



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101722362 A

(43) 申请公布日 2010.06.09

(21) 申请号 200910218070.3

(22) 申请日 2009.12.22

(71) 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路
3888 号

(72) 发明人 冯晓国 梁凤超 赵晶丽 高劲松

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 王淑秋

(51) Int. Cl.

B23K 26/00 (2006.01)

B23K 26/08 (2006.01)

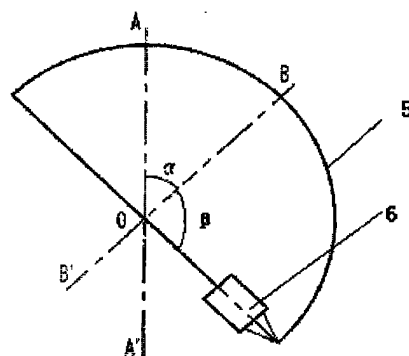
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 4 页

(54) 发明名称

深凹球面纬线相交网格图形的激光直写方法

(57) 摘要

本发明涉及一种深凹球面纬线相交网格图形的激光直写方法,该方法首先设定垂直轴、水平轴和工件旋转轴,旋转轴与垂直轴之间的夹角为 α ;直写物镜绕水平轴转动,球形工件绕垂直轴转动,完成球形工件凹面顶点与最低点之间纬线的刻划;然后,球形工件绕旋转轴转动 180° ,在通过球形工件凹面顶点的纬线与球形工件口径边缘构成的区域内刻划纬线;再将球形工件绕旋转轴转动 90° ,重复上述过程,直至生成球形工件凹面全口径纬线相交网格,激光直写结束。本发明解决了直写物镜转至球面穹顶时线速度为零曝光量无法控制的问题,将加工范围扩展至半球,甚至超半球,有效地解决了半球及超半球工件全口径纬线相交网格刻划的问题。



1. 一种深凹球面纬线相交网格图形的激光直写方法,其特征在于包括下述步骤:

(a) 设定垂直轴(AA')、水平轴(CC')和旋转轴(BB');所述垂直轴(AA')、水平轴(CC')和旋转轴(BB')相交于球形工件(5)的球心(O),并且旋转轴(BB')与垂直轴(AA')之间的夹角为 α , $0^\circ < \alpha < 90^\circ$;

(b) 直写物镜(6)绕水平轴(CC')在球形工件(5)的最低点与凹面顶点对应的角度 β 范围内转动;直写物镜(6)每转动到一个设定角度,控制球形工件(5)绕垂直轴(AA')转动;在球形工件(5)转动过程中,控制激光快门的开启和关闭,使直写物镜焦斑在球形工件(5)的凹面上刻划出一条纬线;重复该过程直至完成球形工件(5)凹面顶点与最低点之间纬线的刻划;

(c) 使球形工件(5)绕旋转轴(BB')转动 180° ;

(d) 直写物镜(6)绕水平轴(CC')在球形工件(5)的最低点与凹面顶点对应的角度 β 范围内转动;直写物镜(6)每转动到一个设定角度,控制球形工件(5)绕垂直轴(AA')转动;在球形工件(5)转动过程中,控制激光快门的开启和关闭,使直写物镜焦斑在通过球形工件(5)的凹面顶点的纬线与球形工件口径边缘构成的区域内刻划纬线;重复该过程直至完成该区域内纬线的刻划;

(e) 将球形工件(5)绕旋转轴(BB')转动 90° ,重复步骤(2)~步骤(4)的过程,直至生成球形工件凹面全口径纬线相交网格,激光直写结束。

深凹球面纬线相交网格图形的激光直写方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种在曲面元件上制备微细线条图形的方法,特别涉及一种凹球面纬线相交网格图形的激光直写方法。

背景技术

[0002] 球形整流罩在透过制导(或观测)光学波段的同时也成为外界电磁干扰(或内部电磁辐射)的主要通道,在其内表面(深凹球面)上制备金属网栅膜可以有效屏蔽电磁干扰,要满足深凹球面上制作金属网栅膜的布线要求,首先就要在深凹球面上生成微细线条的网格图形。

[0003] 传统的机械刻划光栅的方法并不适合球形整流罩上微细图形的生成。原因有二:一是这种方法会损伤整流罩基底;二是光栅刻划一般刻槽很浅(几十纳米),无法满足网栅布线的深度要求(一般要求槽深至少几百纳米)。而衍射光学元件制作中常用的单点金刚石车削技术,只能在基底上生成微细图形,不是一种布线技术(布线技术要求在微细图形上增加金属线条)。

[0004] 曲面基底上微细图形的制作也常用树脂转移模法把平面图形移植到曲面上去。它的主要优点是工艺简单,成本低;主要缺点是一般只能用于小深焦比曲面元件,精度低,误差可达数十微米量级。而根据金属网栅膜的基本理论,网栅线宽与周期的比值越小,其性能越高,金属网栅膜的线宽往往是越窄越好,一般要小于 $10\mu\text{m}$ 。所以,该法也不适合用来在曲面上制作金属网栅膜要求的网格图形。

[0005] 采用掩模投影曝光法则需要先制备一个高精度掩模,然后对准曝光、刻蚀。然而,受狭缝衍射的影响,掩模投影曝光技术要求掩模与基片很好地吻合。采用掩模投影曝光法在球面上制作网格图形需要将球面掩模与球面基底对修,这就极易损坏昂贵的整流罩基底,而且,这种方法也首先要求制作一个球面掩模。

[0006] 直写曝光法是直接采用激光(或电子束、X射线)焦斑进行刻划的一种光化学方法。与掩模投影曝光法相比,直写曝光法精度更高(缺点是生产率低,设备成本昂贵),它又分为激光直写、电子束直写、X射线直写法等。与激光直写比,电子束直写、X射线直写精度更高、技术难度更大,设备成本更为昂贵,不适合国情和实际需要。而激光直写技术精度可达到 $1\mu\text{m}$ 线宽,设备成本低,国内有成熟技术,适于作为球面上生成网格图形的首选光刻技术。

[0007] 《光学精密工程》公开了一篇论文“同心扫描法制作凹球面等距网栅的误差分析”(杂志2006年第2期),其中简要介绍了采用同心扫描激光直写运动方式在球形工件内表面制作等距网栅的原理及装置,但论文所提及的直写方式和原理装置(工件侧立)仅能在小于半球的工件凹球面上生成纬线相交网格,不能解决半球(甚至超半球)全口径图案的刻划问题。并且,在实际系统中,即使是小于半球工件,采用工件侧立的安装方式也经常会出现直写物镜轴座的结构干涉问题。

发明内容

[0008] 本发明要解决的技术问题是提供一种深凹球面纬线相交网格图形的激光直写方法。

[0009] 为了解决上述技术问题,本发明的深凹球面纬线相交网格图形的激光直写方法包括下述步骤:

[0010] (1) 设定垂直轴 AA'、水平轴 CC' 和旋转轴 BB';所述垂直轴 AA'、水平轴 CC' 和旋转轴 BB' 相交于球形工件的球心 O,并且旋转轴 BB' 与垂直轴 AA' 之间的夹角为 α , $0^\circ < \alpha < 90^\circ$;

[0011] (2) 直写物镜绕水平轴 CC' 在球形工件的最低点与凹面顶点对应的角度 β 范围内转动;直写物镜每转动到一个设定角度,控制球形工件绕垂直轴 AA' 转动;在球形工件转动过程中,控制激光快门的开启和关闭,使直写物镜焦斑在球形工件凹面上刻划出一条纬线;重复该过程直至完成球形工件的凹面顶点与最低点之间纬线的刻划;

[0012] (3) 使球形工件绕旋转轴 BB' 转动 180° ;

[0013] (4) 直写物镜绕水平轴 CC' 在球形工件的最低点与凹面顶点对应的角度 β 范围内转动;直写物镜每转动到一个设定角度,控制球形工件绕垂直轴 AA' 转动;在球形工件转动过程中,控制激光快门的开启和关闭,使直写物镜焦斑在通过球形工件的凹面顶点的纬线与球形工件口径边缘构成的区域内刻划纬线;重复该过程直至完成该区域内纬线的刻划;

[0014] (5) 将球形工件绕旋转轴 BB' 转动 90° ,重复步骤 (2) ~ 步骤 (4) 的过程,直至生成球形工件凹面全口径纬线相交网格,激光直写结束。

[0015] 本发明采用球形工件倾斜安装的形式,通过单组纬线刻划直至生成一条通过球形工件凹面顶点的纬线时旋转工件 180° ,再接续对通过球形工件凹面顶点的纬线与球形工件口径边缘构成的区域进行纬线刻划,解决了直写物镜转至球面穹顶时线速度为零曝光量无法控制的问题,将加工范围扩展至半球,甚至超半球,有效地解决了半球及超半球工件全口径纬线相交网格刻划的问题。本发明也适用于小半球工件凹球面纬线相交网格的刻划。

附图说明

[0016] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细说明。

[0017] 图 1(a)、图 1(b) 为本发明的深凹球面纬线相交网格图形的激光直写方法中直写物镜与球形工件位置关系示意图。

[0018] 图 2(a)、图 2(b)、图 2(c)、图 2(d) 为在球形工件凹面上生成纬线过程的投影图。

[0019] 图 3 为实现本发明的深凹球面纬线相交网格图形激光直写方法的装置结构的主视图。

[0020] 图 4 为实现本发明的深凹球面纬线相交网格图形激光直写方法的装置结构的俯视图。

[0021] 图 5 为实现本发明的深凹球面纬线相交网格图形激光直写方法的装置结构的后视图。

具体实施方式

[0022] 下面以半球形工件纬线相交网格的刻划为例,对本发明作详细说明,但这不能限

制本发明的保护范围。

[0023] (1) 如图 1(a)、图 1(b) 所示, 设定垂直轴 AA'、水平轴 CC' 和旋转轴 BB'; 所述垂直轴 AA'、水平轴 CC' 和旋转轴 BB' 相交于球形工件 5 的球心 O, 并且旋转轴 BB' 与垂直轴 AA' 之间的夹角为 α , $\alpha = 45^\circ$; (α 还可以为 $0 \sim 90^\circ$ 范围内的任何角度);

[0024] (2) 如图 2(a) 所示, 关闭激光快门, 直写物镜 6 绕水平轴 CC' 逆时针转动至球形工件 5 最低点以上的设定位置处; 然后球形工件 5 绕垂直轴 AA' 顺时针 (俯视) 转动至刻划口径外左下边缘的第一点 A 与直写物镜焦斑重合;

[0025] (3) 打开激光快门, 球形工件 5 绕垂直轴 AA' 逆时针 (俯视) 转动至球形工件刻划口径外右下边缘的第二点 B 与直写物镜焦斑重合;

[0026] (4) 关闭激光快门, 直写物镜 6 绕水平轴 CC' 逆时针转动一个设定角度, 球形工件 5 绕垂直轴 AA' 顺时针 (俯视) 转动, 至直写物镜焦斑与球形工件刻划口径边缘外的第三点 C 重合;

[0027] (5) 打开激光快门, 球形工件 5 绕垂直轴 AA' 顺时针 (俯视) 转至刻划口径边缘外的第四点 D 与直写物镜焦斑重合;

[0028] (6) 重复步骤 (2)、(3)、(4) 的过程, 直至激光刻划出一条通过球形工件凹面顶点的纬线, 关闭激光快门; 此时通过球形工件 5 的凹面顶点的纬线与球形工件 5 的边缘构成一个圆形区域;

[0029] (7) 如图 2(b) 所示, 球形工件 5 绕旋转轴 BB' 逆时针 (或顺时针) 转动 180° ;

[0030] (8) 直写物镜 6 绕水平轴 CC' 顺时针转动一个设定角度; 球形工件 5 绕垂直轴 AA' 逆时针 (俯视) 转至直写物镜焦斑与圆形区域边缘上的第五点 P 重合; 打开激光快门, 球形工件 5 转至直写物镜焦斑与该圆形区域边缘上的第六点 M 重合, 关闭激光快门;

[0031] (9) 直写物镜 6 绕水平轴 CC' 顺时针转动一个设定角度; 球形工件 5 绕垂直轴 AA' 转动, 至直写物镜焦斑与圆形区域边缘上的第七点 N 重合; 打开激光快门, 球形工件 5 转至直写物镜焦斑与该圆形区域边缘上的第八点 Q 重合, 关闭激光快门;

[0032] (11) 重复步骤 (8)、步骤 (9), 直至完成圆形区域内纬线的刻划, 关闭激光快门;

[0033] (12) 如图 2(c)、图 2(d) 所示, 将球形工件 5 绕旋转轴 BB' 逆时针 (或顺时针) 转动 90° , 重复步骤 (2) ~ 步骤 (11) 过程, 直至完成球形工件凹面全口径生成纬线相交网格, 激光直写结束。

[0034] 如图 3、4、5 所示, 实现深凹球面纬线相交网格图形的激光直写方法的装置包括基座 1、水平转台 2、立柱 3、工件转轴 4、直写物镜 6、物镜轴座 7、配重 8、反射镜 9、物镜分度转轴 10、反射镜 11 和反射镜 12。

[0035] 工件转轴 4、水平转台 2 和物镜分度转轴 10 的轴线相交于球形工件 5 的球心; 球形工件 5 安装定位在工件转轴 4 上, 工件转轴 4 安装在立柱 3 上, 立柱 3 安装定位水平转台 2 上 (工件转轴 4 的轴线与水平转台 2 的轴线之间的夹角 α 在 0° 和 90° 之间, 该夹角取决于深凹球面几何参数和装置结构空间的大小, 本实施方式采用 $\alpha = 45^\circ$); 球形工件 5 可绕工件转轴 4 的轴线转动, 也可通过工件转轴 4 和立柱 3 绕水平转台 2 的轴线转动; 为了力学平衡, 配重 8 固定在水平转台 2 上与立柱 3 对称的位置上。水平转台 2 安装在基座 1 上, 通过径向钢球和轴向钢球与基座 1 活动连接, 可相对于基座 1 转动; 直写物镜 6 和反射镜 9 安装定位在物镜分度转轴 10 上, 物镜分度转轴 10 安装在物镜轴座 7 上, 直写物镜 6、反

射镜 9 和物镜分度转轴 10 可绕物镜分度转轴 10 的轴线转动 ; 反射镜 11 和反射镜 12 固定在物镜轴座 7 上, 物镜轴座 7 与基座 1 固连为一体 ; 激光直写与校准系统 14 出射的激光经激光快门 13 入射到反射镜 11, 再经反射镜 12、反射镜 9 导入直写物镜 6, 聚焦在球形工件 5 的凹面上。

[0036] 关闭激光快门, 直写物镜 6 随物镜分度转轴 10 逆时针转动至球形工件最低点以上的设定位置处 ; 然后球形工件 5 随水平转台 2 转动至刻划口径外左下边缘的第一点 A 与直写物镜焦斑重合 ; 打开激光快门, 球形工件 5 随水平转台 2 逆时针 (俯视) 转动至球形工件 5 刻划口径外右下边缘的第二点 B 与直写物镜焦斑重合 ; 关闭激光快门, 直写物镜 6 随物镜分度转轴 10 逆时针转动一个设定角度, 球形工件 5 随水平转台 2 顺时针 (俯视) 转动, 至直写物镜焦斑与球形工件 5 刻划口径边缘外的第三点 C 重合 ; 打开激光快门, 球形工件 5 随水平转台 2 顺时针 (俯视) 转至刻划口径边缘外的第四点 D 与直写物镜焦斑重合 ; 重复此过程, 直至刻划出一条通过球形工件凹面顶点的纬线, 关闭激光快门 ; 此时通过球形工件凹面顶点的纬线与球形工件边缘构成一个圆形区域 ;

[0037] 球形工件 5 随工件转轴 4 逆时针 (或顺时针) 转动 180° ;

[0038] 直写物镜 6 随物镜分度转轴 10 转动一个设定角度 ; 球形工件 5 随水平转台 2 逆时针 (俯视) 转至直写物镜焦斑与圆形区域边缘上的第五点 P 重合 ; 打开激光快门, 球形工件 5 随水平转台 2 转至直写物镜焦斑与该圆形区域边缘上的第六点 M 重合, 关闭激光快门 ; 直写物镜 6 随物镜分度转轴 10 顺时针转动一个设定角度 ; 球形工件 5 随水平转台 2 转动, 至直写物镜焦斑与圆形区域边缘上的第七点 N 重合 ; 打开激光快门, 球形工件 5 转至直写物镜焦斑与该圆形区域边缘上的第八点 Q 重合, 关闭激光快门 ; 重复此过程, 直至完成圆形区域内纬线的刻划, 关闭激光快门 ;

[0039] 将球形工件绕旋转轴 BB' 逆时针 (或顺时针) 转动 90° , 重复上述过程, 直至完成球形工件凹面全口径生成纬线相交网格, 激光直写结束。

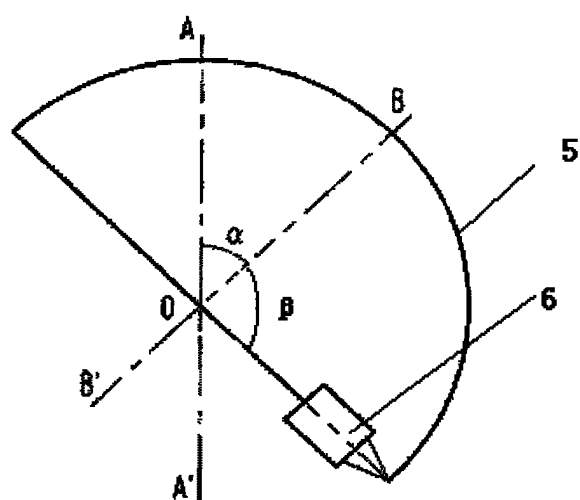


图 1(a)

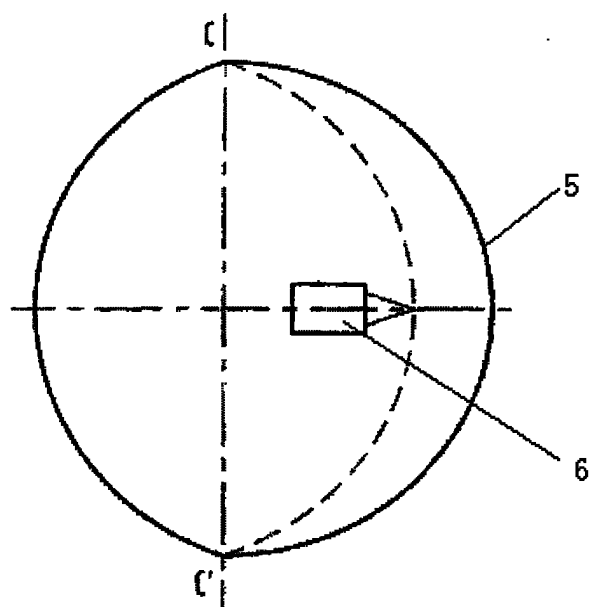


图 1(b)

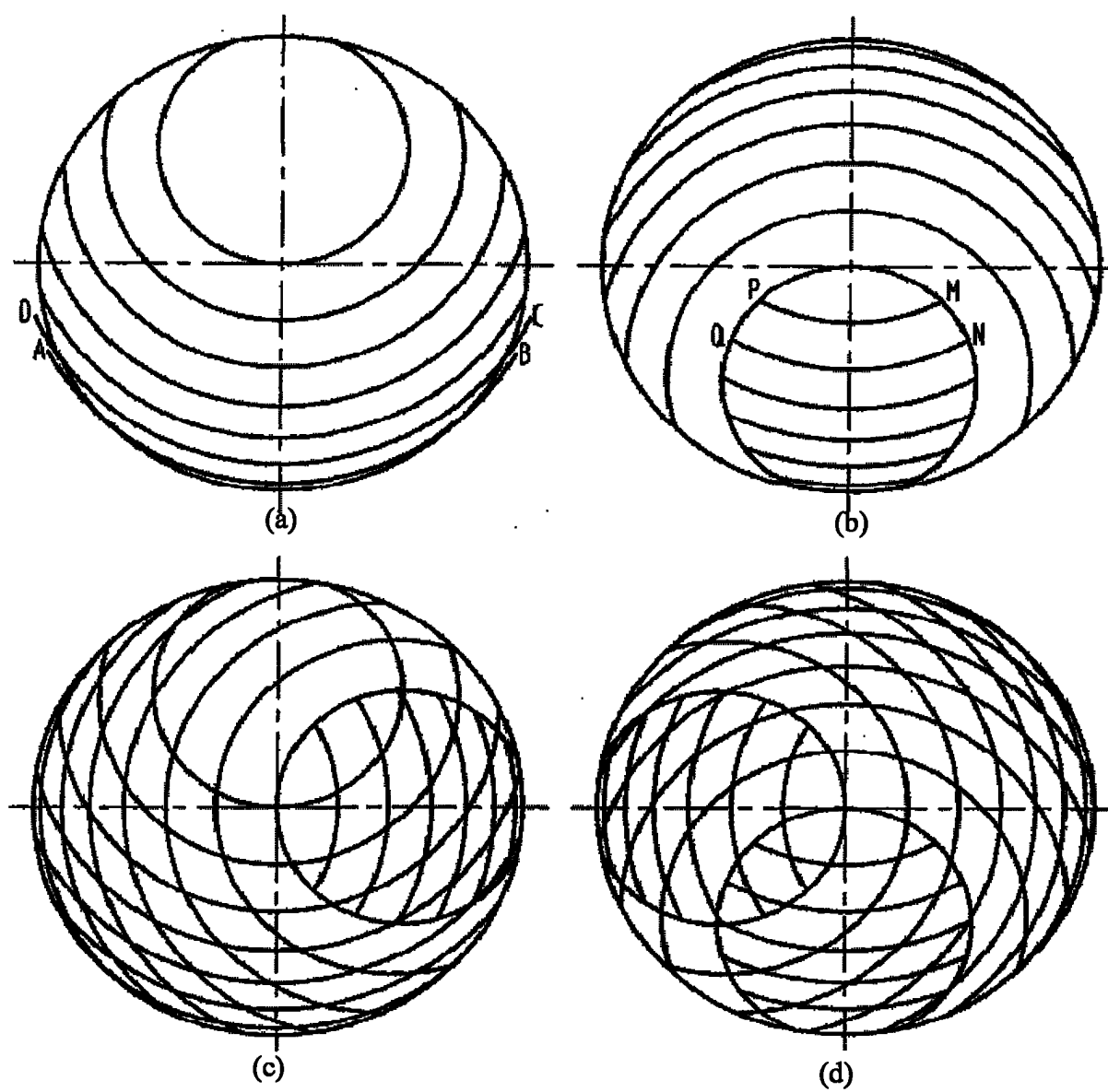


图 2

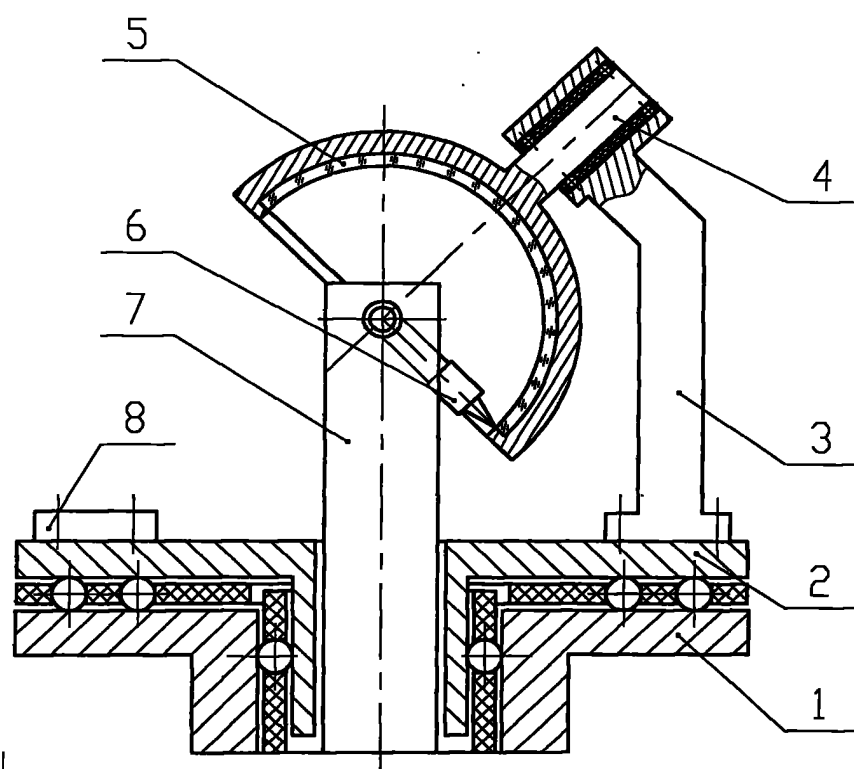


图 3

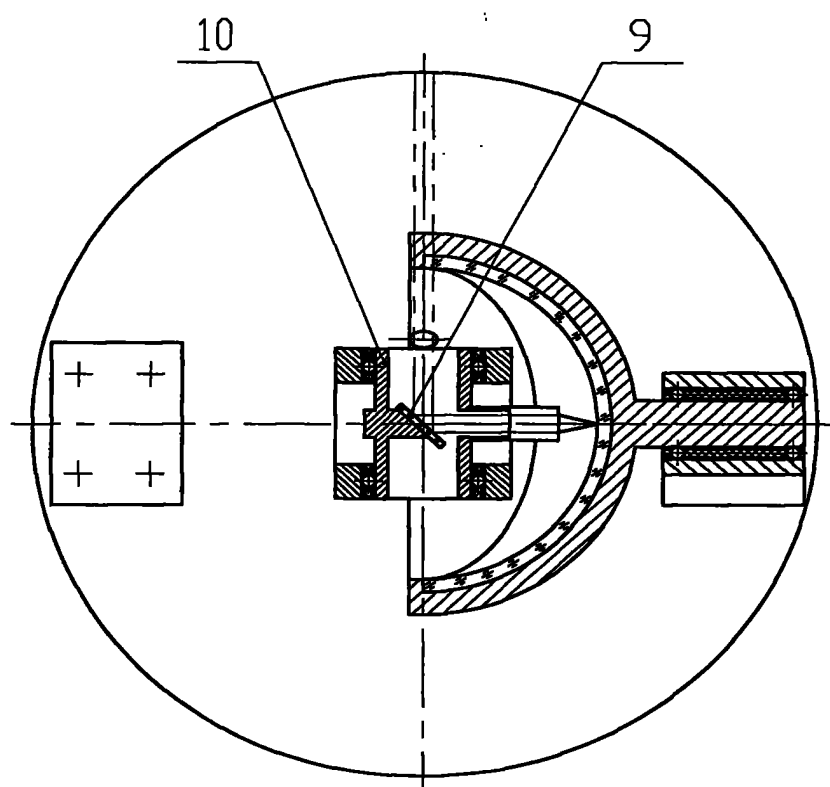


图 4

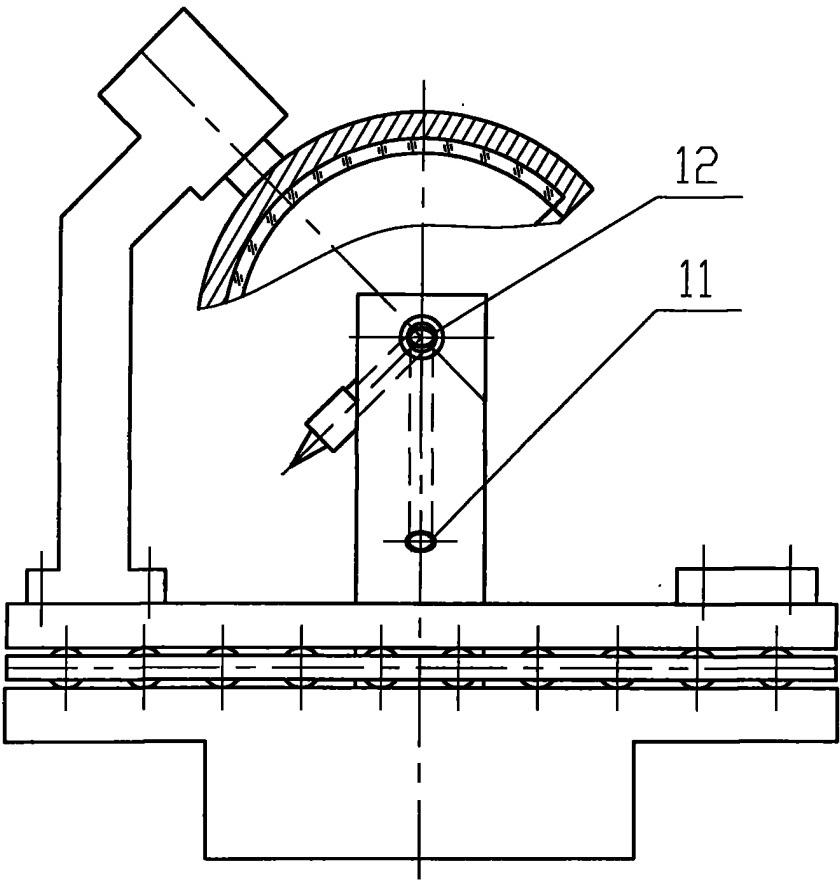


图 5