



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103196929 A

(43) 申请公布日 2013. 07. 10

(21) 申请号 201310136499. 4

(22) 申请日 2013. 04. 18

(71) 申请人 中国科学院高能物理研究所
地址 100039 北京市石景山区玉泉路 19 号
乙中国科学院高能物理研究所中子厅

(72) 发明人 王雅霄 魏存峰 舒岩峰 阙介民
孙翠丽 王哲 曹大泉 孟凡辉

(74) 专利代理机构 北京凯特来知识产权代理有
限公司 11260
代理人 郑立明 陈亮

(51) Int. Cl.
G01N 23/04 (2006. 01)

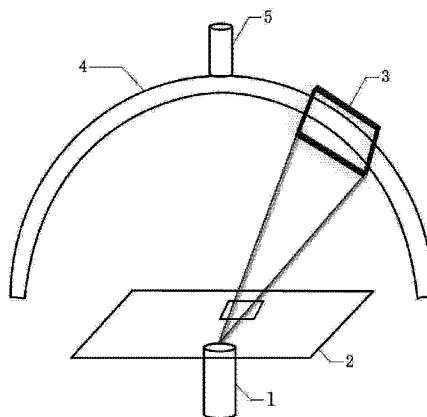
权利要求书2页 说明书6页 附图6页

(54) 发明名称

一种基于计算机分层扫描成像 CL 系统的扫描装置及检测方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于计算机分层扫描成像 CL 系统的扫描装置及检测方法。X 射线源位于所述装置的最底端,用于向上发射锥束 X 射线;载物台设置在所述 X 射线源的上方,在空间三维方向上作平移运动;载物台的正上方设置有所述固定架,固定架与所述转臂相连,使所述转臂做圆周旋转运动;所述转臂上设置有导轨,平板探测器位于该导轨上,利用该导轨在所述转臂上滑动;且平板探测器结合其在转臂上的滑动以及转臂的圆周旋转运动,定位于所形成半球面的任意位置。该扫描装置灵活多变,能够在多种扫描倾角、360 度旋转角、以及多种放大比条件下对板状构件样品进行断层成像,并最大限度的简化系统的机械运动复杂度,提高系统性能。



1. 一种基于计算机分层扫描成像 CL 系统的扫描装置,其特征在于,所述扫描装置包括 X 射线源,载物台,平板探测器,转臂,固定架,其中:

所述 X 射线源位于所述装置的最底端,用于向上发射锥束 X 射线;

所述载物台设置在所述 X 射线源的上方,在空间三维方向上作平移运动;

所述载物台的正上方设置有所述固定架,所述固定架与所述转臂相连,用于固定所述转臂,并使所述转臂做圆周旋转运动,形成围绕所述载物台的半球面;

所述转臂上设置有导轨,所述平板探测器位于该导轨上,利用该导轨在所述转臂上滑动;且所述平板探测器结合其在所述转臂上的滑动以及所述转臂的圆周旋转运动,定位于所形成半球面的任意位置。

2. 根据权利要求 1 所述基于计算机分层扫描成像 CL 系统的扫描装置,其特征在于,所述在空间三维方向上作平移运动,具体包括:

所述载物台利用 z 轴方向的运动调整待测物体的放大比,并利用 x、y 轴方向的运动通过插补实现圆形轨道运动或其他运动方式以实现与所述待测物体的扫描投影。

3. 根据权利要求 1 所述基于计算机分层扫描成像 CL 系统的扫描装置,其特征在于,所述转臂为 C 型臂或半 C 型臂结构。

4. 根据权利要求 1 所述基于计算机分层扫描成像 CL 系统的扫描装置,其特征在于,

所述平板探测器的平面始终与所述 X 射线源在所述平板探测器的中心射束相垂直,且所述平板探测器与所述载物台的运动保持同步。

5. 一种基于权利要求 1 所述扫描装置的检测方法,其特征在于,所述检测方法包括:

基于权利要求 1 所述扫描装置设立三维空间坐标系 xyz,原点是 X 射线源,即 o 点;并设立旋转坐标系 x1y1z1,原点是 X 射线源,即 o 点,其中:

平板探测器所在的平面始终与 oy1 直线垂直,且 x1 轴与 x 轴的夹角为 θ , $0^\circ \leq \theta < 360^\circ$; y1 轴与 y 轴的夹角为 ϕ , $0^\circ < \phi < 90^\circ$; 旋转坐标系 x1y1z1 与三维空间坐标系 xyz 之间的转换关系为:

$$\begin{bmatrix} x1 \\ y1 \\ z1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \sin(\theta) & 0 \\ -\sin(\theta)\sin(\phi) & \cos(\theta)\sin(\phi) & \cos(\phi) \\ \sin(\theta)\cos(\phi) & -\cos(\theta)\cos(\phi) & \sin(\phi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$$

利用权利要求 1 所述扫描装置对待测物体进行扫描,调整载物台在 x、y 轴方向的运动,使所述待测物体以 z 轴为旋转轴做圆周运动,且平板探测器随转臂与所述待测物体做同步运动;

根据设定的 θ 角和 ϕ 角情况,在 0 度到 360 度范围内旋转转臂,利用所述平板探测器采集所需角度的投影数据,并通过计算机对所采集的投影数据进行重建以得到所述待测物体的断层图像。

6. 如权利要求 5 所述的检测方法,其特征在于,所述根据设定的 θ 角和 ϕ 角情况,具体包括:

固定 θ 角, ϕ 角在 0° 到 90° 范围内运动;

或,结合不同 ϕ 角条件下, θ 角在 0° 到 360° 范围内运动;

或,结合不同 θ 角条件下, ϕ 角在 0° 到 90° 范围内运动。

7. 如权利要求 5 所述的检测方法,其特征在于,所述检测方法还包括:

根据需求调整 ϕ 角,以调整所述平板探测器在所述转臂上的位置;
或,调整载物台的 z 轴,以调整系统的放大比;
或,调整载物台的 x 、 y 轴,以使所述待测物体的指定区域投影在所述平板探测器的有效面积内。

一种基于计算机分层扫描成像 CL 系统的扫描装置及检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及 x 射线成像检测技术领域,尤其涉及一种基于计算机分层扫描成像 CL 系统的扫描装置及检测方法。

背景技术

[0002] 目前, X 射线计算机断层扫描成像(CT-Computed Tomography)技术是一种有效检测物体内部结构三维信息的无损检测方法,在工业、医学诊断等领域都有广泛的应用,其扫描对象在三维方向上尺度相近。但 CT 技术对于多层印刷电路板、片状化石、飞机机翼、太阳能电池板等板状构件,成像效果并不令人满意。近年来, X 射线计算机分层扫描成像(CL-Computed Laminography)技术的研究和发展令人瞩目,该技术扫描的对象是平板状的物体, x 射线只在厚度方向穿透物体,典型的 CL 系统主要包括三部分: x 射线源、探测器及载物台。

[0003] CL 技术本质上是一种非同轴扫描的有限角度投影技术。由于长轴方向穿透厚度大,透视图像的对比度灵敏度降低,使得板状构件进行常规 CT 扫描变得十分困难甚至因无法穿透而无法实现,而采用非同轴方式的 CL 技术进行扫描时, X 射线沿与板状样品平面法线成一定角度的方向穿过,以板状构件平面的法线方向为轴旋转样品,从多个角度对样品进行扫描时, X 射线穿过样品的厚度相差不大,通过调节射线能量,可以获得较好的对比度灵敏度,同时这种扫描方式允许样品放置在距离光源较近的地方获得较大的放大比,从而获得更高的空间分辨。

[0004] 随着数字探测器和计算机技术的发展, CL 系统以传统分层成像技术及 CT 技术等为基础,迅速发展取代了传统的分层成像系统,但现有的 CL 系统扫描结构中,检测样品不方便放置,样品的倾斜角不方便调整,且扫描方式单一,系统性能有待加强。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种基于计算机分层扫描成像 CL 系统的扫描装置及检测方法,该扫描装置灵活多变,能够在多种扫描倾角、360 度旋转角、以及多种放大比条件下对板状构件样品进行断层成像,并最大限度的简化系统的机械运动复杂度,提高系统性能。

[0006] 本发明的目的是通过以下技术方案实现的,一种基于计算机分层扫描成像 CL 系统的扫描装置,所述扫描装置包括 X 射线源,载物台,平板探测器,转臂,固定架,其中:

[0007] 所述 X 射线源位于所述装置的最底端,用于向上发射锥束 X 射线;

[0008] 所述载物台设置在所述 X 射线源的上方,在空间三维方向上作平移运动;

[0009] 所述载物台的正上方设置有所述固定架,所述固定架与所述转臂相连,用于固定所述转臂,并使所述转臂做圆周旋转运动,形成围绕所述载物台的半球面;

[0010] 所述转臂上设置有导轨,所述平板探测器位于该导轨上,利用该导轨在所述转臂上滑动;且所述平板探测器结合其在所述转臂上的滑动以及所述转臂的圆周旋转运动,定

位于所形成半球面的任意位置。

[0011] 所述在空间三维方向上作平移运动,具体包括:

[0012] 所述载物台利用 z 轴方向的运动调整待测物体的放大比,并利用 x、y 轴方向的运动通过插补实现圆形轨道运动或其他运动方式以实现对待测物体的扫描投影。

[0013] 所述转臂为 C 型臂或半 C 型臂结构。

[0014] 所述平板探测器的平面始终与所述 X 射线源在所述平板探测器的中心射束相垂直,且所述平板探测器与所述载物台的运动保持同步。

[0015] 一种基于权利要求 1 所述扫描装置的检测方法,所述检测方法包括:

[0016] 基于权利要求 1 所述扫描装置设立三维空间坐标系 xyz,原点是 X 射线源,即 o 点;并设立旋转坐标系 x1y1z1,原点是 X 射线源,即 o 点,其中:

[0017] 平板探测器所在的平面始终与 oy1 直线垂直,且 x1 轴与 x 轴的夹角为 θ , $0^\circ \leq \theta < 360^\circ$; y1 轴与 y 轴的夹角为 ϕ , $0^\circ < \phi < 90^\circ$; 旋转坐标系 x1y1z1 与三维空间坐标系 xyz 之间的转换关系为:

[0018]

$$\begin{bmatrix} x1 \\ y1 \\ z1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \sin(\theta) & 0 \\ -\sin(\theta)\sin(\phi) & \cos(\theta)\sin(\phi) & \cos(\phi) \\ \sin(\theta)\cos(\phi) & -\cos(\theta)\cos(\phi) & \sin(\phi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix};$$

[0019] 利用权利要求 1 所述扫描装置对待测物体进行扫描,调整载物台在 x、y 轴方向的运动,使所述待测物体以 z 轴为旋转轴做圆周运动,且平板探测器随转臂与所述待测物体做同步运动;

[0020] 根据设定的 θ 角和 ϕ 角情况,在 0 度到 360 度范围内旋转转臂,利用所述平板探测器采集所需角度的投影数据,并通过计算机对所采集的投影数据进行重建以得到所述待测物体的断层图像。

[0021] 所述根据设定的 θ 角和 ϕ 角情况,具体包括:

[0022] 固定 θ 角, ϕ 角在 0° 到 90° 范围内运动;

[0023] 或,结合不同 ϕ 角条件下, θ 角在 0° 到 360° 范围内运动;

[0024] 或,结合不同 θ 角条件下, ϕ 角在 0° 到 90° 范围内运动。

[0025] 所述检测方法还包括:根据需求调整 ϕ 角,以调整所述平板探测器在所述转臂上的位置;

[0026] 或,调整载物台的 z 轴,以调整系统的放大比;

[0027] 或,调整载物台的 x、y 轴,以使所述待测物体的指定区域投影在所述平板探测器的有效面积内。

[0028] 由上述本发明提供的技术方案可以看出,该扫描装置包括 X 射线源,载物台,平板探测器,转臂,固定架,其中所述 X 射线源位于所述装置的最底端,用于向上发射锥束 X 射线;所述载物台设置在所述 X 射线源的上方,在空间三维方向上作平移运动;所述载物台的正上方设置有所述固定架,所述固定架与所述转臂相连,用于固定所述转臂,并使所述转臂做圆周旋转运动,形成围绕所述载物台的半球面;所述转臂上设置有导轨,所述平板探测器位于该导轨上,利用该导轨在所述转臂上滑动;且所述平板探测器结合其在所述转臂上的滑动以及所述转臂的圆周旋转运动,定位于所形成半球面的任意位置。该扫描装置灵活多

变,能够在多种扫描倾角、360 度旋转角、以及多种放大比条件下对板状构件样品进行断层成像,并最大限度的简化系统的机械运动复杂度,提高系统性能。

附图说明

[0029] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域的普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他附图。

[0030] 图 1 为本发明实施例提供的基于计算机分层扫描成像 CL 系统的扫描装置的结构示意图;

[0031] 图 2 为本发明实施例所举实例扫描装置的整体结构示意图;

[0032] 图 3 为本发明实施例所举实例扫描装置的局部结构示意图;

[0033] 图 4 为本发明实施例所述检测方法的流程示意图;

[0034] 图 5 为本发明实施例所述检测方法所建立的坐标系示意图;

[0035] 图 6 为本发明实施例所述检测方法的扫描过程示意图。

具体实施方式

[0036] 下面结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明的保护范围。

[0037] 下面将结合附图对本发明实施例作进一步地详细描述,如图 1 所示为本发明实施例提供的基于计算机分层扫描成像 CL 系统的扫描装置的结构示意图,图 1 中扫描装置包括 X 射线源 1,载物台 2,平板探测器 3,转臂 4,固定架 5,其中:

[0038] 所述 X 射线源 1 位于所述装置的最底端,用于向上发射锥束 X 射线,该 X 射线源 1 所发射 X 射线的视角较大,保证了待测物体在运动过程中处于 X 射线的视角范围内。

[0039] 所述载物台 2 设置在所述 X 射线源 1 的上方,在空间三维方向上作平移运动。具体实现中:载物台 2 利用在 z 轴方向的运动调整待测物体的放大比;利用在 x、y 轴方向的运动通过插补实现圆形轨道运动或其他运动方式实现对待测物体的扫描投影。

[0040] 所述载物台 2 的正上方设置有所述固定架 5,所述固定架 5 与所述转臂 4 相连,用于固定所述转臂 4,并使所述转臂 4 做圆周旋转运动,形成围绕所述载物台 2 的半球面。

[0041] 所述转臂 4 上设置有导轨,所述平板探测器 3 位于该导轨上,利用该导轨在所述转臂 4 上滑动;且所述平板探测器 3 结合其在所述转臂 4 上的滑动以及所述转臂 4 的圆周旋转运动,可以定位在所形成半球面的任意位置上。

[0042] 在具体实现中,该转臂 4 可以为 C 型臂或半 C 型臂,也可以为使所述平板探测器 3 运动到所形成半球面任一位置的其他结构。

[0043] 上述装置在扫描过程中,平板探测器 3 的平面始终与所述 X 射线源 1 在所述平板探测器 3 的中心射束相垂直,且所述平板探测器 3 与所述载物台 2 的运动保持同步。

[0044] 下面再以具体的实例对上述扫描装置的结构进行描述,如图 2 为本发明实施例所

举实例扫描装置的整体结构示意图,如图 3 所示为本发明实施例所举实例扫描装置的局部结构示意图,结合图 2 和 3,该实例的扫描装置包括:02-载物台、04-圆弧滑轨(即转臂)、05-旋转固定板、06-设备基座板、07-主支撑框架、08-中空减速器、09-伺服电机、10-滑轨固定弧板、11-圆弧运动系统、12-载物台框架、13-Y 轴平台、14-X 轴伺服系统、15-X 轴平台、16-Y 轴运动系统、17-调整机构底座、18-调整机构支架、19-配重弹簧、20-光机 X 轴运动系统、21-光机 Y 轴运动系统、22-光机 Z 轴运动系统、23-光机 Z 轴锁紧装置、24-光机固定装置。

[0045] 该实施例方案中,整个扫描装置由主支撑框架 07 固定,构成了由 x 射线源(图 1 中的标号 1)、载物台 02 和平板探测器(图 1 中的标号 3)三部分组成的结构,各个部分的关系如下所述:

[0046] 在装置最底部有设备基座板 06,连接调整机构底座 17 和调整机构支架 18,用来放置 x 射线源;x 射线源由光机固定装置 24 固定,并由光机 X 轴运动系统 20、光机 Y 轴运动系统 21、光机 Z 轴锁紧装置 23 控制其在 x、y、z 三个方向的运动。

[0047] 设备基座板 06 连接立柱支撑载物台部分。载物台 02 由 Y 轴平台 13、X 轴伺服系统 14、X 轴平台 15、Y 轴运动系统 16 等控制其在 x、y 两个方向的运动;载物台框架 12 连接低密度的载物台 02,用来放置待扫描物体。

[0048] 伺服电机 09 控制旋转固定板 05,通过旋转固定板 05 固定并旋转滑轨固定弧板 10,通过圆弧滑轨 04、圆弧运动系统 11 等控制扫描过程中平板探测器的运动。

[0049] 基于上述实施例所述的扫描装置,本发明实施例还提供了一种检测方法,如图 4 所示为本实施例所述检测方法的流程示意图,所述检测方法包括:

[0050] 步骤 41:基于权利要求 1 所述扫描装置设立三维空间坐标系 xyz,原点是 X 射线源,即 o 点;并设立旋转坐标系 x1y1z1,原点是 X 射线源,即 o 点。

[0051] 在该步骤中,基于权利要求 1 所述扫描装置设立三维空间坐标系 xyz,原点是 X 射线源,即 o 点;并设立旋转坐标系 x1y1z1,原点是 X 射线源,即 o 点;其中平板探测器所在的平面始终与 oy1 直线垂直,如图 5 所示为本发明实施例所述检测方法所建立的坐标系示意图,图 5 中:

[0052] x1 轴与 x 轴的夹角为 θ ,即旋转角, $0^\circ \leq \theta < 360^\circ$;y1 轴与 y 轴的夹角为 ϕ ,则俯仰角为 $90^\circ - \phi$, $0^\circ < \phi < 90^\circ$;其中,旋转坐标系 x1y1z1 与三维空间坐标系 xyz 之间的转换关系为:

[0053]

$$\begin{bmatrix} x1 \\ y1 \\ z1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \sin(\theta) & 0 \\ -\sin(\theta)\sin(\phi) & \cos(\theta)\sin(\phi) & \cos(\phi) \\ \sin(\theta)\cos(\phi) & -\cos(\theta)\cos(\phi) & \sin(\phi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix};$$

[0054] 具体过程为,首先坐标系 x1y1z1 与坐标系 xyz 之间的转换关系为:

$$[0055] \begin{bmatrix} x1 \\ y1 \\ z1 \end{bmatrix} = R_x\left(\frac{\pi}{2} - \phi\right) \cdot R_z(\theta) \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = R \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$$

[0056] 其中, $R_z(\theta)$ 表示绕 z 轴逆时针转 θ 的变换, $R_x\left(\frac{\pi}{2} - \phi\right)$ 表示绕 x 轴逆时针转

$\left(\frac{\pi}{2} - \Phi\right)$ 的变换,进一步的:

$$[0057] \quad R_z(\theta) = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \sin(\theta) & 0 \\ -\sin(\theta) & \cos(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$[0058] \quad R_x\left(\frac{\pi}{2} - \Phi\right) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\left(\frac{\pi}{2} - \Phi\right) & \sin\left(\frac{\pi}{2} - \Phi\right) \\ 0 & -\sin\left(\frac{\pi}{2} - \Phi\right) & \cos\left(\frac{\pi}{2} - \Phi\right) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \sin(\Phi) & \cos(\Phi) \\ 0 & -\cos(\Phi) & \sin(\Phi) \end{bmatrix}$$

$$[0059] \quad R = R_x\left(\frac{\pi}{2} - \Phi\right) * R_z(\theta) = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \sin(\theta) & 0 \\ -\sin(\theta)\sin(\Phi) & \cos(\theta)\sin(\Phi) & \cos(\Phi) \\ \sin(\theta)\cos(\Phi) & -\cos(\theta)\cos(\Phi) & \sin(\Phi) \end{bmatrix}$$

$$[0060] \quad \text{从而得到} \begin{bmatrix} x1 \\ y1 \\ z1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \sin(\theta) & 0 \\ -\sin(\theta)\sin(\Phi) & \cos(\theta)\sin(\Phi) & \cos(\Phi) \\ \sin(\theta)\cos(\Phi) & -\cos(\theta)\cos(\Phi) & \sin(\Phi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$$

[0061] 步骤 42:利用权利要求 1 所述扫描装置对待测物体进行扫描,调整载物台在 x、y 轴方向的运动,使所述待测物体以 z 轴为旋转轴做圆周运动,且平板探测器随转臂与所述待测物体做同步运动。

[0062] 在该步骤中,进一步利用权利要求 1 所述扫描装置对待测物体进行扫描,调整载物台在 x、y 轴方向的运动,使待测物体以 z 轴为旋转轴做圆周运动,如图 6 所示为本发明实施例所述检测方法的扫描过程示意图,根据图 6:待测物体本身无自转运动,只有围绕 z 轴的公转运动;平板探测器随转臂与所述待测物体做同步运动,且所述平板探测器始终与射束中心射线成垂直状态。

[0063] 步骤 43:根据设定的 θ 角和 ϕ 角情况,在 0 度到 360 度范围内旋转转臂,利用所述平板探测器采集所需角度的投影数据,并通过计算机对所采集的投影数据进行重建以得到所述待测物体的断层图像。

[0064] 在该步骤中,具体的扫描过程可以结合不同的条件进行设定,根据设定的 θ 角和 ϕ 角情况,具体包括:

[0065] 固定 θ 角, ϕ 角在 0° 到 90° 范围内运动,利用所述平板探测器采集所需角度的投影数据,并通过计算机对所采集的投影数据进行重建以得到所述待测物体的断层图像;

[0066] 或,结合不同 ϕ 角条件下, θ 角在 0° 到 360° 范围内运动,再利用所述平板探测器采集所需角度的投影数据,并通过计算机对所采集的投影数据进行重建以得到所述待测物体的断层图像;

[0067] 或,结合不同 θ 角条件下, ϕ 角在 0° 到 90° 范围内运动,再利用所述平板探测器采集所需角度的投影数据,并通过计算机对所采集的投影数据进行重建以得到所述待测物体的断层图像。

[0068] 在具体实现中,还可以根据需求调整 ϕ 角,以调整所述平板探测器在所述转臂上的位置;或调整载物台的 z 轴,以调整系统的放大比;或调整载物台的 x、y 轴,以使所述待

测物体的指定区域投影在所述平板探测器的有效面积内。

[0069] 综上所述,本发明实施例所提供的扫描装置及检测方法灵活多变,能够在多种扫描倾角、360 度旋转角、以及多种放大比条件下对板状构件样品进行断层成像,并最大限度的简化系统的机械运动复杂度,从而提高系统性能。

[0070] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明披露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应该以权利要求书的保护范围为准。

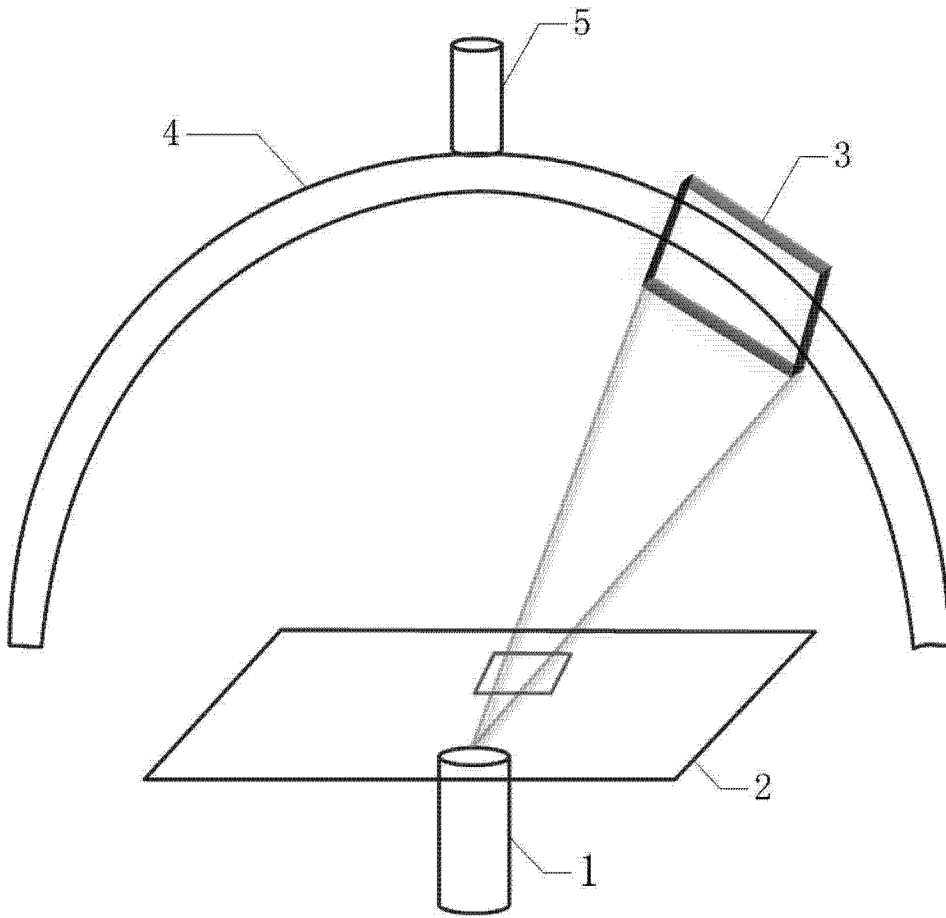


图 1

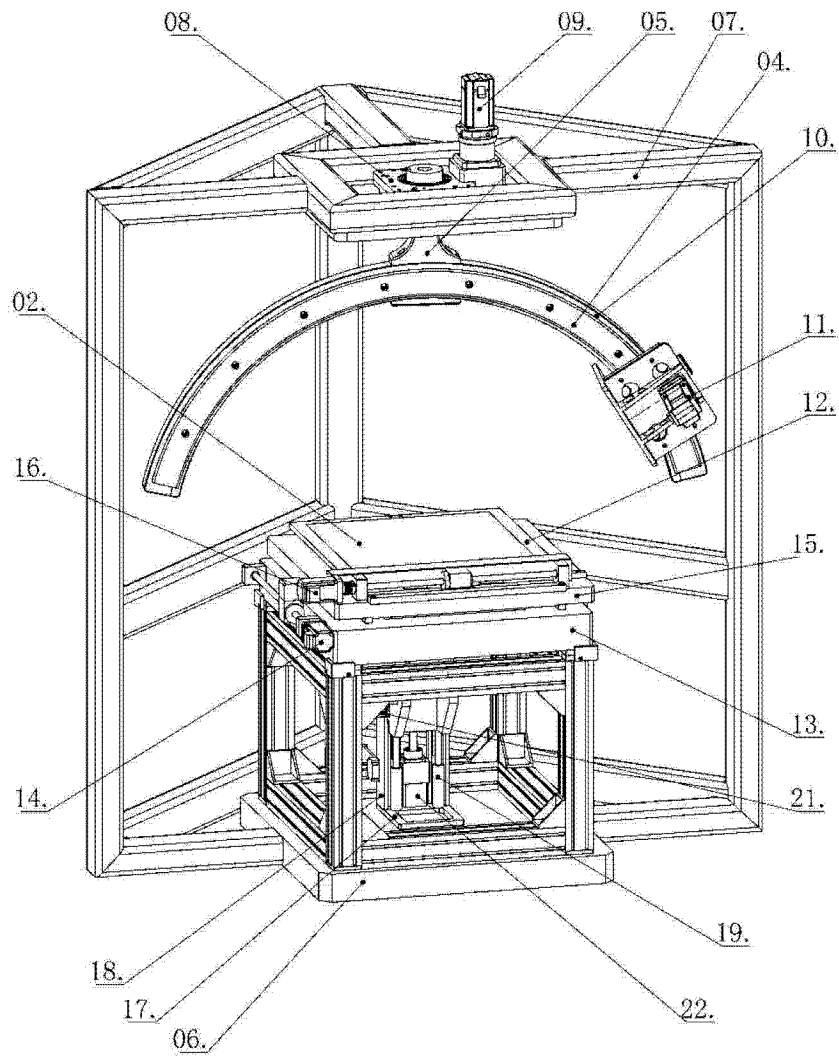


图 2

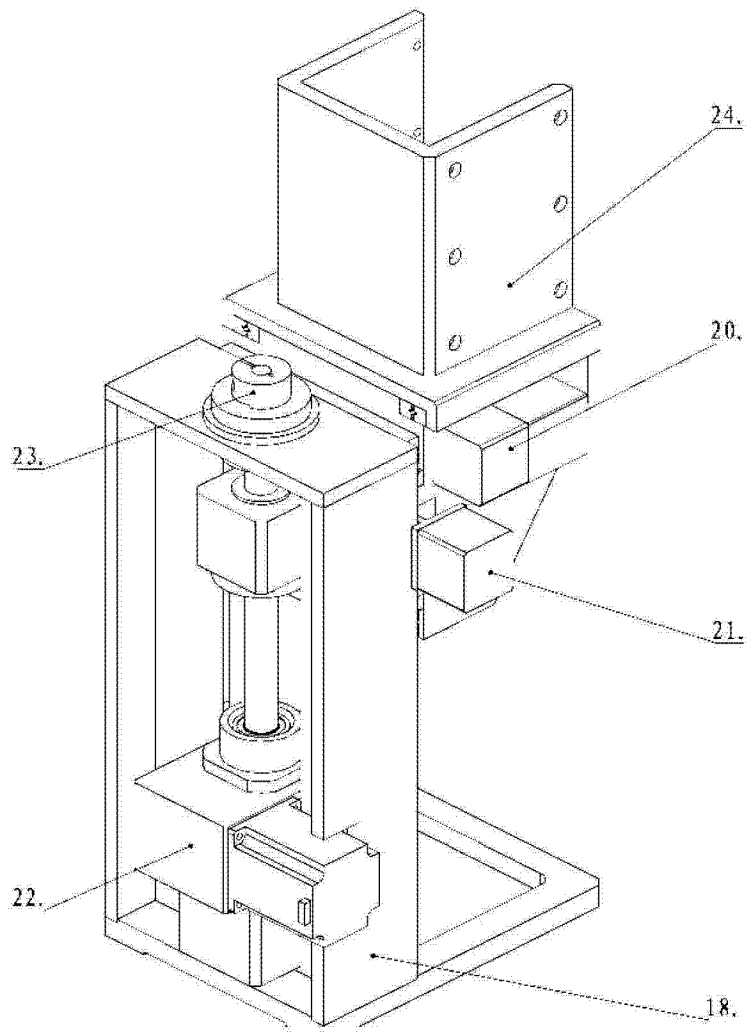


图 3

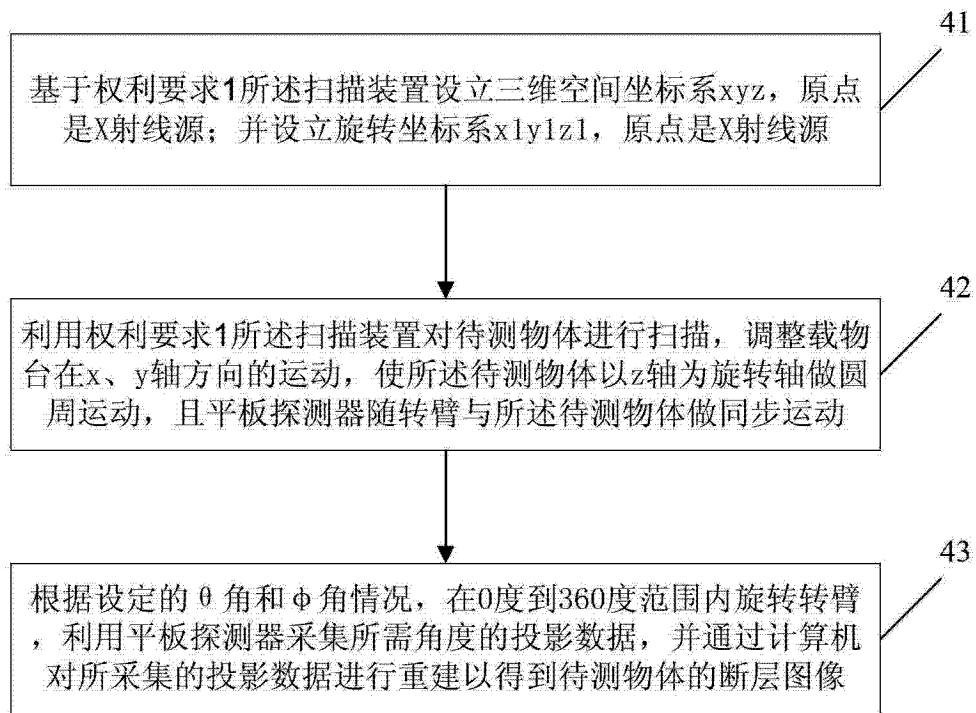


图 4

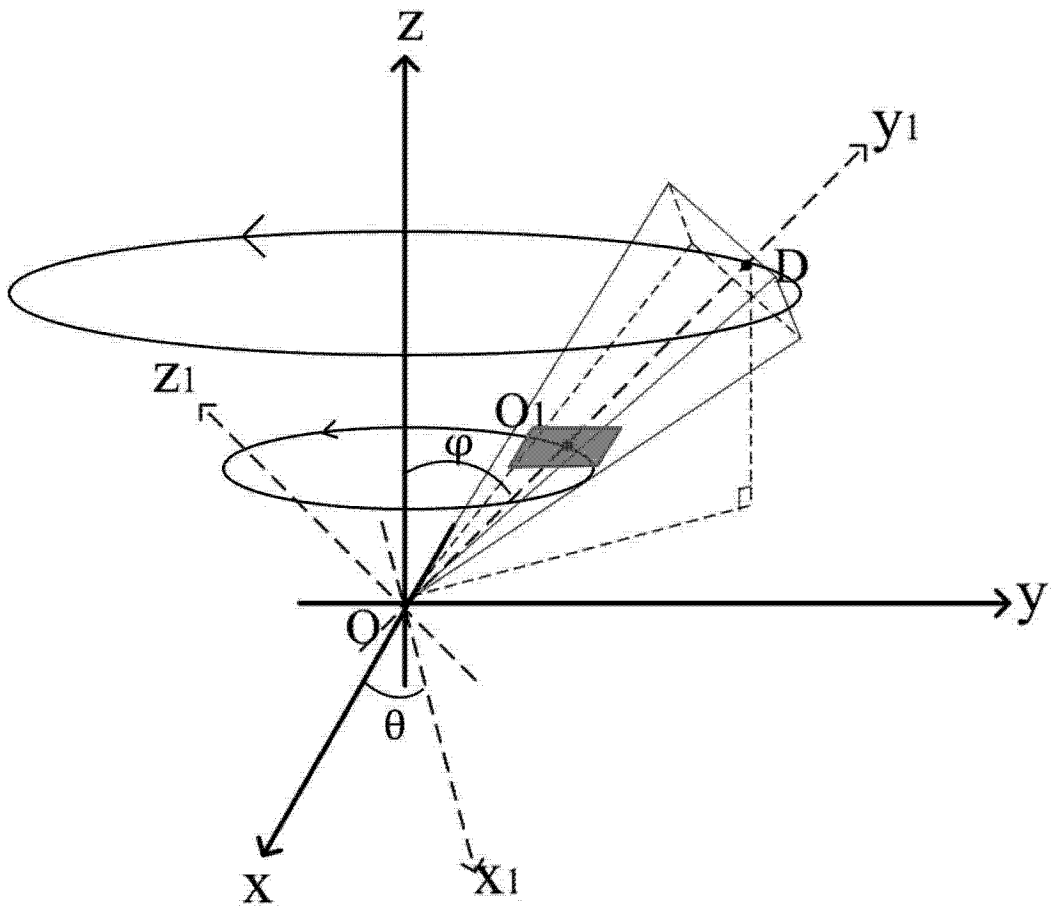


图 5

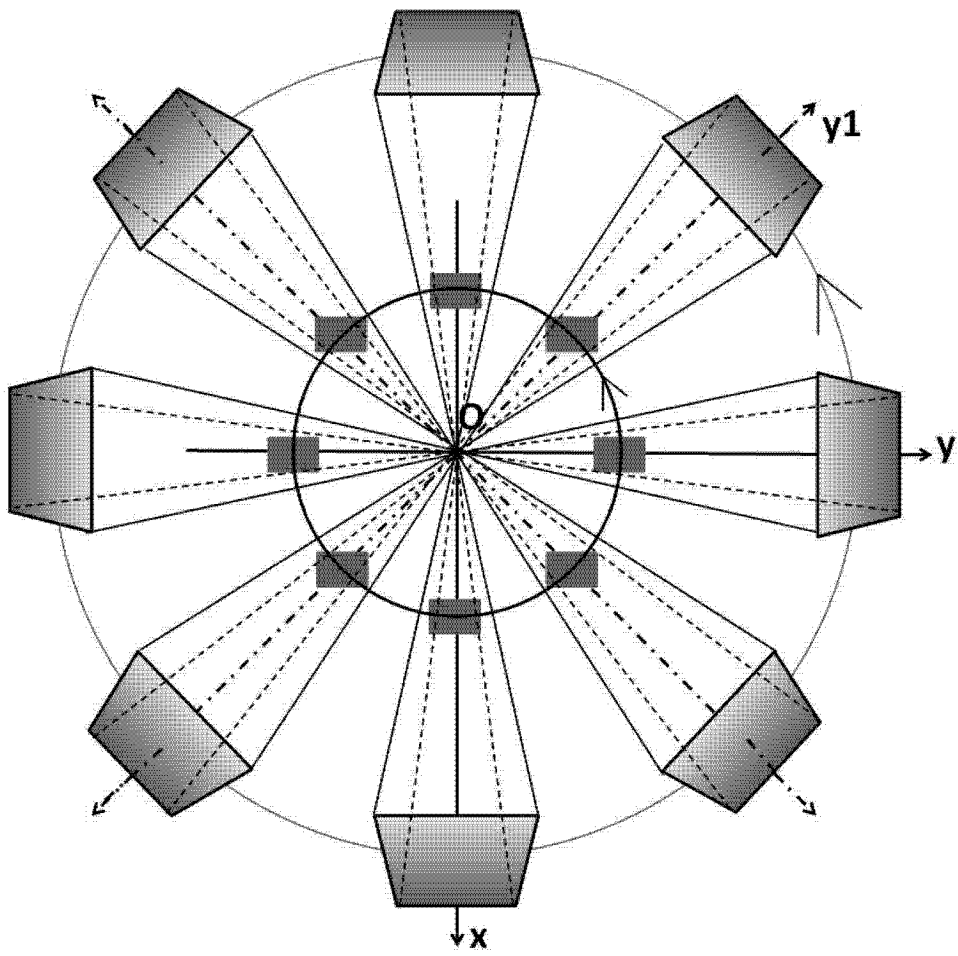


图 6