



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115327552 B

(45) 授权公告日 2022. 12. 20

(21) 申请号 202211243627.0

审查员 梁策

(22) 申请日 2022.10.12

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 115327552 A

(43) 申请公布日 2022.11.11

(73) 专利权人 四川吉埃智能科技有限公司

地址 635000 四川省达州市高新区七河路

秦巴智谷智造园9号楼4楼15号

(72) 发明人 黄陆君 虞静 唐海龙 黄贵余

(74) 专利代理机构 成都欣圣知识产权代理有限

公司 51292

专利代理师 张翊森

(51) Int. Cl.

G01S 17/02 (2020.01)

G01S 7/481 (2006.01)

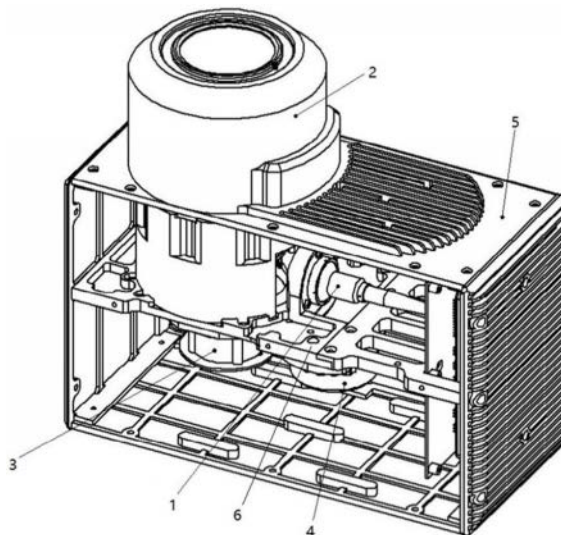
权利要求书3页 说明书7页 附图7页

(54) 发明名称

一种双光楔激光雷达扫描光机及扫描轨迹控制方法

(57) 摘要

本发明提供了一种双光楔激光雷达扫描光机及扫描轨迹控制方法,涉及激光雷达技术领域。双光楔激光雷达扫描光机包括设于机体内的底座,底座上设有激光入射单元,底座上、下部的机体内分别设有扫描、接收单元,扫描单元包括两组扫描机构,扫描机构包括转动设置于机体内的光楔,激光入射单元包括设于扫描单元底部的反射镜,激光入射单元射出的激光通过反射镜反射面的偏转后依次穿过两光楔。扫描轨迹控制方法包括:光楔初始相位对齐和相位控制,光楔初始相位对齐是通过两个分体式直流电机转角的控制,实现两光楔不同的初始角度控制;光楔相位控制是通过两个分体式直流电机转动速度的控制,实现两光楔在连续旋转过程中不同的相对角度控制。



1. 一种双光楔激光雷达扫描光机的扫描轨迹控制方法,其特征在于,
该双光楔激光雷达扫描光机包括:

机体;

底座,设于机体内;

激光入射单元,设于底座上;

扫描单元,设于底座上部的机体内;

接收单元,设于底座下部的机体内;

其中,所述激光入射单元包括设于扫描单元与接收单元之间的反射镜,所述扫描单元包括两组扫描机构,所述扫描机构包括转动设置于机体内的光楔,所述机体内设有驱动光楔转动的分体式直流电机,所述激光入射单元射出的光源通过反射镜反射面的偏转后依次穿过两个光楔;

该双光楔激光雷达扫描光机的扫描轨迹控制方法包括:

设光线沿主光轴Z入射,并依次穿过第一个光楔的面 N_1 和第二个光楔的面 N_2 ,入射方向向量为 $[0 \ 0 \ 1]^T$,取 N_1 上长轴和短轴方向单位距离的点A和B,设第一个光楔当前旋转角度为 ω_1 ,当前面的长轴与XOY平面夹角 α_{w1} 为楔角,则A和B的坐标计算为:

$$\begin{cases} A = [\cos\omega_1 \cos\alpha_{w1}, -\sin\omega_1 \cos\alpha_{w1}, \sin\alpha_{w1}]^T \\ B = [\sin\omega_1, \cos\omega_1, 0]^T \end{cases}$$

面 N_1 的法向量计算为:

$$\vec{N}_1 = \vec{OA} \times \vec{OB} = \begin{bmatrix} -\sin\alpha_{w1} \cos\omega_1 \\ \sin\alpha_{w1} \sin\omega_1 \\ \cos\alpha_{w1} \end{bmatrix}$$

光线经面 N_1 的折射作用满足折射定律 $n_i \vec{L}_{i1} \times \vec{N} = n_o \vec{L}_{o1} \times \vec{N}$,其中, n_i 和

n_o 分别为入射介质和出射介质的折射率, \vec{N} 为折射面法向量, \vec{L}_{i1} 和 \vec{L}_{o1} 分

别为面 N_1 的入射光线和出射光线方向向量;对于面 N_1 , $n_i = 1$ 且 $n_o = n_w$,

n_w 为光楔的折射率, $\vec{N} = \vec{N}_1$ 为面 N_1 的法向量, $\vec{L}_{i1} = [0 \ 0 \ 1]^T$;

令 $\vec{L}_{o1} = [l_{x1} \ l_{y1} \ l_{z1}]^T$,则出射光线方向向量 \vec{L}_{o1} 计算为:

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} -\sin\alpha_{w1} \cos\omega_1 \\ \sin\alpha_{w1} \sin\omega_1 \\ \cos\alpha_{w1} \end{bmatrix} = n_w \begin{bmatrix} l_{x1} \\ l_{y1} \\ l_{z1} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} -\sin\alpha_{w1} \cos\omega_1 \\ \sin\alpha_{w1} \sin\omega_1 \\ \cos\alpha_{w1} \end{bmatrix}$$

令:

$$b = n_i \vec{L}_{i1} \times \vec{N}_1 = \begin{bmatrix} -\sin\alpha_{w1} \sin\omega_1 \\ -\sin\alpha_{w1} \cos\omega_1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} 0 & n_w \cos\alpha_{w1} & -n_w \sin\alpha_{w1} \sin\omega_1 \\ -n_w \cos\alpha_{w1} & 0 & -n_w \sin\alpha_{w1} \cos\omega_1 \\ n_w \sin\alpha_{w1} \sin\omega_1 & n_w \sin\alpha_{w1} \cos\omega_1 & 0 \end{bmatrix}$$

求解方程 $C\vec{L}_{o1} = b$ 即可求得光楔I出射光线方向向量 \vec{L}_{o1} ;

两个光楔的立面平行放置, 平行立面对光线的折射效果相互抵消, 第二个光楔的入射光线为第一个光楔面 N_1 的出射光线, 入射光线法向量为

$$\vec{L}_{i2} = \vec{L}_{o1};$$

设坐标系单位法向量为 i 、 j 和 k , 第二个光楔当前旋转角度为 ω_2 , 当前

面的长轴与 XOY 平面夹角 α_{w2} 为楔角, 则面 N_2 法向量计算为:

$$\vec{N}_2 = \begin{vmatrix} i & j & k \\ \cos\omega_2 \cos\alpha_{w2} & -\sin\omega_2 \cos\alpha_{w2} & -\sin\alpha_{w2} \\ -\sin\omega_2 & -\cos\omega_2 & 0 \end{vmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin\alpha_{w2} \cos\omega_2 \\ \sin\alpha_{w2} \sin\omega_2 \\ -\cos\alpha_{w2} \end{bmatrix}$$

$\alpha_{w2} = -\alpha_{w1}$, 面 N_2 对光线 \vec{L}_{i2} 的折射可描述为:

$$n_w \begin{bmatrix} l_{x1} \\ l_{y1} \\ l_{z1} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} -\sin\alpha_{w2} \cos\omega_2 \\ \sin\alpha_{w2} \sin\omega_2 \\ -\cos\alpha_{w2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_{x2} \\ l_{y2} \\ l_{z2} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} -\sin\alpha_{w2} \cos\omega_2 \\ \sin\alpha_{w2} \sin\omega_2 \\ -\cos\alpha_{w2} \end{bmatrix}$$

设 N_2 出射方向向量 \vec{L}_{o2} , 令:

$$D = \begin{bmatrix} 0 & -n_w \cos\alpha_{w2} & -n_w \sin\alpha_{w2} \sin\omega_2 \\ n_w \cos\alpha_{w2} & 0 & -n_w \sin\alpha_{w2} \cos\omega_2 \\ n_w \sin\alpha_{w2} \sin\omega_2 & n_w \sin\alpha_{w2} \cos\omega_2 & 0 \end{bmatrix}$$

$$E = \begin{bmatrix} 0 & -\cos\alpha_{w2} & -\sin\alpha_{w2} \sin\omega_2 \\ \cos\alpha_{w2} & 0 & -\sin\alpha_{w2} \cos\omega_2 \\ \sin\alpha_{w2} \sin\omega_2 & \sin\alpha_{w2} \cos\omega_2 & 0 \end{bmatrix}$$

则 $D\vec{L}_{o1} = DC^{-1}b = E\vec{L}_{o2}$, 则 $\vec{L}_{o2} = E^{-1}DC^{-1}b$, 激光扫描脚点位置 $P = R\vec{L}_{o2}$, R

为当前测量距离;

通过光楔初始相位对齐和相位控制, 使不同的初始相位和相位控制实现不同的扫描脚点轨迹控制;

其中, 光楔初始相位对齐是通过两个分体式直流电机转角的控制, 实现两个光楔不同的初始角度控制;

光楔相位控制是通过两个分体式直流电机转动速度的控制,实现两个光楔在连续旋转过程中不同的相对角度控制。

2. 根据权利要求1所述的双光楔激光雷达扫描光机的扫描轨迹控制方法,其特征在于,所述反射镜的反射面呈椭圆形,其短轴等于进入反射面上的光源光斑直径。

3. 根据权利要求1所述的双光楔激光雷达扫描光机的扫描轨迹控制方法,其特征在于,所述反射镜外部套设有防旁瓣套筒,所述反射镜反射面侧部的防旁瓣套筒上设有入射口,所述防旁瓣套筒顶部设有出射口,所述入射口及出射口的内径与通过它们的光源光斑直径匹配。

4. 根据权利要求1所述的双光楔激光雷达扫描光机的扫描轨迹控制方法,其特征在于,所述激光入射单元还包括:

入射激光固定座,设于反射镜侧部的底座上;

激光准直器,设于入射激光固定座上;

激光光纤,与激光准直器连接;

其中,所述反射镜的反射面朝向激光准直器。

5. 根据权利要求4所述的双光楔激光雷达扫描光机的扫描轨迹控制方法,其特征在于,所述激光准直器和激光光纤水平设置,所述反射镜的反射面与水平面呈 45° 夹角设置,两个所述光楔呈竖直线设于反射镜上部。

6. 根据权利要求1所述的双光楔激光雷达扫描光机的扫描轨迹控制方法,其特征在于,所述扫描单元还包括设于反射镜上部机体内的壳体,所述扫描机构还包括转动设于壳体上的光楔镜筒,所述光楔固定于所述光楔镜筒内,所述分体式直流电机设于壳体上并与光楔镜筒传动连接。

7. 根据权利要求6所述的双光楔激光雷达扫描光机的扫描轨迹控制方法,其特征在于,所述机体内设有与分体式直流电机配合的伺服驱动器,所述壳体上对应位置设有与光楔镜筒及伺服驱动器配合的增量式角度测量传感器。

8. 根据权利要求1所述的双光楔激光雷达扫描光机的扫描轨迹控制方法,其特征在于,所述接收单元包括设于反射镜下部机体内的接收安装镜筒,所述接收安装镜筒内上下设置有窄带滤光片和非球面接收透镜,所述接收安装镜筒底部设有光电转换传感器。

9. 根据权利要求8所述的双光楔激光雷达扫描光机的扫描轨迹控制方法,其特征在于,所述接收安装镜筒内对应设有与非球面接收透镜配合的接收透镜安装支撑体,所述接收透镜安装支撑体上设有接收透镜压环,所述接收透镜压环的环面上设有橡胶垫圈,所述窄带滤光片顶部还设有与其配合的滤光片压环,所述滤光片压环与接收透镜安装支撑体连接。

一种双光楔激光雷达扫描光机及扫描轨迹控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及激光雷达技术领域,具体涉及一种双光楔激光雷达扫描光机及扫描轨迹控制方法。

背景技术

[0002] 激光雷达是以发射激光束探测目标的位置、速度等特征量的雷达系统,其工作原理是向目标发射探测信号(激光束),然后将接收到的从目标反射回来的信号(目标回波)与发射信号进行比较,作适当处理后,就可获得目标的有关信息。

[0003] 现有技术中,由于传统激光雷达扫描方式存在扫描视场角小(如摆镜扫描及光学相控阵扫描)和激光脉冲有效利用率低(如旋转多棱镜扫描)的问题,导致传统激光雷达扫描效率低、点云利用率低。

发明内容

[0004] 本发明的目的是开发一种扫描效率高、点云利用率高的双光楔激光雷达扫描光机及扫描轨迹控制方法。

[0005] 本发明通过如下的技术方案实现:

[0006] 一种双光楔激光雷达扫描光机,包括:

[0007] 机体;

[0008] 底座,设于机体内;

[0009] 激光入射单元,设于底座上;

[0010] 扫描单元,设于底座上部的机体内;

[0011] 接收单元,设于底座下部的机体内;

[0012] 其中,所述激光入射单元包括设于扫描单元与接收单元之间的反射镜,所述扫描单元包括两组扫描机构,所述扫描机构包括转动设置于机体内的光楔,所述机体内设有驱动光楔转动的分体式直流电机,所述激光入射单元射出的光源通过反射镜反射面的偏转后依次穿过两个光楔。

[0013] 可选的,所述反射镜的反射面呈椭圆形,其短轴等于进入反射面上的光源光斑直径。

[0014] 可选的,所述反射镜外部套设有防旁瓣套筒,所述反射镜反射面侧部的防旁瓣套筒上设有入射口,所述防旁瓣套筒顶部设有出射口,所述入射口及出射口的内径与通过它们的光源光斑直径匹配。

[0015] 可选的,所述激光入射单元还包括:

[0016] 入射激光固定座,设于反射镜侧部的底座上;

[0017] 激光准直器,设于入射激光固定座上;

[0018] 激光光纤,与激光准直器连接;

[0019] 其中,所述反射镜的反射面朝向激光准直器。

[0020] 可选的,所述激光准直器和激光光纤水平设置,所述反射镜的反射面与水平面呈 45° 夹角设置,两个所述光楔呈竖直线设于反射镜上部。

[0021] 可选的,所述扫描单元还包括设于反射镜上部机体内的壳体,所述扫描机构还包括转动设于壳体上的光楔镜筒,所述光楔固定于所述光楔镜筒内,所述分体式直流电机设于壳体上并与光楔镜筒传动连接。

[0022] 可选的,所述机体内设有与分体式直流电机配合的伺服驱动器,所述壳体上对应位置设有与光楔镜筒及伺服驱动器配合的增量式角度测量传感器。

[0023] 可选的,所述接收单元包括设于反射镜下部机体内的接收安装镜筒,所述接收安装镜筒内上下设置有窄带滤光片和非球面接收透镜,所述接收安装镜筒底部设有光电转换传感器。

[0024] 可选的,所述接收安装镜筒内对应设有与非球面接收透镜配合的接收透镜安装支撑体,所述接收透镜安装支撑体上设有接收透镜压环,所述接收透镜压环的环面上设有橡胶垫圈,所述窄带滤光片顶部还设有与其配合的滤光片压环,所述滤光片压环与接收透镜安装支撑体连接。

[0025] 一种双光楔激光雷达扫描光机的扫描轨迹控制方法,通过光楔初始相位对齐和相位控制,使不同的初始相位和相位控制实现不同的扫描脚点轨迹控制;

[0026] 其中,光楔初始相位对齐是通过两个分体式直流电机转角的控制,实现两个光楔不同的初始角度控制;

[0027] 光楔相位控制是通过两个分体式直流电机转动速度的控制,实现两个光楔在连续旋转过程中不同的相对角度控制。

[0028] 本发明的有益效果是:

[0029] 1.采用双楔形镜折射,单个光楔偏转角达到 30° ,最大偏转角 $\pm 30^{\circ}$,扫描视场大,双光楔扫描采用激光折射方式,有效减小系统的体积,可将点云全部分布在 $\pm 30^{\circ}$ 的视场角范围内,光学利用率可达到100%;

[0030] 3.分体式直流电机为内转子电机,转子和光楔镜筒刚性连接,带动光楔镜筒和光楔旋转,可以提高设备稳定度,抗震效果好,分体式直流电机转速快,速度可控,并由伺服驱动器控制,实现转速和转角的精准控制,扫描速度快;

[0031] 4.光楔镜筒旋转角度由圆光栅编码器进行测量,采用高精度编码器,位置反馈角度精度高,圆光栅读数头输出脉冲信号至主控单元和伺服驱动器,完成角度测量和伺服闭环控制,扫描精度高;

[0032] 5.传统激光雷达搭载于无人机上进行电力巡检及测绘作业时,作业效率低且作业成本高,本发明基于双光楔扫描方式实现激光脉冲全利用,提升点云利用率,本发明搭载于无人机进行快速飞行,解决了点云密度低的问题,可满足如电力巡检、测绘等高点云密度要求的应用。

附图说明

[0033] 为了更清楚地说明本申请实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术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申请的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,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的附图。

[0034] 图1为本发明结构图；

[0035] 图2为激光入射单元结构图；

[0036] 图3为扫描单元结构图；

[0037] 图4为扫描单元另一视角下的结构图；

[0038] 图5为接收单元的爆炸视图；

[0039] 图6为反射镜对激光的偏转示意图；

[0040] 图7为简化后的双光楔对光线的折射示意图。

[0041] 附图标记:1.激光入射单元;101.激光光纤;102.激光准直器;103.反射镜;104.防旁瓣套筒;105.入射激光固定座;2.扫描单元;201.光楔;202.分体式直流电机;203.圆光栅编码器;204.圆光栅读数头;205.伺服驱动器;206.光楔镜筒;207.精密轴承;208.壳体;3.接收单元;301.光电转换传感器;302.接收安装镜筒;303.橡胶垫圈;304.接收透镜压环;305.接收透镜安装支撑体;306.非球面接收透镜;307.窄带滤光片;308.滤光片压环;4.惯性导航单元;5.机体;6.底座。

具体实施方式

[0042] 在下文中,仅简单地描述了某些示例性实施例。正如本领域技术人员可认识到的那样,在不脱离本发明创造的精神或范围的情况下,可通过各种不同方式修改所描述的实施例。因此,附图和描述被认为本质上是示例性的而非限制性的。

[0043] 下面结合附图对本发明的实施例进行详细说明。

[0044] 本发明公开了一种双光楔激光雷达扫描光机及扫描轨迹控制方法,双光楔激光雷达扫描光机如图1~6所示,包括机体5,机体5内设有激光入射单元1、扫描单元2、接收单元3及惯性导航单元4,机体5内还设有主控单元以及作为连接骨架的底座6。

[0045] 激光入射单元1包括设于底座6上的入射激光固定座105,入射激光固定座105上设有激光准直器102。激光准直器102水平设置,激光准直器102侧部设有与其连接且水平设置的激光光纤101。

[0046] 激光准直器102具有光束准直功能,可将激光光纤101送入的大发散角脉冲激光信号准直为小束散角的脉冲光源,以保证能量集中。

[0047] 入射激光固定座105远离激光光纤101一侧设有反射镜103,反射镜103呈柱状,反射镜103顶部具有的斜面作为反射面,反射面为椭圆形,反射面与水平面呈 45° 夹角设置,反射镜103的反射面朝向激光准直器102。

[0048] 反射镜103对通过激光准直器102的入射光线进行 90° 偏转,反射镜103反射面的短轴等于准直后的小束散角脉冲光源光斑直径。

[0049] 反射镜103外部套设有防旁瓣套筒104,防旁瓣套筒104竖直设置。反射镜103反射面侧部的防旁瓣套筒104上设有入射口,入射口的内径,与通过入射口的激光光斑直径匹配。防旁瓣套筒104顶部设有出射口,出射口的内径,与通过出射口的激光光斑直径匹配。

[0050] 激光入射单元1采用脉冲激光器作为光源,可发射高能量脉冲激光信号,且具备连续可调的脉冲频率、脉冲能量及脉冲宽度等控制功能。

[0051] 脉冲激光器出射激光经激光光纤101进入激光准直器102,经准直后的脉冲激光入

射到反射镜103的反射面上,准直后的激光仍然存在一定的旁瓣,通过防旁瓣套筒104对旁瓣进行收敛,防止旁瓣激光经漫反射后进入接收单元3。

[0052] 扫描单元2包括壳体208,壳体208设于入射激光固定座105侧部的底座6上,反射镜103及防旁瓣套筒104位于壳体208内底部。

[0053] 壳体208内设有两组扫描机构,扫描机构包括设于壳体208上的光楔镜筒206,光楔镜筒206通过精密轴承207转动设于壳体208上,光楔镜筒206内固定有光楔201,两组扫描机构的光楔201在竖直方向上叠加设置,使得光线穿过两光楔201。光楔201具有一定的楔角和光线折射能力,能够实现入射光线传播方向的偏转。

[0054] 壳体208上对应位置设有与光楔镜筒206配合的分体式直流电机202,机体5内设有与分体式直流电机202电性连接的伺服驱动器205,伺服驱动器205实现直流电机的精准转角和转速控制。分体式直流电机202为内转子电机,内转子与光楔镜筒206刚性连接,带动光楔镜筒206和光楔201旋转。

[0055] 壳体208上对应位置设有增量式角度测量传感器,提供电机旋转角度测量数据,增量式角度测量传感器包括圆光栅编码器203和圆光栅读数头204。光楔镜筒206旋转角度由圆光栅编码器203进行测量,圆光栅读数头204输出脉冲信号至主控单元和伺服驱动器205,完成角度测量和伺服闭环控制。

[0056] 接收单元3包括接收安装镜筒302,接收安装镜筒302处于底座6下部的机体5内,接收安装镜筒302底部设有光电转换传感器301,接收安装镜筒302内上下设置有窄带滤光片307和非球面接收透镜306。窄带滤光片307水平位于反射镜103底部且两者连接,窄带滤光片307中心设有用于固定反射镜103的开口。

[0057] 窄带滤光片307只允许指定波长光线通过,进而实现杂质光滤除功能,非球面接收透镜306能够实现大视野角度范围内的光线聚焦,光电转换传感器301可接收特定波长的激光信号,具有一定大小的感光靶面,能够实现光信号到电压/电流信号的转换。

[0058] 接收安装镜筒302内对应设有与非球面接收透镜306配合的接收透镜安装支撑体305,接收透镜安装支撑体305上设有与其螺纹连接的接收透镜压环304,接收透镜压环304的环面上还设有橡胶垫圈303,通过接收透镜安装支撑体305及接收透镜压环304将非球面接收透镜306固定,接收透镜压环304和接收透镜安装支撑体305构成整个非球面接收透镜306的安装结构。窄带滤光片307顶部还设有与其配合的滤光片压环308,滤光片压环308与接收透镜安装支撑体305螺纹连接。

[0059] 激光入射单元1中,脉冲激光器射出激光,激光经激光光纤101进入激光准直器102,激光再由反射镜103偏转后进入扫描单元2,激光通过扫描单元2的两个光楔201后射出。激光反射后进入接收单元3,返回的激光由非球面接收透镜306进行聚焦,光电转换传感器301的靶面位于非球面接收透镜306的焦点上,通过光电转换传感器301实现光信号到电压/电流信号的转换。

[0060] 双光楔激光雷达扫描光机的扫描轨迹控制方法如下:

[0061] 通过光楔201初始相位对齐和相位控制,使不同的初始相位和相位控制实现不同的扫描脚点轨迹控制;光楔201初始相位对齐是通过两个分体式直流电机202转角的控制,实现两个光楔201不同的初始角度控制;光楔201相位控制是通过两个分体式直流电机202转动速度的控制,实现两个光楔201在连续旋转过程中不同的相对角度控制。

[0062] 图7为简化后的双光楔对光线的折射示意图,两个光楔201分别为光楔I和光楔II,出射光线首先经光楔I的 N_1 面折射后,进入光楔II的 N_2 面,再次进行折射。

[0063] 两个光楔201对光线的折射可描述为:

[0064] 设光线沿主光轴Z入射,则入射方向向量 $[0 \ 0 \ 1]^T$,取 N_1 上长轴和短轴方向单位距离的点A和B,设光楔I当前旋转角度为 ω_1 ,当前面的长轴与XOY平面夹角 α_{w1} 为楔角,则A和B的坐标计算为:

$$[0065] \quad \begin{cases} A = [\cos\omega_1 \cos\alpha_{w1}, -\sin\omega_1 \cos\alpha_{w1}, \sin\alpha_{w1}]^T \\ B = [\sin\omega_1, \cos\omega_1, 0]^T \end{cases}$$

[0066] 面 N_1 的法向量计算为:

$$[0067] \quad \vec{N}_1 = \vec{OA} \times \vec{OB} = \begin{bmatrix} -\sin\alpha_{w1} \cos\omega_1 \\ \sin\alpha_{w1} \sin\omega_1 \\ \cos\alpha_{w1} \end{bmatrix}$$

[0068] 光线经面 N_1 的折射作用满足折射定律 $n_i \vec{L}_{i1} \times \vec{N} = n_o \vec{L}_{o1} \times \vec{N}$,其中, n_i 和 n_o 分别为入射介质和出射介质的折射率, \vec{N} 为折射面法向量, \vec{L}_{i1} 和 \vec{L}_{o1} 分别为面 N_1 的入射光线和出射光线方向向量。对于面 N_1 , $n_i = 1$ 且 $n_o = n_w$, n_w 为光楔201的折射率, $\vec{N} = \vec{N}_1$ 为面 N_1 的法向量, $\vec{L}_{i1} = [0 \ 0 \ 1]^T$ 。令 $\vec{L}_{o1} = [l_{x1} \ l_{y1} \ l_{z1}]^T$,则出射光线方向向量 \vec{L}_{o1} 计算为:

$$[0069] \quad \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} -\sin\alpha_{w1} \cos\omega_1 \\ \sin\alpha_{w1} \sin\omega_1 \\ \cos\alpha_{w1} \end{bmatrix} = n_w \begin{bmatrix} l_{x1} \\ l_{y1} \\ l_{z1} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} -\sin\alpha_{w1} \cos\omega_1 \\ \sin\alpha_{w1} \sin\omega_1 \\ \cos\alpha_{w1} \end{bmatrix}$$

[0070] 令:

$$[0071] \quad b = n_i \vec{L}_{i1} \times \vec{N}_1 = \begin{bmatrix} -\sin\alpha_{w1} \sin\omega_1 \\ -\sin\alpha_{w1} \cos\omega_1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$[0072] \quad C = \begin{bmatrix} 0 & n_w \cos \alpha_{w1} & -n_w \sin \alpha_{w1} \sin \omega_1 \\ -n_w \cos \alpha_{w1} & 0 & -n_w \sin \alpha_{w1} \cos \omega_1 \\ n_w \sin \alpha_{w1} \sin \omega_1 & n_w \sin \alpha_{w1} \cos \omega_1 & 0 \end{bmatrix}$$

[0073] 求解方程 $C\overrightarrow{L_{o1}} = b$ 即可求得光楔I出射光线方向向量 $\overrightarrow{L_{o1}}$ 。

[0074] 光楔I和光楔II的两个立面平行放置, 平行立面对光线的折射效果相互抵消, 光楔II的入射光线为面 N_1 的出射光线, 入射光线法向量为 $\overrightarrow{L_{i2}} = \overrightarrow{L_{o1}}$ 。设坐标系单位法向量为

i、j和k, 光楔II当前旋转角度为 ω_2 , 当前面的长轴与 XOY 平面夹角 α_{w2} 为楔角, 则斜面 N_2 法向量计算为:

$$[0075] \quad \vec{N}_2 = \begin{vmatrix} i & j & k \\ \cos \omega_2 \cos \alpha_{w2} & -\sin \omega_2 \cos \alpha_{w2} & -\sin \alpha_{w2} \\ -\sin \omega_2 & -\cos \omega_2 & 0 \end{vmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin \alpha_{w2} \cos \omega_2 \\ \sin \alpha_{w2} \sin \omega_2 \\ -\cos \alpha_{w2} \end{bmatrix}$$

[0076] 注意到 $\alpha_{w2} = -\alpha_{w1}$, 斜面 N_2 对光线 $\overrightarrow{L_{i2}}$ 的折射可描述为:

$$[0077] \quad n_w \begin{bmatrix} l_{x1} \\ l_{y1} \\ l_{z1} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} -\sin \alpha_{w2} \cos \omega_2 \\ \sin \alpha_{w2} \sin \omega_2 \\ -\cos \alpha_{w2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_{x2} \\ l_{y2} \\ l_{z2} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} -\sin \alpha_{w2} \cos \omega_2 \\ \sin \alpha_{w2} \sin \omega_2 \\ -\cos \alpha_{w2} \end{bmatrix}$$

[0078] 设 N_2 出射方向向量 $\overrightarrow{L_{o2}}$, 令:

$$[0079] \quad D = \begin{bmatrix} 0 & -n_w \cos \alpha_{w2} & -n_w \sin \alpha_{w2} \sin \omega_2 \\ n_w \cos \alpha_{w2} & 0 & -n_w \sin \alpha_{w2} \cos \omega_2 \\ n_w \sin \alpha_{w2} \sin \omega_2 & n_w \sin \alpha_{w2} \cos \omega_2 & 0 \end{bmatrix}$$

$$E = \begin{bmatrix} 0 & -\cos \alpha_{w2} & -\sin \alpha_{w2} \sin \omega_2 \\ \cos \alpha_{w2} & 0 & -\sin \alpha_{w2} \cos \omega_2 \\ \sin \alpha_{w2} \sin \omega_2 & \sin \alpha_{w2} \cos \omega_2 & 0 \end{bmatrix}$$

[0080] 则 $D\overrightarrow{L_{o1}} = DC^{-1}b = E\overrightarrow{L_{o2}}$, 则 $\overrightarrow{L_{o2}} = E^{-1}DC^{-1}b$, 激光扫描脚点位置 $P = R\overrightarrow{L_{o2}}$

, R为当前测量距离。

[0081] 可以看出在不同的旋转角度时, 扫描落点具有不同的分布方式, 因此可以通过两个光楔201的不同旋转速度实现不同样式的扫描轨迹控制。

[0082] 本发明具有的有益效果如下:

[0083] 采用双楔形镜折射, 单个光楔201偏转角达到 30° , 最大偏转角 $\pm 30^\circ$, 扫描视场大, 双光楔扫描采用激光折射方式, 有效减小系统的体积, 可将点云全部分布在 $\pm 30^\circ$ 的视场角

范围内,光学利用率可达到100%;

[0084] 分体式直流电机202为内转子电机,转子和光楔镜筒206刚性连接,带动光楔镜筒206和光楔201旋转,可以提高设备稳定度,抗震效果好,分体式直流电机202转速快,速度可控,并由伺服驱动器205控制,实现转速和转角的精准控制,扫描速度快;

[0085] 光楔镜筒206旋转角度由圆光栅编码器203进行测量,采用高精度编码器,位置反馈角度精度高,圆光栅读数头204输出脉冲信号至主控单元和伺服驱动器205,完成角度测量和伺服闭环控制,扫描精度高;

[0086] 传统激光雷达搭载于无人机上进行电力巡检及测绘作业时,作业效率低且作业成本高,本发明基于双光楔扫描方式实现激光脉冲全利用,提升点云利用率,本发明搭载于无人机进行快速飞行,解决了点云密度低的问题,可满足如电力巡检、测绘等高点云密度要求的应用。

[0087] 上述实施例只是本发明的较佳实施例,并不是对本发明技术方案的限制,只要是不经过创造性劳动即可在上述实施例的基础上实现的技术方案,均应视为落入本发明专利的权利保护范围内。

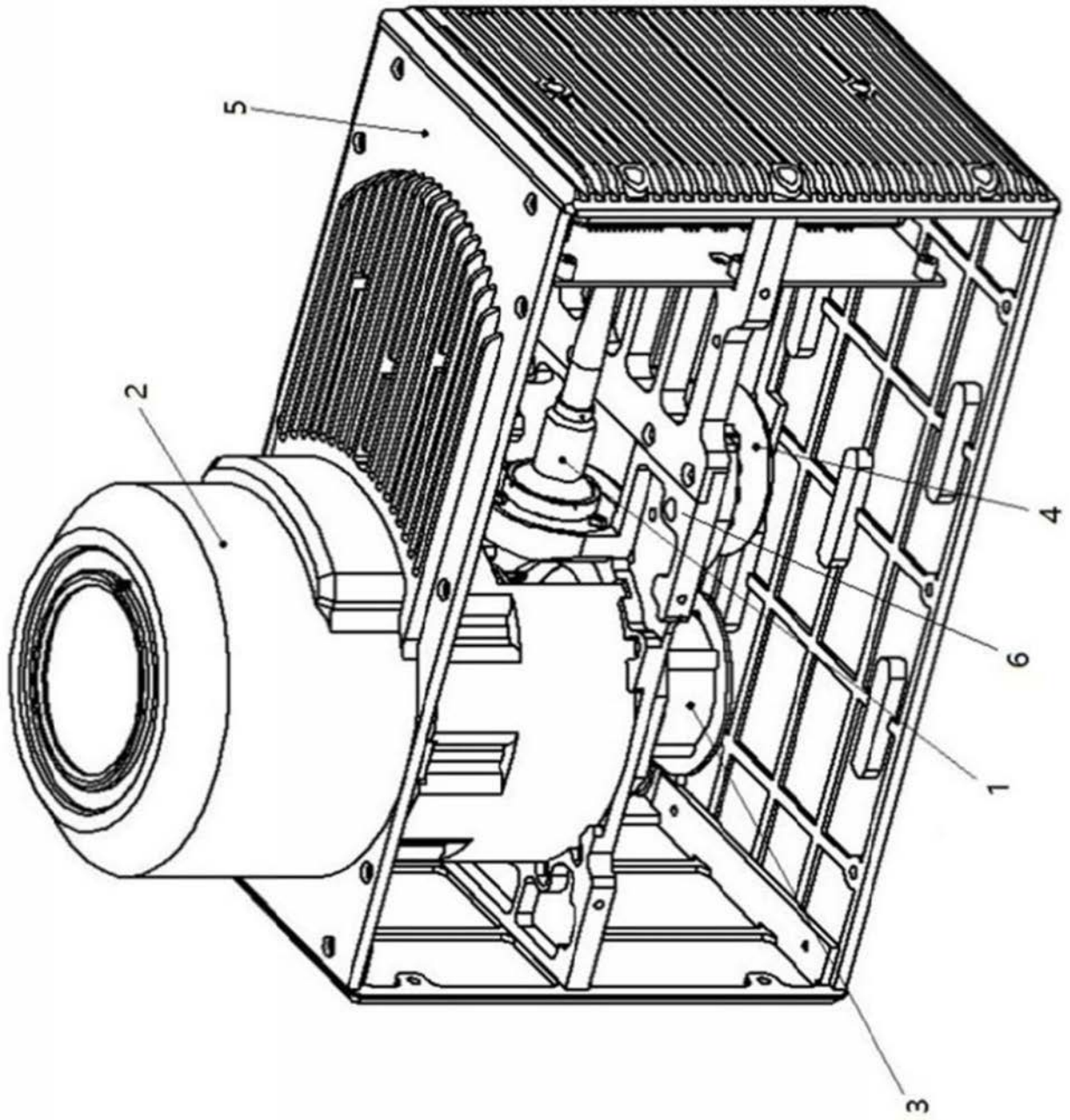


图1

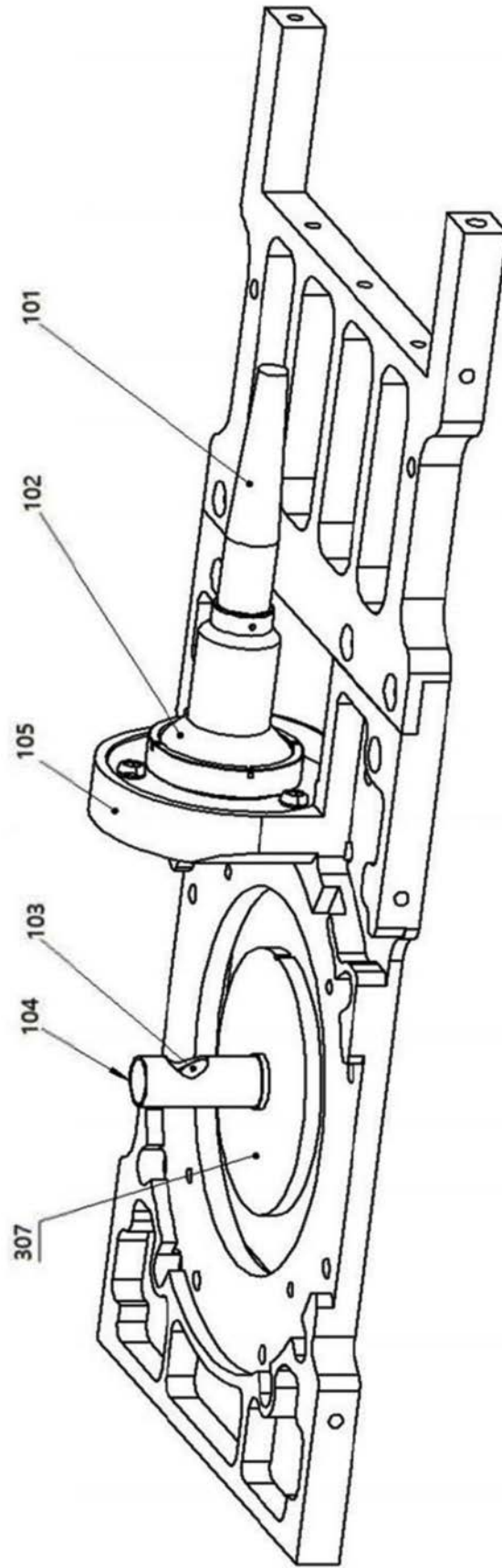


图2

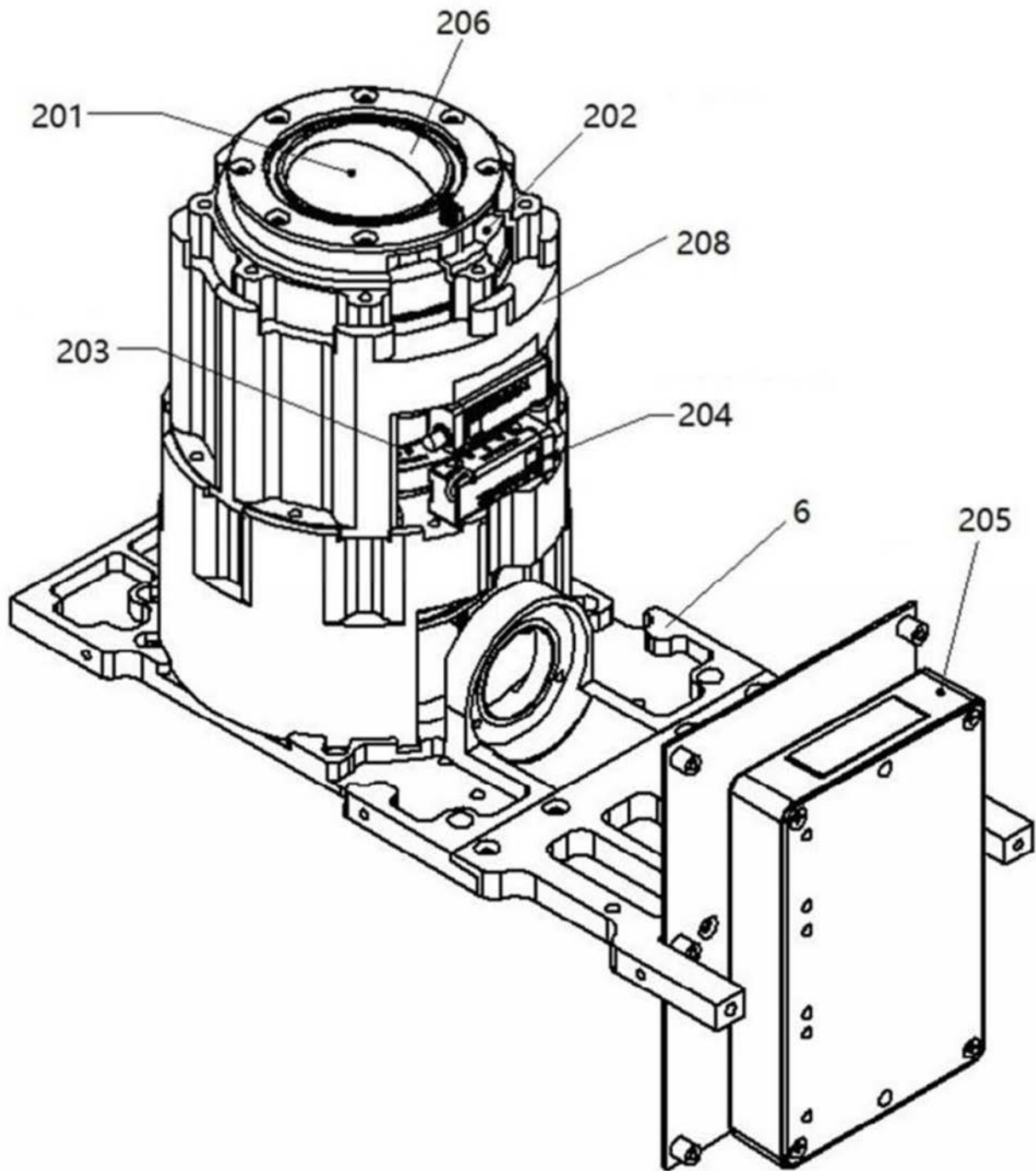


图3

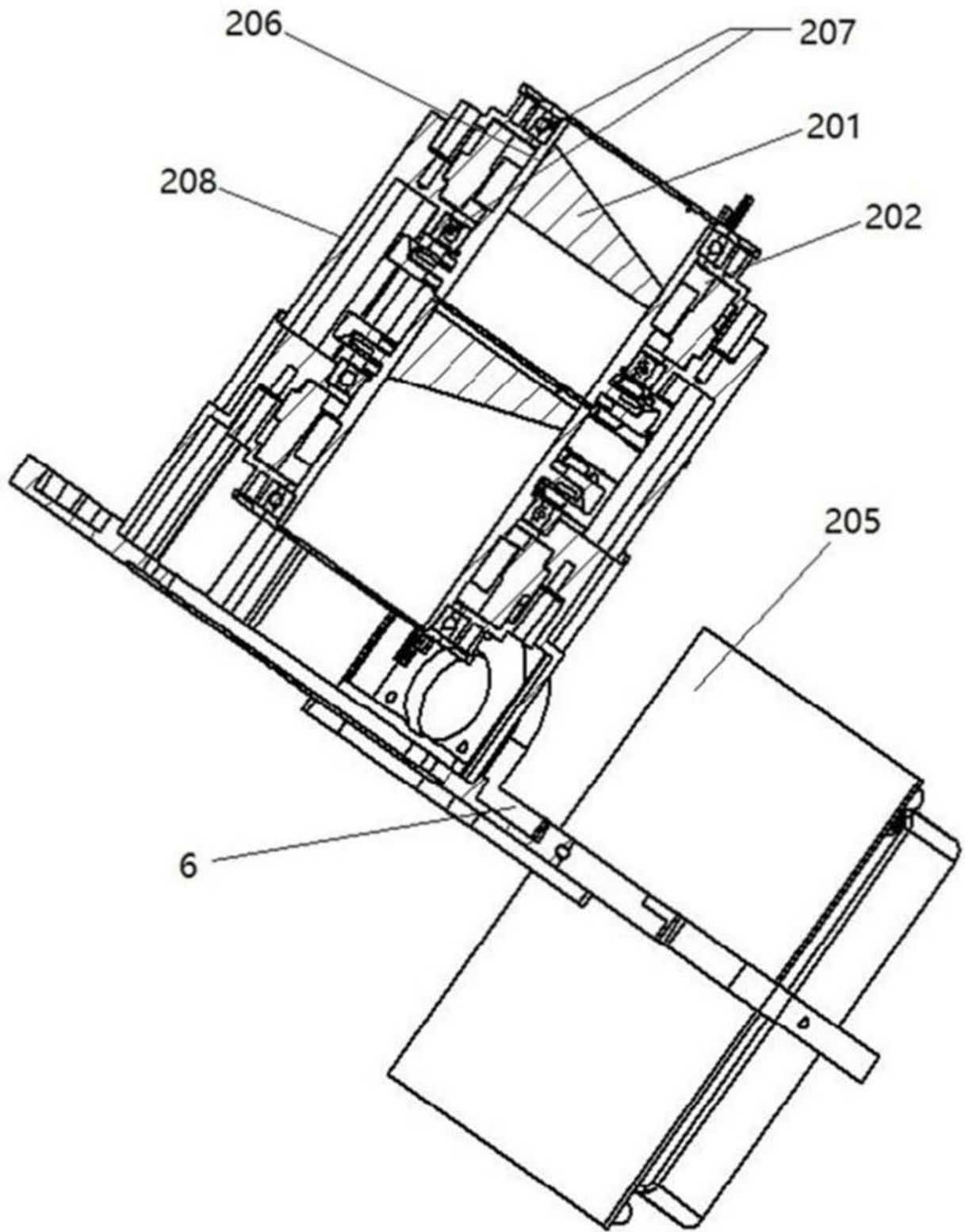


图4

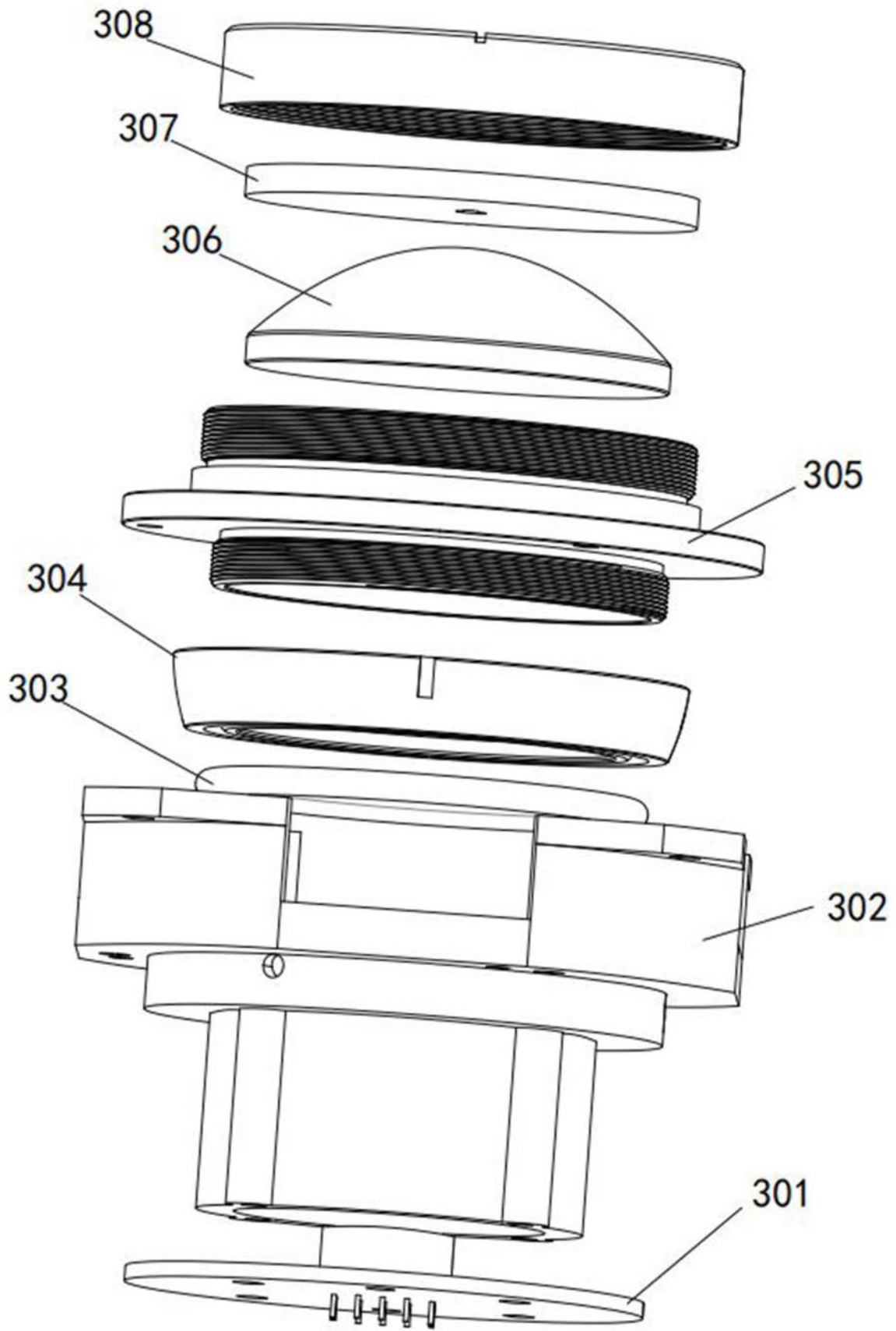


图5

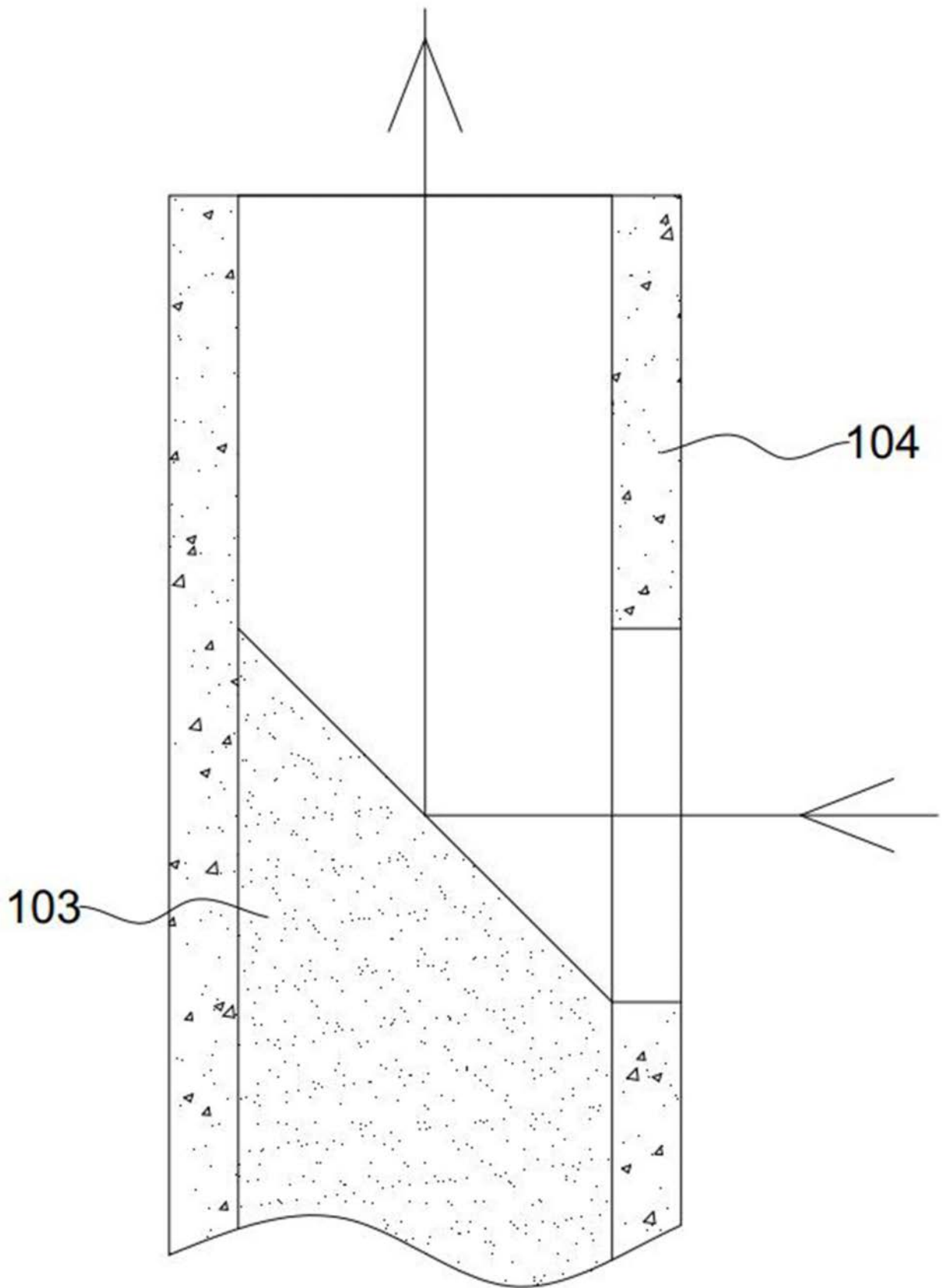


图6

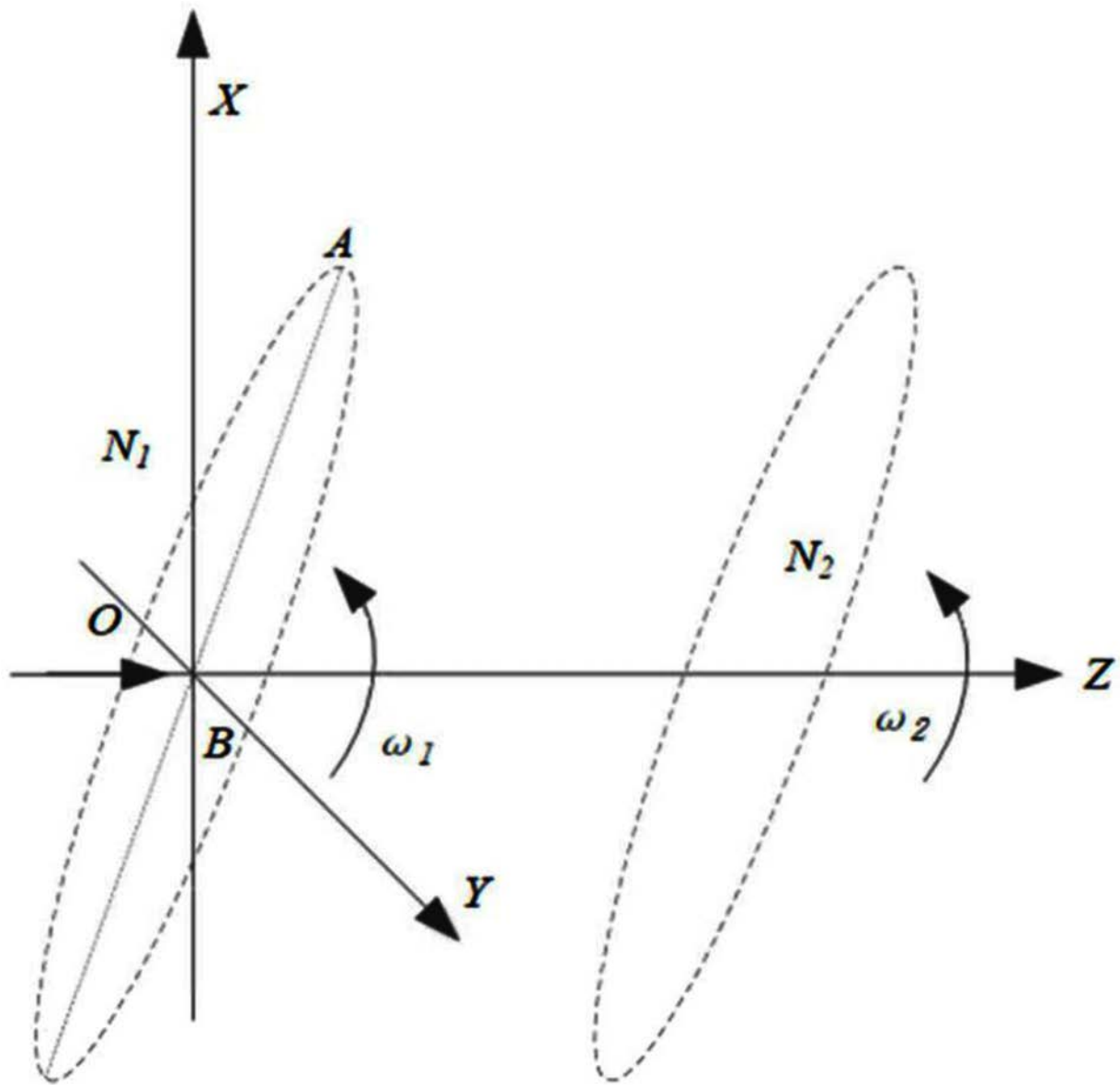


图7