述平移装置安装在所述旋转机构上且其位于所述旋转机构内侧,所述样品台固定在所述平移装置上且其位于所述平移装置内侧;所述样品位于所述样品台内侧且其呈水平布设,所述样品与水平转轴呈平行布设。

[0006] 上述一种扫描电子显微镜用全方位辅助成像系统,其特征是:所述样品为圆锥体,所述圆锥体的底面固定在所述样品台上。

[0007] 上述一种扫描电子显微镜用全方位辅助成像系统,其特征是:所述样品台为呈竖直向布设的竖向平台;所述基座呈水平布设,所述旋转机构、所述竖向平移机构和所述水平平移机构均呈竖直向布设;

[0008] 所述平移装置包括带动所述样品台在水平方向上进行前后平移的水平平移机构

和带动所述样品台与所述水平平移机构同步在竖直方向上进行上下平移的竖向平移机构,所述样品台安装在所述水平平移机构上,所述水平平移机构安装在所述竖向平移机构上,且所述竖向平移机构安装在所述旋转机构上;所述旋转机构、所述竖向平移机构、所述水平平移机构和所述样品台由外至内进行布设。

[0009] 上述一种扫描电子显微镜用全方位辅助成像系统,其特征是:所述旋转机构包括固定安装在基座上的竖向固定座和位于竖向固定座内侧且能在竖直面内进行旋转的旋转座,所述水平转轴布设在旋转座外侧且其安装在竖向固定座上,竖向固定座上开有供水平转轴安装的水平安装孔。

[0010] 上述一种扫描电子显微镜用全方位辅助成像系统,其特征是:所述竖向平移机构包括固定安装在旋转座上的第一固定板和安装在第一固定板内侧且能在竖直方向上进行上下平移的竖向平移板,所述竖向平移板位于第一固定板内侧;所述水平平移机构包括固定安装在竖向平移板上的第二固定板和安装在第二固定板内侧且能在水平方向上进行前后平移的水平平移板,所述第二固定板位于竖向平移板内侧。

[0011] 上述一种扫描电子显微镜用全方位辅助成像系统,其特征是:还包括控制器以及对旋转座的旋转角度和旋转方向进行实时检测的旋转角度检测单元和旋转方向检测单元;所述旋转座为圆柱形座体,所述旋转座与水平转轴呈同轴布设;所述旋转机构还包括带动旋转座在竖直面内进行旋转的旋转驱动机构,所述旋转驱动机构与水平转轴进行传动连接;所述竖向平移机构还包括带动竖向平移板进行上下平移的竖向平移驱动机构,所述竖向平移驱动机构与竖向平移板进行传动连接;所述水平平移机构还包括带动水平平移板进行前后平移的水平平移驱动机构,所述水平平移驱动机构与水平平移板进行传动连接;所述旋转驱动机构、竖向平移驱动机构和水平平移驱动机构均为电动驱动机构,所述旋转驱动机构、竖向平移驱动机构和水平平移驱动机构均由控制器进行控制且三者均与控制器相接;

[0012] 所述竖向平移板上装有对其上下平移位移进行实时检测的竖向位移检测单元,且水平平移板上装有对其前后平移位移进行实时检测的水平位移检测单元,所述旋转角度检测单元、旋转方向检测单元、竖向位移检测单元和水平位移检测单元均与控制器相接。

[0013] 同时,本发明还公开了一种方法步骤简单、设计合理且实现方便、使用效果好的扫描电子显微镜用全方位辅助成像方法,其特征在于该方法包括以下步骤:

[0014] 步骤一、样品固定:将样品固定于所述样品台内侧;

[0015] 步骤二、样品旋转及成像位置确定,过程如下:

[0016] 步骤201、样品初始成像位置确定:采用所述扫描电子显微镜观察样品,并对所述扫描电子显微镜中样品的成像位置进行确定,此时样品的成像位置为位置 $P_0$ ;

[0017] 步骤202、第一次顺时针转动及样品成像位置确定:通过所述旋转机构,将所述样品台与所述平移装置同步沿顺时针转动,且转动角度为 $\alpha$ ;顺时针转动完成后,采用所述扫描电子显微镜观察样品,并对所述扫描电子显微镜中样品的成像位置进行确定,此时样品的成像位置为位置 $P_1$ ;

[0018] 步骤203、逆时针转动及样品成像位置确定:通过所述旋转机构,将所述样品台与所述平移装置同步沿逆时针转动,且转动角度为 $2\alpha$ ;逆时针转动完成后,采用所述扫描电子显微镜观察样品,并对所述扫描电子显微镜中样品的成像位置进行确定,此时样品的成像

位置为位置P<sub>2</sub>;

[0019] 步骤204、第二次顺时针转动:通过所述旋转机构,将所述样品台与所述平移装置同步沿顺时针转动,且转动角度为 $\alpha$ ;顺时针转动完成后,样品的成像位置为位置P<sub>0</sub>;

[0020] 步骤三、成像位置对比:将步骤203中所述的位置P<sub>2</sub>和步骤202中所述的位置P<sub>1</sub>,分别与步骤201中所述的位置P<sub>0</sub>进行对比:当位置P<sub>2</sub>、位置P<sub>1</sub>和位置P<sub>0</sub>为同一位置时,说明样品与水平转轴呈同轴布设,进入步骤五;否则,需对样品进行平移,进入步骤四;

[0021] 步骤四、样品平移,过程如下:

[0022] 步骤401、平移量计算:根据公式 $y_0 = N \times \left| \frac{\Delta y_1 - \Delta y_2}{2(\cos\alpha - 1)} \right|$  (I)和 $z_0 = N \times \left| \frac{\Delta y_1 + \Delta y_2}{2\sin\alpha} \right|$  (II),

分别计算得出样品的水平平移量 $y_0$ 和竖向平移量 $z_0$ ,公式(I)和(II)中, $\Delta y_1$ 为位置P<sub>1</sub>和位置P<sub>0</sub>之间的间距, $\Delta y_2$ 为位置P<sub>2</sub>和位置P<sub>0</sub>之间的间距;N为所述扫描电子显微镜的放大倍数;

[0023] 步骤402、水平与竖向平移:根据步骤401中计算得出的水平平移量 $y_0$ 和竖向平移量 $z_0$ ,通过所述水平平移机构带动所述样品台在水平方向上进行平移,同时通过所述竖向平移机构带动所述样品台与所述水平平移机构同步在竖直方向上进行平移,将样品平移至与水平转轴呈同轴布设;之后,进入步骤五;

[0024] 步骤五、样品360°转动与全方位成像:通过所述旋转机构,带动所述样品台与所述平移装置同步沿顺时针或逆时针转动360°,且转动过程中,采用所述扫描电子显微镜观察样品,并完成样品的全方位成像过程。

[0025] 上述方法,其特征是:步骤402中进行水平与竖向平移之前,先根据样品与水平转轴的相对位置,对样品的水平平移方向和竖向平移方向分别进行确定;

[0026] 其中,对样品的水平平移方向进行确定时,判断样品位于水平转轴的前侧或后侧:当判断得出样品位于水平转轴的前侧时,说明样品的水平平移方向为向后平移;否则,当判断得出样品位于水平转轴的后侧时,说明样品的水平平移方向为向前平移;

[0027] 对样品的竖向平移方向进行确定时,判断样品位于水平转轴的上方或下方:当判断得出样品位于水平转轴的上方时,说明样品的竖向平移方向为向下平移;否则,当判断得出样品位于水平转轴的下方时,说明样品的竖向平移方向为向上平移;

[0028] 步骤402中通过所述水平平移机构带动所述样品台在水平方向上进行平移时,根据所确定的水平平移方向进行平移,平移量为 $y_0$ ;通过所述竖向平移机构带动所述样品台与所述水平平移机构同步在竖直方向上进行平移时,根据所确定的竖向平移方向进行平移,平移量为 $z_0$ 。

[0029] 上述方法,其特征是:步骤402中进行水平与竖向平移时,过程如下:

[0030] 步骤4021、初次平移:通过所述水平平移机构带动所述样品台在水平方向上向前或向后平移且平移量为 $y_0$ ,同时通过所述竖向平移机构带动所述样品台与所述水平平移机构同步在竖直方向上向上或向下平移且平移量为 $z_0$ ;

[0031] 步骤4022、平移到位判断:初次平移完成后,先按照步骤二中所述的方法,对样品进行样品旋转及成像位置确定;之后,按照步骤401所述的方法,计算得出样品的水平平移量和竖向平移量,此时样品的水平平移量和竖向平移量分别记作 $y_0'$ 和 $z_0'$ ;然后,根据计算得出的 $y_0'$ 和 $z_0'$ ,判断样品是否平移到位:当 $y_0' = 0$ 且 $z_0' = 0$ 时,说明样品平移到位,之后进入步骤五;否则,进入步骤4023;

[0032] 步骤4023、二次平移,过程如下:

[0033] 步骤I、平移方向及平移量确定:根据步骤4022中计算得出的 $y_0'$ ,对二次平移时的水平平移方向与水平平移量进行确定:当 $y_0' = 0$ 时,说明样品在水平方向上已平移到位,此时二次平移的水平平移量为0;当 $y_0' = 2y_0$ 时,说明二次平移的水平平移方向与步骤4021中初次平移时的水平平移方向相反,且二次平移的水平平移量为 $2y_0$ ;

[0034] 同时,根据步骤4022中计算得出的 $z_0'$ ,对二次平移时的竖向平移方向与竖向平移量进行确定:当 $z_0' = 0$ 时,说明样品在竖直方向上已平移到位,此时二次平移的竖向平移量为0;当 $z_0' = 2z_0$ 时,说明二次平移的竖向平移方向与步骤4021中初次平移时的竖向平移方向相反,且二次平移的竖向平移量为 $2z_0$ ;

[0035] 步骤II、二次平移:根据步骤I中所确定的平移方向及平移量,通过所述水平平移机构带动所述样品台在水平方向上进行平移,同时通过所述竖向平移机构带动所述样品台与所述水平平移机构同步在竖直方向上进行平移,平移完成后,所述样品与水平转轴呈同轴布设。

[0036] 上述方法,其特征是:步骤二中进行样品旋转及成像位置确定之前,先对所述扫描电子显微镜的放大倍数进行调整,并将所述扫描电子显微镜的放大倍数调整为1;步骤401中 $N=1$ ;步骤五中进行样品 $360^\circ$ 转动与全方位成像之前,先对所述扫描电子显微镜的放大倍数进行调整。

[0037] 本发明与现有技术相比具有以下优点:

[0038] 1、所采用的辅助成像系统结构简单、设计合理且加工制作及安装布设方便,投入成本较低。

[0039] 2、所采用的辅助成像系统主要包括安装在扫描电子显微镜的基座上的旋转对中装置和供所扫描样品放置的样品台,样品台安装在旋转对中装置上,通过旋转对中装置能对样品进行简便、快速旋转对中,并将样品移至旋转机构的中心轴线上。

[0040] 3、所采用的旋转对中装置结构简单、设计合理且体积小、占用空间小,并且使用操作简便、使用效果好,并且能在高真空环境下工作,样品旋转及平移过程控制简易,并且样品旋转及平移过程的控制精度较高,能简便、快速且高质量完成样品的旋转对中过程。

[0041] 4、所采用的辅助成像系统使用操作简便且使用效果好,与现有的扫描电子显微镜相配合使用,所采用的旋转对中装置直接固定在扫描电子显微镜的基座上,而载有样品的样品台固定在旋转对中装置上,通过控制器对旋转对中装置进行控制,简便将样品移动至旋转机构的中心轴线上,随后通过旋转机构对样品进行 $360^\circ$ 旋转;并且在旋转过程中,通过扫描电子显微镜连续对样品各个表面进行成像,当样品旋转 $360^\circ$ 后,最终得到样品的全方位图像。因而,本发明所采用的辅助成像系统具有结构简单、设计合理、安装布设方便、使用操作简便、使用效果好等优点,能解决现有扫描电子显微镜存在的观察范围有限、不能对样品进行全方位观察的问题。

[0042] 5、所采用的成像方法步骤简单、设计合理且实现方便、使用效果好,能简便、快速完成样品的全方位成像过程,实现对样品各表面进行成像的目的。

[0043] 6、所采用的旋转对中方法步骤简单、设计合理且实现方便、使用效果好,能在没有样品具体位置坐标的情况下,通过“往复转动-成像位置检测”方法,把样品平移到旋转机构的中线轴线上,之后通过 $360^\circ$ 旋转样品并通过扫描电子显微镜实现对样品的全方位观察,



有效克服了现有扫描电子显微镜只能对样品上表面进行成像的不足。待样品平移到旋转机构的中线轴线上后,对样品进行360°旋转时,样品会始终处于扫描电子显微镜的观测视野内。旋转过程中,扫描电子显微镜不断的对样品各个表面进行成像;且当样品旋转360°后,能实现扫描电子显微镜对样品的全方位成像。

[0044] 7、使用效果好且实用价值高,能在真空环境下工作,并能在没有样品具体位置坐标的情况下,实现对样品进行对中、旋转和全方位观测。

[0045] 下面通过附图和实施例,对本发明的技术方案做进一步的详细描述。

## 附图说明

[0046] 图1为本发明所采用全方位辅助成像系统的使用状态参考图。

[0047] 图2为本发明所采用全方位辅助成像系统的结构示意图。

[0048] 图3为本发明所采用全方位辅助成像系统的电路原理框图。

[0049] 图4为本发明采用旋转对中装置对样品进行旋转对中时的旋转对中原理图。

[0050] 图5为采用本发明对样品进行旋转对中过程中扫描电子显微镜内所观察到样品的图像位置变化示意图。

[0051] 图6为采用本发明对样品进行全方位成像时的方法流程框图。

[0052] 附图标记说明:

[0053] 1—基座; 21—竖向固定座; 22—旋转座;

[0054] 23—水平转轴; 24—旋转驱动机构; 25—旋转角度检测单元;

[0055] 26—旋转方向检测单元; 31—第一固定板; 32—竖向平移板;

[0056] 33—竖向平移驱动机构; 34—竖向位移检测单元;

[0057] 41—第二固定板; 42—水平平移板; 43—水平平移驱动机构;

[0058] 44—水平位移检测单元; 5—竖向平台; 6—样品;

[0059] 7—电子枪; 81—第一连接电缆; 82—第二连接电缆;

[0060] 83—第三连接电缆; 9—控制器。

## 具体实施方式

[0061] 如图1、图2所示的一种扫描电子显微镜用全方位辅助成像系统,包括安装在扫描电子显微镜的基座1上的旋转对中装置和供所扫描样品6放置的样品台,所述样品台安装在所述旋转对中装置上。所述旋转对中装置包括对所述样品台进行平移的平移装置和带动所述样品台与所述平移装置同步绕水平转轴23旋转的旋转机构,所述旋转机构安装在基座1上,所述平移装置安装在所述旋转机构上且其位于所述旋转机构内侧,所述样品台固定在所述平移装置上且其位于所述平移装置内侧。所述样品6位于所述样品台内侧且其呈水平布设,所述样品6与水平转轴23呈平行布设。

[0062] 本实施例中,所述样品6为圆锥体,所述圆锥体的底面固定在所述样品台上。

[0063] 本实施例中,所述样品台为呈竖直向布设的竖向平台5。

[0064] 并且,所述竖向平台5为方形平台。实际加工时,可根据具体需要,对所述样品台的结构和尺寸进行相应调整。

[0065] 本实施例中,所述基座1呈水平布设,所述旋转机构、所述竖向平移机构和所述水

水平平移机构均呈竖直向布设。

[0066] 所述平移装置包括带动所述样品台在水平方向上进行前后平移的水平平移机构和带动所述样品台与所述水平平移机构同步在竖直方向上进行上下平移的竖向平移机构,所述样品台安装在所述水平平移机构上,所述水平平移机构安装在所述竖向平移机构上,且所述竖向平移机构安装在所述旋转机构上;所述旋转机构、所述竖向平移机构、所述水平平移机构和所述样品台由外至内进行布设。

[0067] 本实施例中,所述样品6呈水平布设。所述旋转机构包括固定安装在基座1上的竖向固定座21和位于竖向固定座21内侧且能在竖直面上进行旋转的旋转座22,所述水平转轴23布设在旋转座22外侧且其安装在竖向固定座21上,竖向固定座21上开有供水平转轴23安装的水平安装孔。

[0068] 所述竖向平移机构包括固定安装在旋转座22上的第一固定板31和安装在第一固定板31内侧且能在竖直方向上进行上下平移的竖向平移板32,所述竖向平移板32位于第一固定板31内侧;所述水平平移机构包括固定安装在竖向平移板32上的第二固定板41和安装在第二固定板41内侧且能在水平方向上进行前后平移的水平平移板42,所述第二固定板41位于竖向平移板32内侧。

[0069] 如图3所示,本发明所述的一种扫描电子显微镜用全方位辅助成像系统,还包括控制器9。所述旋转座22为圆柱形座体,所述旋转座22与水平转轴23呈同轴布设。所述旋转机构还包括带动旋转座22在竖直面上进行旋转的旋转驱动机构24,所述旋转驱动机构24与水平转轴23进行传动连接。所述竖向平移机构还包括带动竖向平移板32进行上下平移的竖向平移驱动机构33,所述竖向平移驱动机构33与竖向平移板32进行传动连接。所述水平平移机构还包括带动水平平移板42进行前后平移的水平平移驱动机构43,所述水平平移驱动机构43与水平平移板42进行传动连接。所述旋转驱动机构24、竖向平移驱动机构33和水平平移驱动机构43均为电动驱动机构,所述旋转驱动机构24、竖向平移驱动机构33和水平平移驱动机构43均由控制器9进行控制且三者均与控制器9相接。

[0070] 本实施例中,所述旋转驱动机构24安装在竖向固定座21上,所述竖向平移驱动机构33安装在第一固定板31上,且水平平移驱动机构43安装在第二固定板41上。

[0071] 并且,所述旋转驱动机构24、竖向平移驱动机构33和水平平移驱动机构43均为驱动电机。

[0072] 实际接线时,所述旋转驱动机构24、竖向平移驱动机构33和水平平移驱动机构43分别通过第一连接电缆81、第二连接电缆82和第三连接电缆83与控制器9进行连接。

[0073] 同时,本发明所述的一种扫描电子显微镜用全方位辅助成像系统,还包括对旋转座22的旋转角度和旋转方向进行实时检测的旋转角度检测单元25和旋转方向检测单元26,所述竖向平移板32上装有对其上下平移位移进行实时检测的竖向位移检测单元34,且水平平移板42上装有对其前后平移位移进行实时检测的水平位移检测单元44,所述旋转角度检测单元25、旋转方向检测单元26、竖向位移检测单元34和水平位移检测单元44均与控制器9相接。

[0074] 实际安装时,所述旋转角度检测单元25和旋转方向检测单元26均安装在旋转座22或水平转轴23上。

[0075] 本实施例中,所述第一固定板31、竖向平移板32、第二固定板41和水平平移板42均

为竖直向布置的平板,所述第一固定板31的内侧壁上开有竖向滑槽,且竖向平移板32的外侧壁上设置有沿所述竖向滑槽上下滑移的竖向凸台,所述竖向凸台插装于所述竖向滑槽内,所述第二固定板41的内侧壁上开有水平滑槽,且水平平移板42的外侧壁上设置有沿所述水平滑槽前后滑移的水平凸台,所述水平凸台插装于所述水平滑槽内,所述水平滑槽与水平转轴23呈垂直布置。

[0076] 并且,所述第一固定板31、竖向平移板32、第二固定板41和水平平移板42均为矩形平板。

[0077] 本实施例中,所述竖向滑槽的数量为一道且其布置在第一固定板31的内侧壁中部,所述水平滑槽的数量为一道且其布置在第二固定板41的内侧壁中部。

[0078] 本实施例中,所述基座1上装有供竖向固定座21安装的安装座,所述安装座位于竖向固定座21的后侧,且竖向固定座21通过紧固螺栓固定安装在所述安装座上。

[0079] 并且,所述第一固定板31与旋转座22之间以及第二固定板41与竖向平移板32之间均通过多个连接螺栓进行固定连接。

[0080] 实际使用时,对样品6进行扫描的所述扫描电子显微镜的电子枪7位于样品6上方,且电子枪7与控制器9相接。所述基座1为所述扫描电子显微镜中供样品台安装的水平基座。

[0081] 实际使用过程中,通过电子枪7对样品6进行扫描,实现通过所述扫描电子显微镜对样品6进行观察的目的,通过所述扫描电子显微镜观察到的图像传送至控制器9。

[0082] 本实施例中,所述样品6通过导电胶带固定在所述样品台上。

[0083] 综上,本发明所述的一种扫描电子显微镜用全方位辅助成像系统中,载有样品6的样品台固定在所述旋转对中装置上,通过控制器9对所述旋转对中装置进行控制。实际使用时,也可以将所述水平平移机构和所述竖向平移机构的位置进行互换,此时,所述样品台安装在所述竖向平移机构上,所述竖向平移机构安装在所述水平平移机构上,且所述水平平移机构安装在所述旋转机构上。

[0084] 如图6所示的一种扫描电子显微镜用全方位辅助成像方法,包括以下步骤:

[0085] 步骤一、样品固定:将样品6固定于所述样品台内侧。

[0086] 步骤二、样品旋转及成像位置确定,过程如下:

[0087] 步骤201、样品初始成像位置确定:采用所述扫描电子显微镜观察样品6,并对所述扫描电子显微镜中样品6的成像位置进行确定,此时样品6的成像位置为位置 $P_0$ 。

[0088] 步骤202、第一次顺时针转动及样品成像位置确定:通过所述旋转机构,将所述样品台与所述平移装置同步沿顺时针转动,且转动角度为 $\alpha$ ;顺时针转动完成后,采用所述扫描电子显微镜观察样品6,并对所述扫描电子显微镜中样品6的成像位置进行确定,此时样品6的成像位置为位置 $P_1$ 。

[0089] 步骤203、逆时针转动及样品成像位置确定:通过所述旋转机构,将所述样品台与所述平移装置同步沿逆时针转动,且转动角度为 $2\alpha$ ;逆时针转动完成后,采用所述扫描电子显微镜观察样品6,并对所述扫描电子显微镜中样品6的成像位置进行确定,此时样品6的成像位置为位置 $P_2$ 。

[0090] 步骤204、第二次顺时针转动:通过所述旋转机构,将所述样品台与所述平移装置同步沿顺时针转动,且转动角度为 $\alpha$ ;顺时针转动完成后,样品6的成像位置为位置 $P_0$ 。

[0091] 步骤三、成像位置对比:将步骤203中所述的位置 $P_2$ 和步骤202中所述的位置 $P_1$ ,分

别与步骤201中所述的位置 $P_0$ 进行对比：当位置 $P_2$ 、位置 $P_1$ 和位置 $P_0$ 为同一位置时，说明样品6与水平转轴23呈同轴布设，进入步骤五；否则，需对样品6进行平移，进入步骤四。

[0092] 步骤四、样品平移，过程如下：

[0093] 步骤401、平移量计算：根据公式 $y_0 = N \times \left| \frac{\Delta y_1 - \Delta y_2}{2(\cos\alpha - 1)} \right|$  (I) 和 $z_0 = N \times \left| \frac{\Delta y_1 + \Delta y_2}{2\sin\alpha} \right|$  (II)，

分别计算得出样品6的水平平移量 $y_0$ 和竖向平移量 $z_0$ ，公式(I)和(II)中， $\Delta y_1$ 为位置 $P_1$ 和位置 $P_0$ 之间的间距， $\Delta y_2$ 为位置 $P_2$ 和位置 $P_0$ 之间的间距； $N$ 为所述扫描电子显微镜的放大倍数。

[0094] 其中，水平平移量 $y_0$ 为样品6与水平转轴23在水平方向上的间距，竖向平移量 $z_0$ 为样品6与水平转轴23在垂直方向上的间距。

[0095] 步骤402、水平与竖向平移：根据步骤401中计算得出的水平平移量 $y_0$ 和竖向平移量 $z_0$ ，通过所述水平平移机构带动所述样品台在水平方向上进行平移，同时通过所述竖向平移机构带动所述样品台与所述水平平移机构同步在垂直方向上进行平移，将样品6平移至与水平转轴23呈同轴布设；之后，进入步骤五。

[0096] 步骤五、样品 $360^\circ$ 转动与全方位成像：通过所述旋转机构，带动所述样品台与所述平移装置同步沿顺时针或逆时针转动 $360^\circ$ ，且转动过程中，采用所述扫描电子显微镜观察样品6，并完成样品6的全方位成像过程。

[0097] 综上，上述步骤二至步骤四为样品6的旋转对中过程。并且，所述样品6的旋转对中原理详见图4；旋转对中过程中，通过扫描电子显微镜观察到的样品6的成像位置变化情况，详见图5。

[0098] 实际使用时，步骤201中至步骤204中所述的 $\alpha = 5^\circ \sim 30^\circ$ 。本实施例中，步骤201中至步骤204中所述的 $\alpha = 10^\circ$ ，具体使用时，可根据具体需要，对 $\alpha$ 的取值大小进行相应调整。

[0099] 实际使用过程中，通过步骤二至步骤四对样品6进行旋转对中后，具体是通过所述水平平移机构和所述竖向平移机构对样品6进行平移（水平平移量 $y_0$ 和竖向平移量 $z_0$ ）；待平移到位后，所述样品6移动至与水平转轴23呈同轴布设。这样，步骤五中通过旋转机构带动所述样品台与所述平移装置同步沿顺时针或逆时针转动 $360^\circ$ 时，所述样品6同步绕其中心轴线进行 $360^\circ$ 旋转；并且， $360^\circ$ 转动过程中，所述样品6始终处于所述扫描电子显微镜观察的视野之内。由于样品6与水平转轴23呈同轴布设，这样 $360^\circ$ 转动过程中，电子枪7到样品6的中心轴线的距离保持不变，并且所述扫描电子显微镜对样品6的观察距离也保持不变，通过 $360^\circ$ 转动样品6，能得到样品6各表面的图像，并相应完成在扫描电子显微镜内对样品6进行全方位成像的过程。

[0100] 本实施例中，如图5所示，所述样品6的成像位置具体为所述样品6的内端的成像位置，所述样品6的内端为所述圆锥体的顶端。并且，步骤201中至步骤203中对样品6的成像位置进行确定时，只需输出样品6在扫描电子显微镜中的图像，并对所输出图像中样品6的内端的像素位置进行确定即可。所述样品6在扫描电子显微镜中的图像为二维图像。

[0101] 本实施例中，步骤402中进行水平与竖向平移之前，先根据样品6与水平转轴23的相对位置，对样品6的水平平移方向和竖向平移方向分别进行确定。

[0102] 其中，对样品6的水平平移方向进行确定时，判断样品6位于水平转轴23的前侧或后侧：当判断得出样品6位于水平转轴23的前侧时，说明样品6的水平平移方向为向后平移；否则，当判断得出样品6位于水平转轴23的后侧时，说明样品6的水平平移方向为向前平移；

[0103] 对样品6的竖向平移方向进行确定时,判断样品6位于水平转轴23的上方或下方:当判断得出样品6位于水平转轴23的上方时,说明样品6的竖向平移方向为向下平移;否则,当判断得出样品6位于水平转轴23的下方时,说明样品6的竖向平移方向为向上平移。

[0104] 步骤402中通过所述水平平移机构带动所述样品台在水平方向上进行平移时,根据所确定的水平平移方向进行平移,平移量为 $y_0$ ;通过所述竖向平移机构带动所述样品台与所述水平平移机构同步在竖直方向上进行平移时,根据所确定的竖向平移方向进行平移,平移量为 $z_0$ 。

[0105] 实际使用时,步骤402中进行水平与竖向平移之前,对样品6与水平转轴23的相对位置进行确定时,以水平转轴23的中心轴线为基准线,对样品6的位置进行初步判断。本实施例中,所述样品6位于水平转轴23的右上方。因而,样品6的水平平移方向为向前平移且其竖向平移方向为向下平移。

[0106] 本实施例中,步骤402中进行水平与竖向平移时,过程如下:

[0107] 步骤4021、初次平移:通过所述水平平移机构带动所述样品台在水平方向上向前或向后平移且平移量为 $y_0$ ,同时通过所述竖向平移机构带动所述样品台与所述水平平移机构同步在竖直方向上向上或向下平移且平移量为 $z_0$ ;

[0108] 步骤4022、平移到位判断:初次平移完成后,先按照步骤二中所述的方法,对样品6进行样品旋转及成像位置确定;之后,按照步骤401所述的方法,计算得出样品6的水平平移量和竖向平移量,此时样品6的水平平移量和竖向平移量分别记作 $y_0'$ 和 $z_0'$ ;然后,根据计算得出的 $y_0'$ 和 $z_0'$ ,判断样品6是否平移到位:当 $y_0' = 0$ 且 $z_0' = 0$ 时,说明样品6平移到位,之后进入步骤五;否则,进入步骤4023;

[0109] 步骤4023、二次平移,过程如下:

[0110] 步骤I、平移方向及平移量确定:根据步骤4022中计算得出的 $y_0'$ ,对二次平移时的水平平移方向与水平平移量进行确定:当 $y_0' = 0$ 时,说明样品6在水平方向上已平移到位,此时二次平移的水平平移量为0;当 $y_0' = 2y_0$ 时,说明二次平移的水平平移方向与步骤4021中初次平移时的水平平移方向相反,且二次平移的水平平移量为 $2y_0$ ;

[0111] 同时,根据步骤4022中计算得出的 $z_0'$ ,对二次平移时的竖向平移方向与竖向平移量进行确定:当 $z_0' = 0$ 时,说明样品6在竖直方向上已平移到位,此时二次平移的竖向平移量为0;当 $z_0' = 2z_0$ 时,说明二次平移的竖向平移方向与步骤4021中初次平移时的竖向平移方向相反,且二次平移的竖向平移量为 $2z_0$ ;

[0112] 步骤II、二次平移:根据步骤I中所确定的平移方向及平移量,通过所述水平平移机构带动所述样品台在水平方向上进行平移,同时通过所述竖向平移机构带动所述样品台与所述水平平移机构同步在竖直方向上进行平移,平移完成后,所述样品6与水平转轴23呈同轴布设。

[0113] 本实施例中,步骤二中进行样品旋转及成像位置确定之前,先对所述扫描电子显微镜的放大倍数进行调整,并将所述扫描电子显微镜的放大倍数调整为1;步骤401中 $N=1$ ;步骤五中进行样品 $360^\circ$ 转动与全方位成像之前,先对所述扫描电子显微镜的放大倍数进行调整。

[0114] 步骤五中进行样品 $360^\circ$ 转动与全方位成像之前,对所述扫描电子显微镜的放大倍数进行调整时,具体是根据样品6的实际观察需要,对所述扫描电子显微镜的放大倍数进行

调整。

[0115] 如图4所示,对样品6进行旋转对中时,先建立一个空间三维直角坐标系,该三维直角坐标系以所述水平转轴23的中心轴线为X轴且以竖直方向为Z轴。对样品6进行旋转中时,所采用的方法“往复转动-成像位置检测”方法。步骤二中对样品6进行旋转时,操作非常简便,先得到样品6在扫描电子显微镜中的成像位置 $P_0$ ,再顺时针转动所述旋转机构且转动角度为 $\alpha$ 并记录样品6在扫描电子显微镜中的成像位置 $P_1$ ,之后逆时针转动所述旋转机构且转动角度为 $2\alpha$ 并记录样品6在扫描电子显微镜中的成像位置 $P_2$ ,然后顺时针转动所述旋转机构且转动角度为 $\alpha$ ,此时样品回转到最初位置,且样品6在扫描电子显微镜中的成像位置 $P_0$ 。这样,通过步骤二中对样品6进行三次旋转时,并获得成像位置 $P_1$ 、成像位置 $P_2$ 和成像位置 $P_3$ ,根据成像位置 $P_1$ 、成像位置 $P_2$ 和成像位置 $P_3$ 以及转动角度 $\alpha$ ,便能计算得出样品6距离旋转中心(即水平转轴23的中心轴线)的距离,包括水平平移量 $y_0$ 和竖向平移量 $z_0$ ;然后,通过所述旋转对中装置,对样品6进行水平与竖向平移,并将所述样品6移动至与水平转轴23的中心轴线上。本实施例中,步骤二至步骤五中,所述扫描电子显微镜对样品6进行观察并成像时,成像方向为竖直向下。

[0116] 实际使用过程中,所述旋转驱动机构24、竖向平移驱动机构33和水平平移驱动机构43均由控制器9进行控制,因而实际操控非常简便。

[0117] 本实施例中,步骤二中进行样品旋转及成像位置确定时,也可以先通过所述旋转机构,将所述样品台与所述平移装置同步沿逆时针转动,且转动角度为 $\alpha$ ;再通过所述旋转机构,将所述样品台与所述平移装置同步沿顺时针转动,且转动角度为 $2\alpha$ ;之后,通过所述旋转机构,将所述样品台与所述平移装置同步沿逆时针转动,且转动角度为 $\alpha$ ,此时样品6回转 to 初始位置。

[0118] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例,并非对本发明作任何限制,凡是根据本发明技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、变更以及等效结构变化,均仍属于本发明技术方案的保护范围内。

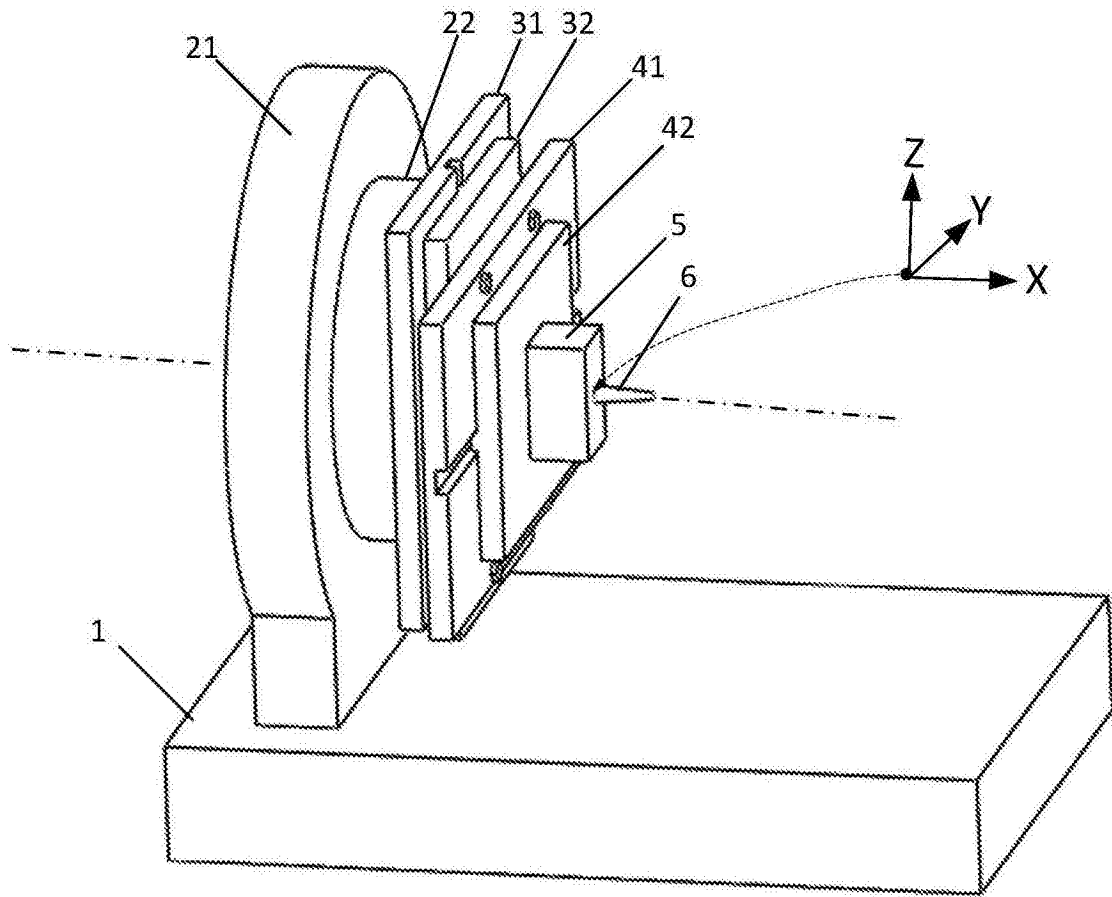


图1

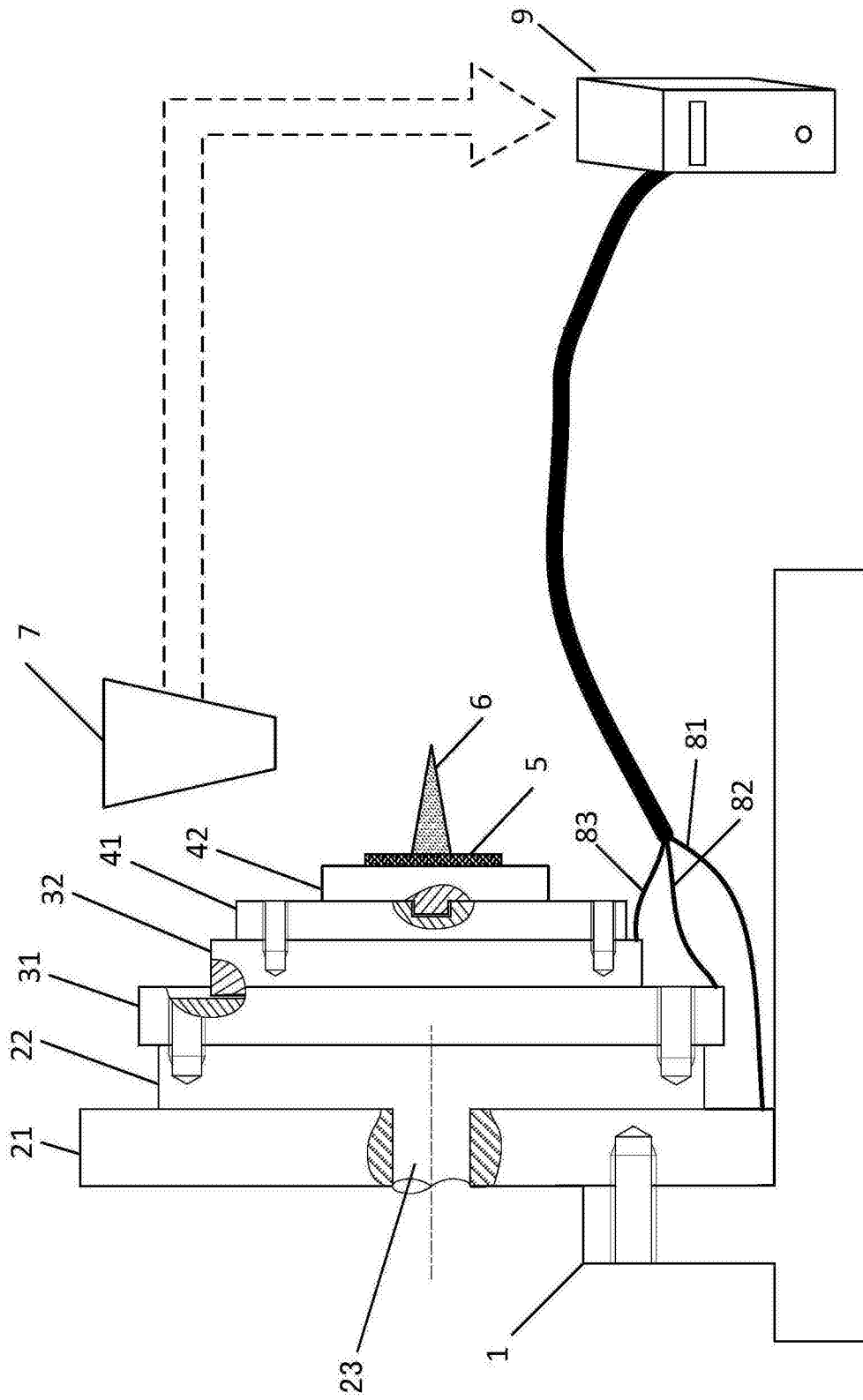


图2



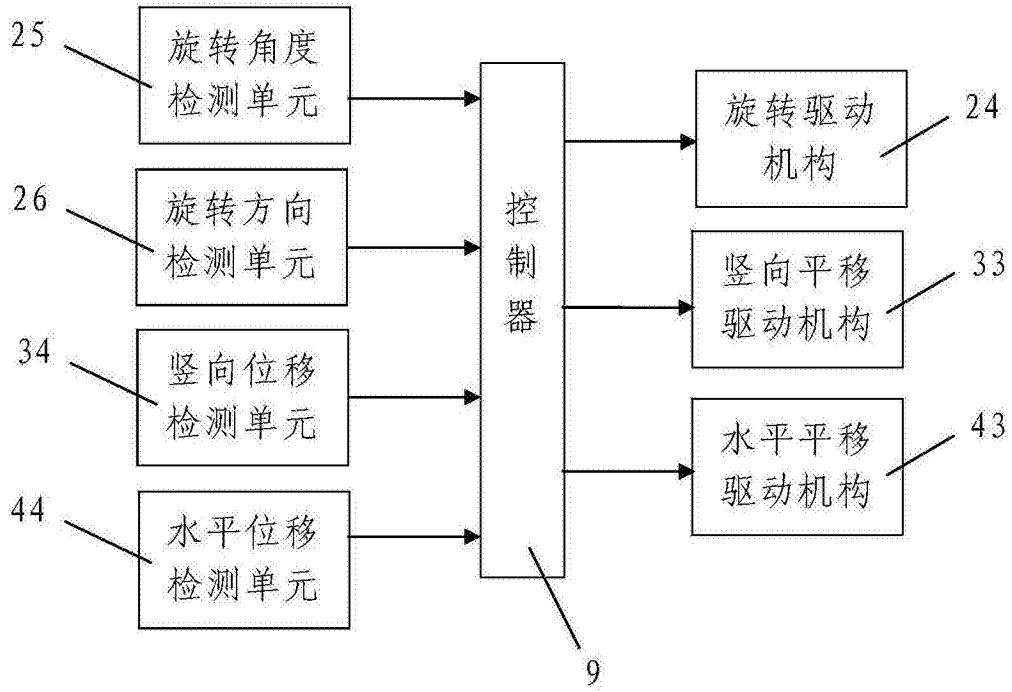


图3

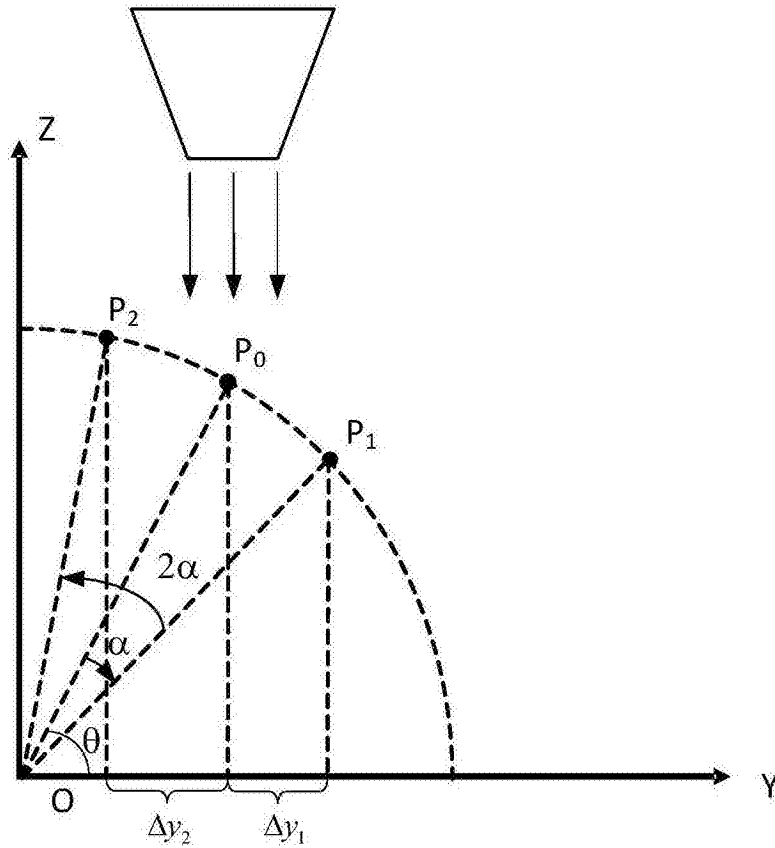


图4

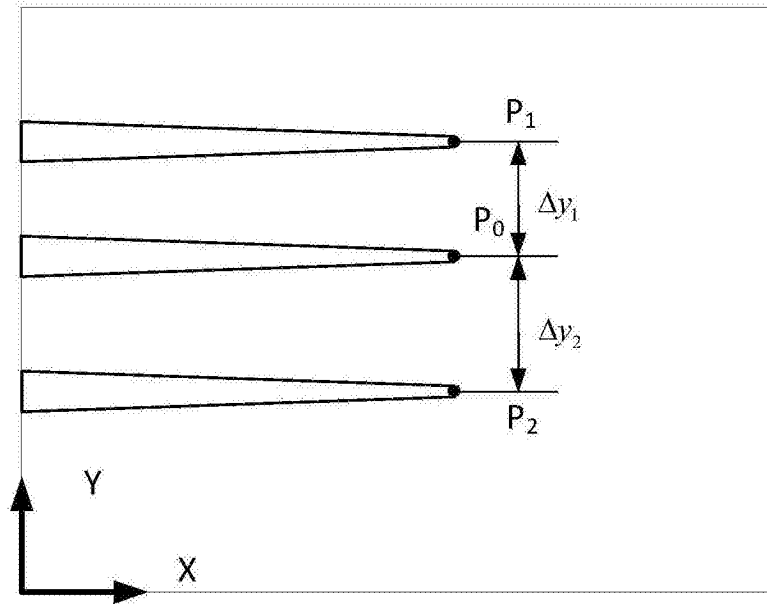


图5

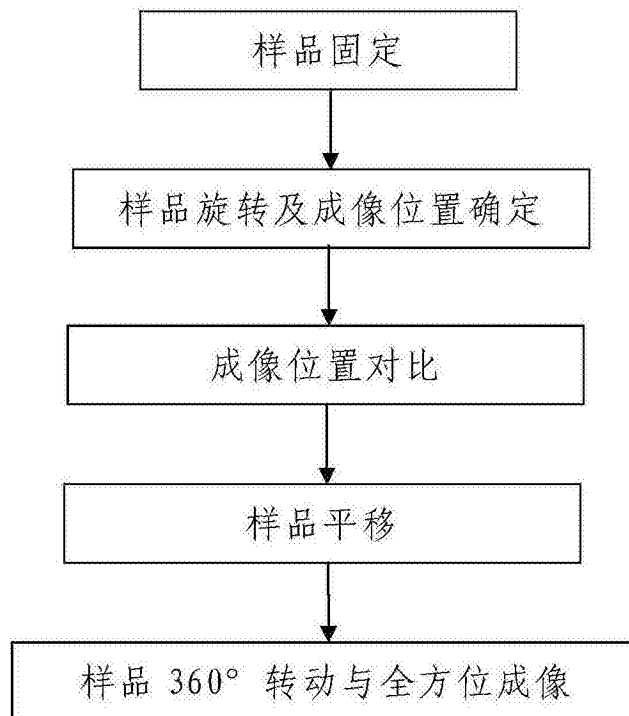


图6