



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115855260 A

(43) 申请公布日 2023. 03. 28

(21) 申请号 202211689148.1

(22) 申请日 2022.12.27

(71) 申请人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区清华园1号

(72) 发明人 曹良才 何泽浩 胡皓程 闵锐

(74) 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事

务所(普通合伙) 11277

专利代理师 张会华 岳红杰

(51) Int. Cl.

G01J 3/42 (2006.01)

G01J 3/02 (2006.01)

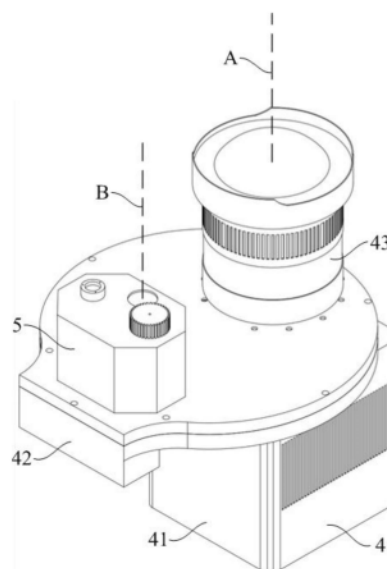
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

分布式光度计

(57) 摘要

提供了一种分布式光度计。该分布式光度计包括光学组件以及测距组件。光学组件包括光敏面,光敏面用于采集测量对象的目标区域的图像数据。测距组件包括距离传感器,距离传感器用于测量目标区域与光敏面之间的距离。光学组件和测距组件位置相对固定且被构造成能够相对于测量对象同步地移动。这样,分布式光度计能够具有较高的易用性和测量精度。



1. 一种分布式光度计,其特征在于,包括:

光学组件(4),其包括光敏面,所述光敏面用于采集测量对象的目标区域的图像数据;
以及

测距组件(5),其包括距离传感器,所述距离传感器用于测量所述目标区域与所述光敏面之间的距离,

所述光学组件(4)和所述测距组件(5)位置相对固定且被构造成能够相对于所述测量对象同步地移动。

2. 根据权利要求1所述的分布式光度计,其特征在于,所述距离传感器为激光测距传感器,所述光学组件(4)的光轴(A)和所述距离传感器的光轴(B)经过所述目标区域,所述光学组件(4)的光轴(A)和所述距离传感器的光轴(B)平行且错开。

3. 根据权利要求1或2所述的分布式光度计,其特征在于,所述光学组件(4)包括采样部件(41)、滤波部件(42)以及镜头(43),

所述采样部件(41)包括感光元件,所述感光元件具有所述光敏面,

所述滤波部件(42)包括多个滤波片(422),所述滤波片(422)用于选取特定波段的光,

所述感光元件和所述镜头(43)沿所述光学组件(4)的光轴排列,所述多个滤波片(422)能够择一地处于所述光学组件(4)的光轴。

4. 根据权利要求3所述的分布式光度计,其特征在于,所述采样部件(41)还包括采样电路,所述采样电路用于控制所述感光元件的采样时序。

5. 根据权利要求3所述的分布式光度计,其特征在于,所述多个滤波片(422)包括CIE-X滤波片、CIE-Y滤波片以及CIE-Z滤波片。

6. 根据权利要求3所述的分布式光度计,其特征在于,所述滤波部件(42)还包括转轮(421),所述转轮(421)包括多个安装位置(42a),所述多个安装位置(42a)在所述转轮(421)的周向上均匀地布置,所述多个滤波片(422)分别安装于不同的所述安装位置(42a),所述转轮(421)能够旋转,使得所述多个安装位置(42a)择一地处于所述光学组件(4)的光轴(A)。

7. 根据权利要求1或2所述的分布式光度计,其特征在于,所述测距组件(5)还包括射频电路,所述射频电路用于将所述距离发送至上位机。

8. 根据权利要求1或2所述的分布式光度计,其特征在于,还包括第一旋转组件(2)和第二旋转组件(3),

所述第一旋转组件(2)包括第一旋转架(22),所述第一旋转架(22)用于围绕第一旋转轴线旋转,

所述第二旋转组件(3)包括第二旋转架(32),所述第二旋转架(32)安装于所述第一旋转架(22)并用于围绕第二旋转轴线旋转,

所述第一旋转轴线与所述第二旋转轴线正交,所述光学组件(4)和所述测距组件(5)与所述第二旋转组件(3)固定,使得所述光学组件(4)和所述测距组件(5)被构造成能够相对于所述测量对象围绕所述第一旋转轴线和所述第二旋转轴线同步地转动。

9. 根据权利要求8所述的分布式光度计,其特征在于,所述第一旋转轴线和所述第二旋转轴线相交并限定交点,所述交点与所述测量对象位置相对固定。

10. 根据权利要求9所述的分布式光度计,其特征在于,所述光学组件(4)的光轴(A)经

过所述交点。

分布式光度计

技术领域

[0001] 本申请涉及光学领域,更具体地涉及一种分布式光度计。

背景技术

[0002] 近场分布式光度计的亮度值计算公式为 $E = \pi \tau L (D/f)^2 (1-f/d)^2 / 4$ 。其中, τ 为镜头的透光率, D 镜头的直径, f 为镜头的焦距, d 为发光体表面与感光元件的光敏面之间的距离, L 为发光体的亮度。与一般的分布式光度计相比,近场分布式光度计的亮度值计算公式增加了近场条件因子 $(1-f/d)^2$ 。

[0003] 目前,现有的近场分布式光度计需要预先人工测量光敏面与发光体表面之间的距离 d 后再将所测得的数据录入计算机软件系统中,存在测量精度低、流程繁琐的问题。

发明内容

[0004] 鉴于上述现有技术状态而做出本申请。本申请的目的在于提供一种分布式光度计,其能够克服上述背景技术中说明的缺点中的至少一个缺点。

[0005] 为了实现上述目的,本申请采用如下的技术方案。

[0006] 本申请提供了一种如下的分布式光度计,该分布式光度计包括:光学组件,其包括光敏面,所述光敏面用于采集测量对象的目标区域的图像数据;以及测距组件,其包括距离传感器,所述距离传感器用于测量所述目标区域与所述光敏面之间的距离,所述光学组件和所述测距组件位置相对固定且被构造成能够相对于所述测量对象同步地移动。

[0007] 在一个可选的方案中,所述距离传感器为激光测距传感器,所述光学组件的光轴和所述距离传感器的光轴经过所述目标区域,所述光学组件的光轴和所述距离传感器的光轴平行且错开。

[0008] 在另一个可选的方案中,所述光学组件包括采样部件、滤波部件以及镜头,所述采样部件包括感光元件,所述感光元件具有所述光敏面,所述滤波部件包括多个滤波片,所述滤波片用于选取特定波段的光,所述感光元件和所述镜头沿所述光学组件的光轴排列,所述多个滤波片能够择一地位于所述光学组件的光轴。

[0009] 在另一个可选的方案中,所述采样部件还包括采样电路,所述采样电路用于控制所述感光元件的采样时序。

[0010] 在另一个可选的方案中,所述多个滤波片包括CIE-X滤波片、CIE-Y滤波片以及CIE-Z滤波片。

[0011] 在另一个可选的方案中,所述滤波部件还包括转轮,所述转轮包括多个安装位置,所述多个安装位置在所述转轮的周向上均匀地布置,所述多个滤波片分别安装于不同的所述安装位置,所述转轮能够旋转,使得所述多个安装位置择一地位于所述光学组件的光轴。

[0012] 在另一个可选的方案中,所述测距组件还包括射频电路,所述射频电路用于将所述距离发送至上位机。

[0013] 在另一个可选的方案中,还包括第一旋转组件和第二旋转组件,所述第一旋转组

件包括第一旋转架,所述第一旋转架用于围绕第一旋转轴线旋转,所述第二旋转组件包括第二旋转架,所述第二旋转架安装于所述第一旋转架并用于围绕第二旋转轴线旋转,所述第一旋转轴线与所述第二旋转轴线正交,所述光学组件和所述测距组件与所述第二旋转组件固定,使得所述光学组件和所述测距组件被构造成能够相对于所述测量对象围绕所述第一旋转轴线和所述第二旋转轴线同步地转动。

[0014] 在另一个可选的方案中,所述第一旋转轴线和所述第二旋转轴线相交并限定交点,所述交点与所述测量对象位置相对固定。

[0015] 在另一个可选的方案中,所述光学组件的光轴经过所述交点。

[0016] 采用上述技术方案,通过设置距离传感器,分布式光度计能够自动且准确地测量目标区域与光敏面之间的距离,使得分布式光度计具有较高的易用性和测量精度。

附图说明

[0017] 图1示出了根据本申请的一个实施例的分布式光度计的立体图。

[0018] 图2示出了图1中的分布式光度计的光学组件的立体图。

[0019] 图3示出了图2中的光学组件的爆炸图。

[0020] 附图标记说明

[0021] 1支撑组件;11支架;111底梁;112主梁;113顶梁;12地脚;13载置架;131载置部;

[0022] 2第一旋转组件;21第一驱动部件;22第一旋转架;

[0023] 3第二旋转组件;31第二驱动部件;32第二旋转架;33配重块;

[0024] 4光学组件;41采样部件;42滤波部件;421转轮;422滤波片;423第一端盖;424第二端盖;42a安装位置;42b第一通光孔;42c第二通光孔;43镜头;

[0025] 5测距组件;

[0026] A第一光轴;B第二光轴。

具体实施方式

[0027] 下面参照附图描述本申请的示例性实施例。应当理解,这些具体的说明仅用于示教本领域技术人员如何实施本申请,而不适用于穷举本申请的所有可行的方式,也不用于限制本申请的范围。

[0028] 图1至图3示出了根据本申请的一个实施例的分布式光度计,特别示出了一种近场分布式光度计。分布式光度计可以包括支撑组件1、第一旋转组件2、第二旋转组件3、光学组件4以及测距组件5。

[0029] 参照图1,支撑组件1可以包括支架11、地脚12以及载置架13。具体地,支架11可以包括彼此固定的底梁111、主梁112以及顶梁113。底梁111和顶梁113可以水平地布置并且在竖直方向上间隔开,主梁112可以竖直地布置并且连接底梁111和顶梁113。多个地脚12可以设置于支架11的底部。载置架13可以与支架11固定并且在竖直方向上延伸。载置架13的一端(图1中的上端)可以安装于顶梁113,载置架13的另一端(图1中的下端)可以形成用于载置发光体(测量对象的示例,例如可以为灯具,图中未示出)的盘状载置部131。

[0030] 进一步地,底梁111、主梁112以及顶梁113可以为铝型材,例如可以为铝型材8080、铝型材4080和铝型材4040中的一种或多种。

[0031] 第一旋转组件2可以包括第一驱动部件21和第一旋转架22。具体地,第一驱动部件21可以包括第一电机、第一驱动器以及第一转台。第一电机可以为伺服电机,其可以与支架11固定并且安装于底梁111。第一驱动器用于控制第一电机,其可以与第一电机电连接。第一电机可以通过第一转台与第一旋转架22连接,使得第一电机能够驱动第一旋转架22围绕竖直的第一旋转轴线转动。载置架13可以沿第一旋转轴线延伸并贯穿第一旋转架22的顶部。

[0032] 第二旋转组件3可以包括第二驱动部件31、第二旋转架32以及配重块33。具体地,第二驱动部件31可以包括第二电机、第二驱动器以及第二转台。第二电机可以为伺服电机,其可以与第一旋转架22固定。第二驱动器用于控制第二电机,其可以与第二电机电连接。第二电机可以通过第二转台与第二旋转架32连接,使得第二电机能够驱动第二旋转架32围绕水平的第二旋转轴线转动。第二旋转轴线可以始终与第一旋转轴线相交并限定与载置架13位置相对固定的交点。第二旋转架32可以大致形成为V形,两个第二驱动部件31可以分别设置于V形的两个顶部。配重块33可以与第二旋转架32固定,用于与光学组件4和测距组件5共同实现第二旋转架32的动平衡。

[0033] 参照图2和图3,光学组件4可以包括采样部件41、滤波部件42以及镜头43。具体地,采样部件41可以包括感光元件和采样电路。感光元件可以为互补金属氧化物半导体(CMOS),其具有用于采集图像数据的光敏面。采样电路用于控制感光元件的采样时序。滤波部件42可以包括转轮421、滤波片422、第一端盖423、第二端盖424以及第三电机。其中,转轮421可以限定多个贯通的安装位置42a,多个安装位置42a可以在转轮421的周向上均匀地布置。滤波片422用于选取特定波段的光,其可以为CIE-XYZ标准滤波片422,具体可以包括CIE-X、CIE-Y以及CIE-Z三个单色滤波片422,三个单色滤波片422可以分别安装于不同的安装位置42a。第一端盖423可以设置有第一通光孔42b,第二端盖424可以设置有与第一通光孔42b对应的第二通光孔42c。第二端盖424可以扣合于第一端盖423,转轮421可以收纳于第一端盖423和第二端盖424之间并且与第一端盖423枢转连接。第三电机的输出端可以与转轮421连接,使得第三电机能够驱动转轮421相对于第一端盖423和第二端盖424转动,多个滤波片422能够择一地对准第一通光孔42b和第二通光孔42c。

[0034] 光学组件4可以限定第一光轴A,感光元件、滤波片422以及镜头43可以沿第一光轴A排列。采样部件41可以设置于滤波部件42的一侧(图2中的下侧)并且对准第一通光孔42b,镜头43可以设置于滤波部件42的另一侧(图2中的上侧)并且对准第二通光孔42c。光学组件4可以与第二旋转架32固定并且设置于上述V形的底部,使得光学组件4和配重块33能够围绕第二旋转轴线错开180°。第一光轴A可以被配置为始终经过由第一旋转轴线和第二旋转轴线所限定的交点。

[0035] 测距组件5可以包括距离传感器和射频电路。具体地,距离传感器可以为激光测距传感器,例如可以为红外测距传感器。射频电路可以为CC2530芯片,其用于将距离传感器所采集到的距离数据发送至上位机。测距组件5可以限定第二光轴B,距离传感器发射的激光可以沿第二光轴B传播。测距组件5可以与光学组件4固定并且位于滤波部件42的另一侧,第二光轴B可以被配置为与第一光轴A错开且平行,使得光学组件4和测距组件5被构造成能够相对于发光体围绕第一旋转轴线和第二旋转轴线同步地转动。

[0036] 下面介绍该分布式光度计的工作原理。

[0037] 分布式光度计的整体可以位于暗室,以保证测量过程在黑暗的环境中进行。发光体可以预先安装于载置部131并且与载置架13固定。测量时,第一旋转架22可以以第一采样间隔 φ_0 围绕第一旋转轴线转动第一角度 φ ,第二旋转架32可以以第二采样间隔 θ_0 围绕第二旋转轴线转动第二角度 θ 。第一旋转架22每转过一个第一采样间隔 φ_0 ,第二旋转架32可以转过整个第二角度 θ 并复位。则采样位置的数量 k 可以表示为:

$$[0038] \quad k = \frac{\varphi}{\varphi_0} \cdot \left(\frac{\theta}{\theta_0} + 1 \right)$$

[0039] 例如,在本实施例中,第一角度 φ 可以为 360° ,第一采样间隔 φ_0 可以为 5° 。第二角度 θ 可以为 90° 至 155° ,第二采样间隔 θ_0 可以为 5° 。优选地,第二角度 θ 可以为 120° 。

[0040] 在每个采样位置,光学组件4可以分别使用CIE-X、CIE-Y以及CIE-Z三个单色滤波片422对发光体表面的目标区域进行单幅拍摄。假设拍摄到的图片中的某一个像素点的坐标为 (i, j) ,该像素点在CIE-X、CIE-Y和CIE-Z三个单色滤波片422下的DN值分别为 X_{DN} 、 Y_{DN} 和 Z_{DN} ,则可以根据以下公式计算出该像素点的色品坐标 (x, y) :

$$[0041] \quad \begin{cases} x = \frac{X_{DN}}{X_{DN} + Y_{DN} + Z_{DN}} \\ y = \frac{Y_{DN}}{X_{DN} + Y_{DN} + Z_{DN}} \end{cases}$$

[0042] 可以根据色品坐标 (x, y) 计算出该像素点的色温 T_c :

$$[0043] \quad \begin{cases} T_c = 669A^4 - 779A^3 + 3360A^2 + 7047A + 5652 \\ A = \frac{x - 0.329}{y - 0.187} \end{cases}$$

[0044] 式中, A 为中间常系数。

[0045] 此外,可以根据普朗克公式计算出该像素点的辐射出射度 M_λ :

$$[0046] \quad M_\lambda = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5 \left(e^{\frac{hc}{\lambda k T_c}} - 1 \right)}$$

[0047] 式中, h 为普朗克常数, c 为光速, λ 为发光体的波长, k 为玻尔兹曼常数。可以根据辐射出射度 M_λ 计算出该像素点的亮度 L :

$$[0048] \quad M_\lambda = \frac{\pi \tau}{4} \cdot \left(\frac{D}{f} \right)^2 \cdot \left(1 - \frac{f}{d} \right)^2 \cdot L$$

[0049] 式中, τ 为镜头43的透光率, D 为镜头43的直径, f 为镜头43的焦距, d 为发光体表面与该像素点对应的一点与感光元件的光敏面之间的距离。距离 d 可以由距离传感器测量得到。例如在本实施例中,距离传感器发射的激光可以到达发光体表面的目标区域。可以将该像素点的亮度和色温的计算方法推广到整幅图片,即可得到图片中所有像素点的亮度和色温信息。

[0050] 需要理解的是,虽然距离传感器测量的只是一个或几个像素点所对应的距离 d ,但由于图片中各像素点所对应的距离 d 的差异较小,该差异可以忽略不计,即各像素点所对应的距离 d 可以被认为是相同的。

[0051] 进一步地,光敏面上的像素点 $dA_{i,j}(\theta_P, \varphi_P)$ 的光通量 $d\Phi_{\text{Pixel}}(i, j)$ 可以表示为:

$$[0052] \quad d\Phi_{\text{Pixel}}(i, j) = d\Phi_s(x_s, y_s, z_s) \cdot \tau(i, j)$$

[0053] 式中, $d\Phi_s(x_s, y_s, z_s)$ 为发光体表面所辐射的光通量, $\tau(i, j)$ 表示使光通量在该像素点上投影。存在目标区域的切平面,该切平面与第一光轴A垂直,则光通量 $d\Phi_s(x_s, y_s, z_s)$ 可以进一步表示为:

$$[0054] \quad d\Phi_s(x_s, y_s, z_s) = L_s \cdot dA_{PS} \cdot d\Omega_s$$

[0055] 式中, L_s 为该切平面在弧矢方向上的长度, dA_{PS} 为目标区域的单位面元在该切平面上的投影, $d\Omega_s$ 为单位立体角。投影 dA_{PS} 可以进一步表示为:

$$[0056] \quad dA_{PS} = dA_{x,y}(\theta_s, \varphi_s) \cdot \cos \theta_s$$

[0057] 式中, $dA_{x,y}(\theta_s, \varphi_s)$ 为目标区域的单位面元。单位立体角 $d\Omega_s$ 可以进一步表示为:

$$[0058] \quad d\Omega_s = \pi \cdot \left(\frac{r_c}{l^2} \right)^2 \cdot \cos^3 \theta_s$$

[0059] 式中, r_c 为入射光瞳的半径, l 为入射光瞳与切平面之间的距离。因此,对于理想的镜头43(无像差、畸变等),光通量 $d\Phi_s(x_s, y_s, z_s)$ 可以表示为:

$$[0060] \quad d\Phi_s(x_s, y_s, z_s) = \left(\pi \cdot L_s \cdot dA_{x,y}(\theta_s, \varphi_s) \cdot \left(\frac{r_c}{l^2} \right)^2 \cdot \cos^4 \theta_s \right)$$

[0061] 根据上述公式,可以获得该像素点的照度 $E_{\text{Pixel}}(i, j)$:

$$[0062] \quad E_{\text{Pixel}}(i, j) = \frac{d\Phi_{\text{Pixel}}(i, j)}{dA_{i,j}(\theta_P, \varphi_P)} = \frac{d\Phi_s(x_s, y_s, z_s) \cdot \tau(i, j)}{dA_{i,j}(\theta_P, \varphi_P)}$$

$$= \left(\pi \cdot L_s \cdot \left(\frac{r_c}{l^2} \right)^2 \cdot \cos^4 \theta_s \right) \cdot \frac{dA_{x,y}(\theta_s, \varphi_s)}{dA_{i,j}(\theta_P, \varphi_P)} \cdot \tau(i, j)$$

[0063] 由上式可知,即使发光体的亮度分布均匀,远离第一光轴A的像素点的照度比靠近第一光轴A的像素点的照度也有所降低。这种现象被称为渐晕现象或余弦四次方定律现象。在实际的使用过程中,该现象可以通过镜头43的设计、光圈孔径适配及算法优化来校正。此外,在已知入射光瞳的位置且像差被校正的情况下,空间三维坐标可以由光敏面的空间位置 (θ_s, φ_s) 和光敏面的图像坐标 (x_p, y_p) 表示。

[0064] 这样,利用以上方法,可以将采集到的图像数据转化为光学数据,从而获得发光体的七维近场辐射光场。通过设置距离传感器,分布式光度计能够自动且准确地测量目标区域与光敏面之间的距离(距离 d),使得分布式光度计具有较高的易用性和测量精度。

[0065] 应当理解,上述实施例仅是示例性的,不用于限制本申请。本领域技术人员可以在本申请的教导下对上述实施例做出各种变型和改变,而不脱离本申请的范围。

[0066] 应当理解,分布式光度计不限于用于测量近场辐射光场。例如,分布式光度计可以

用于测量远场辐射光场,发光体的远场光强分布 $I(\theta_s, \varphi_s)$ 可以表示为:

$$[0067] \quad I(\theta_s, \varphi_s) = \int_{A_{SP}} L(x_s, y_s, z_s, \theta_s, \varphi_s) dA_{SP}$$

[0068] 需要注意的是,通过离散采样点推导远场光强分布时,需要将各单位立体角内的光线数据相加:

$$[0069] \quad I(\theta_k, \varphi_l) = \frac{\sum_{x,y,z} \Delta\Phi(x_s, y_s, z_s, \theta_s, \varphi_s)}{\Delta\Omega(\theta_k, \varphi_l)} \quad \forall \theta_s, \varphi_s \in \Delta\Omega(\theta_k, \varphi_l)$$

[0070] 一般情况下,发光体的总光通量 Φ 可以由亮度 L 直接计算:

$$[0071] \quad \Phi = \int_A \int_{\Omega} L(x, y, z, \theta, \varphi) \cdot dA \cdot \cos\theta \cdot d\Omega$$

[0072] 总光通量 Φ 可以表示为各离散光线的光通量之和:

$$[0073] \quad \Phi = \sum_{x_s, y_s, z_s} \sum_{\theta_s, \varphi_s} \Delta\Phi(x_s, y_s, z_s, \theta_s, \varphi_s)$$

[0074] 应当理解,距离传感器不限于为激光测距传感器,例如可以为超声波距离传感器或雷达距离传感器,距离传感器发射的声波或电磁波可以到达发光体的目标区域。

[0075] 应当理解,地脚12不是必须的,例如地脚12可以被替换为带有锁定功能的万向轮。

[0076] 应当理解,感光元件不限于为互补金属氧化物半导体,例如可以为电荷耦合器件(CCD)。

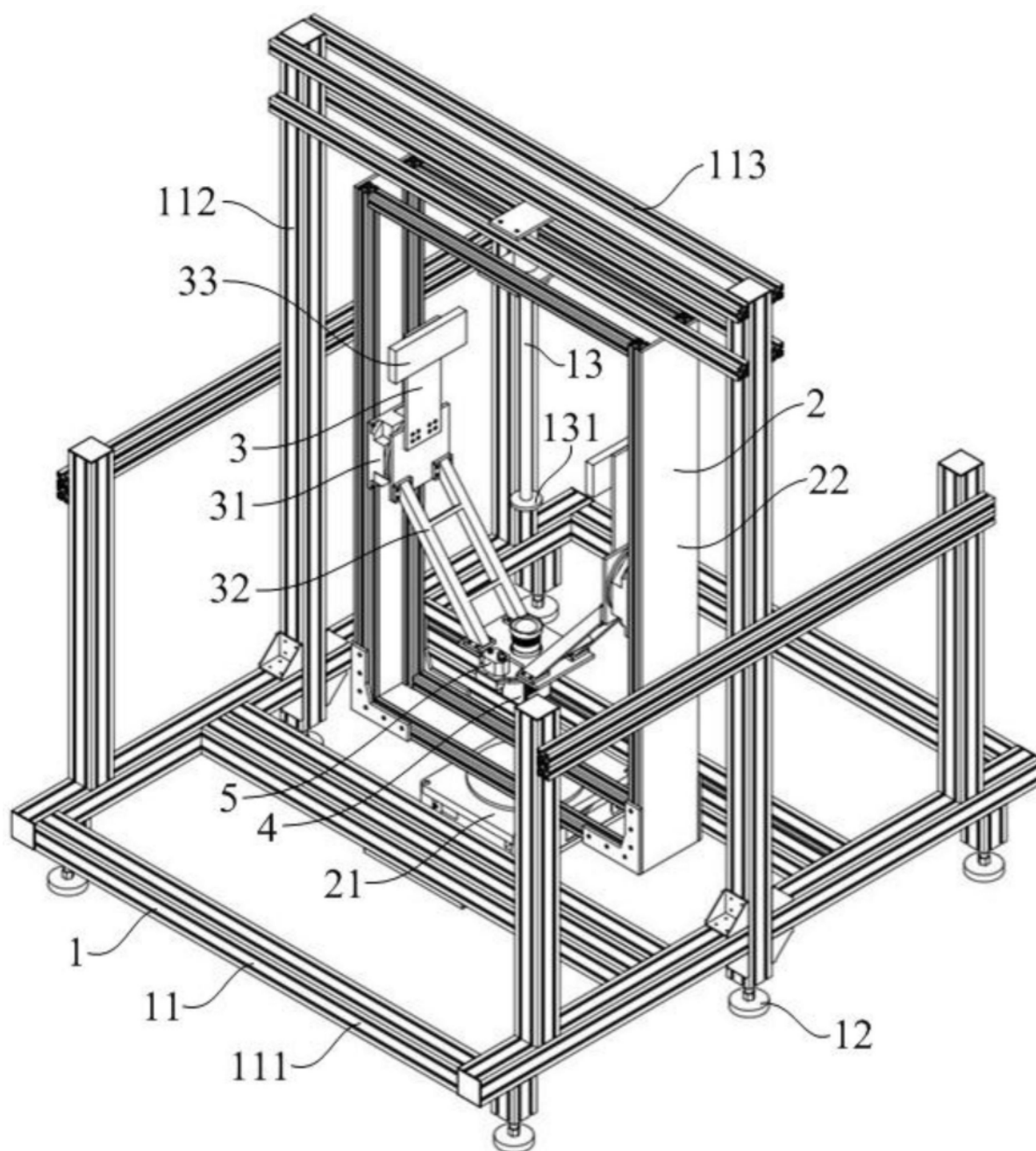


图1

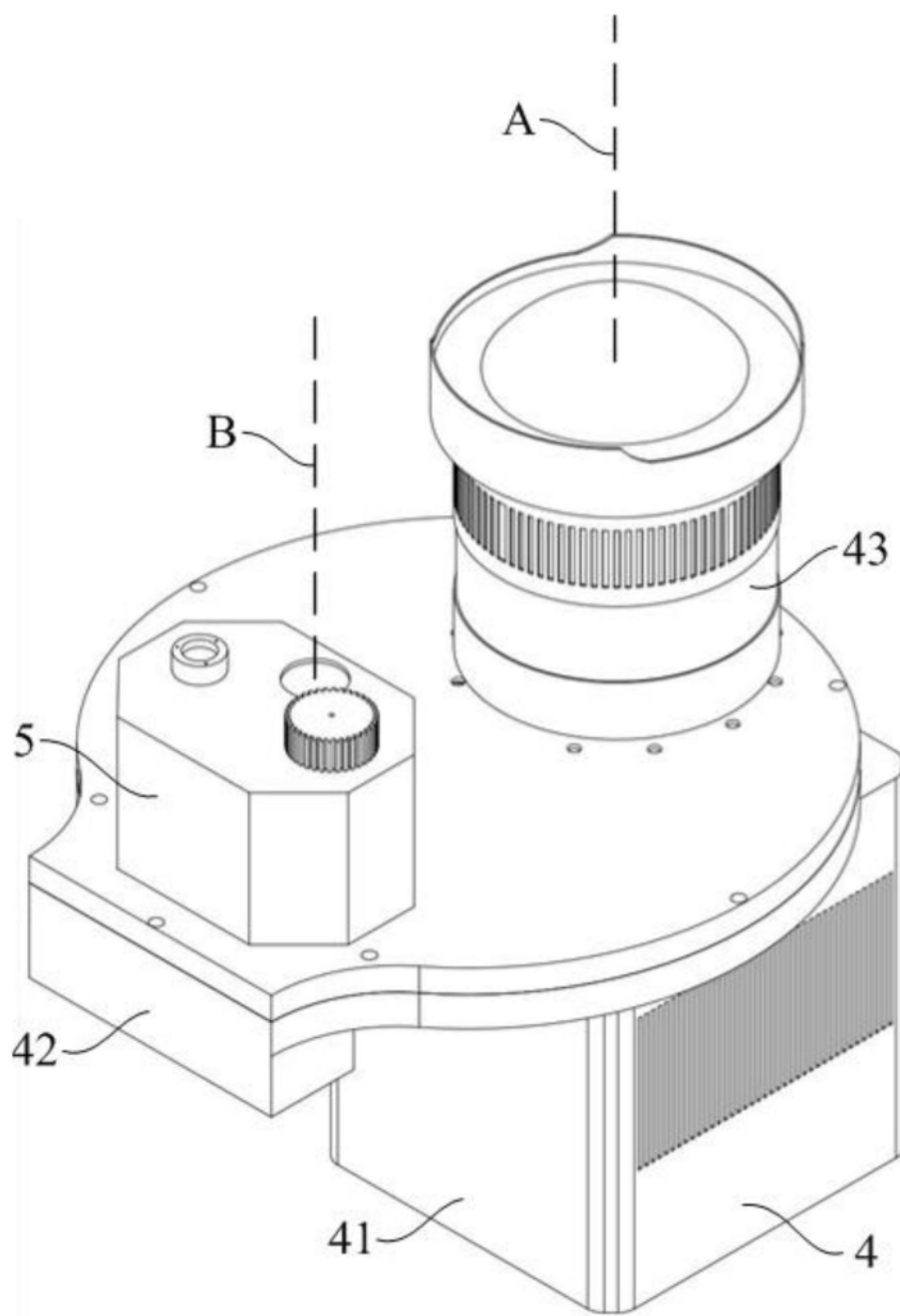


图2

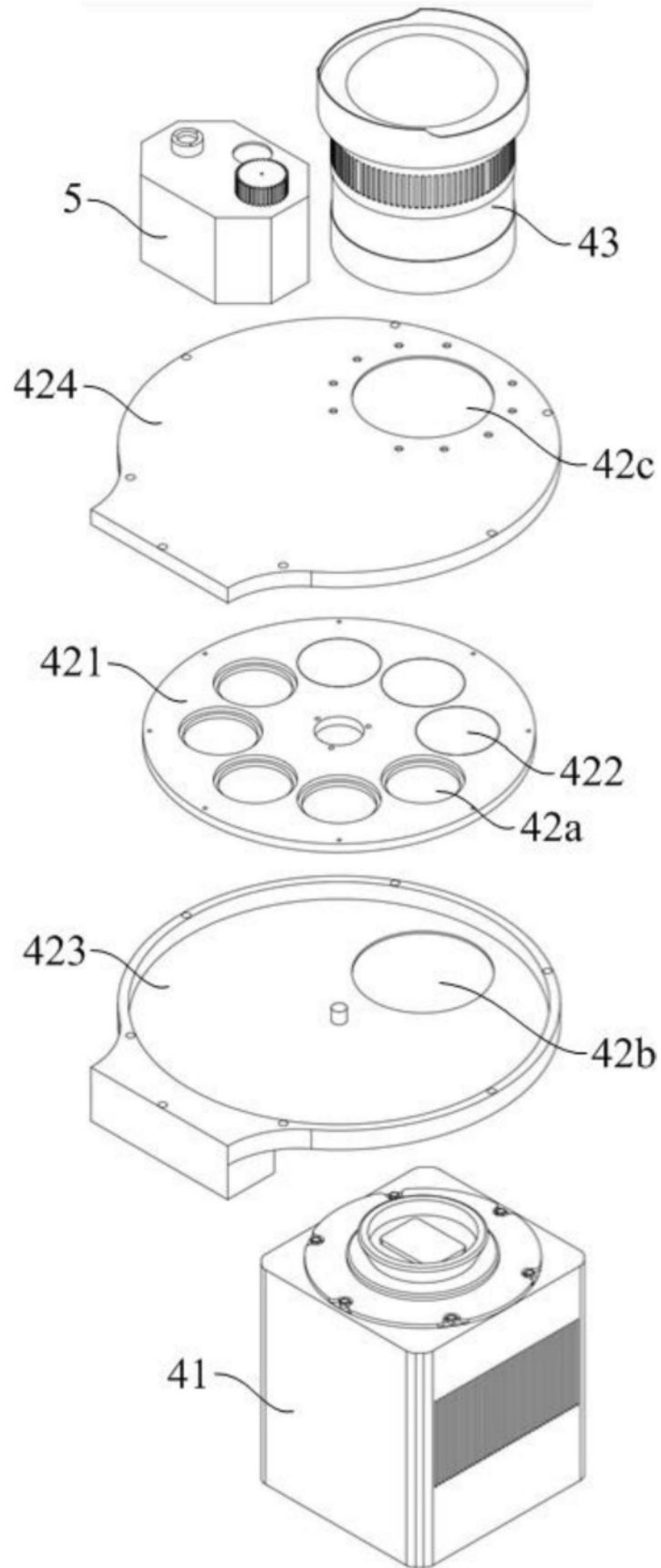


图3