

## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102162900 A

(43) 申请公布日 2011. 08. 24

(21) 申请号 201110129356. 1

G03F 7/20 (2006. 01)

(22) 申请日 2011. 05. 18

(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 王平 田伟 王汝冬 王立朋  
隋永新 杨怀江

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务  
所 22210

代理人 李晓莉

(51) Int. Cl.

G02B 7/182 (2006. 01)

G02B 7/00 (2006. 01)

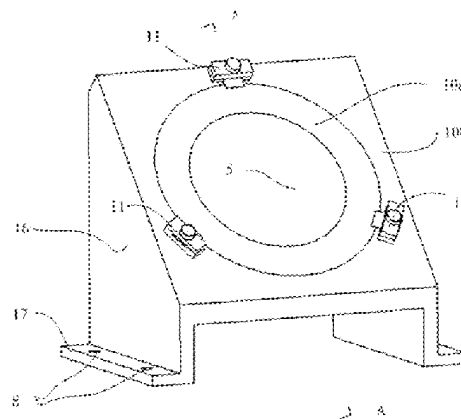
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 10 页

(54) 发明名称

反射镜高精度装夹装置

(57) 摘要

本发明是反射镜高精度装夹装置,属于超高精度光学元件检测设备中光学元件的夹持装置领域,解决了超高精度干涉仪系统反射镜装夹问题。该装置主要包括有固定支架、镜框内环、镜框外环、定位支撑结构、压紧结构,所述的镜框内环和镜框外环组成镜框,并将反射镜固定在镜框中,直接与镜框内环接触,镜框内环通过定位支撑结构和压紧结构固定在镜框外环上,定位支撑结构和压紧结构成 120 度均匀分布,镜框外环在固定支架上,固定支架通过对称布置的底板上的定位孔固定。本发明广泛应用于超高精度光学元件检测设备中反射镜和透镜光学元件的夹持,解决了重力变形对装置精确度的影响,且克服现有技术中夹持装置过约束的问题。



1. 反射镜高精度装夹装置,其特征是:包括有固定支架(16)、镜框内环(10a)、镜框外环(10b)、定位支撑结构(20)、压紧结构(11)、底板(17);

所述的镜框内环(10a)和镜框外环(10b)组成镜框,并将反射镜(5)固定在镜框中,且反射镜(5)直接与镜框内环(10a)接触;

所述的镜框外环(10b)安装在固定支架(16)上,固定支架(16)通过底板(17)上的定位孔(8)固定安装;

所述的镜框内环(10a)通过定位支撑结构(20)和与之相对应的压紧结构(11)固定在镜框外环(10b)上;

所述的定位支撑结构(20)安装在镜框外环(10b)上,并沿镜框外环(10b)的圆周成120度角均匀分布,与之相对应的压紧结构(11)同时安装在镜框外环(10b)上,并沿镜框外环(10b)的圆周成120度角均匀分布。

2. 根据权利要求1所述的反射镜高精度装夹装置,其特征是:所述的定位支撑结构(20)和与之相对应的压紧结构(11)为偏心布置。

3. 根据权利要求1所述的反射镜高精度装夹装置,其特征是:所述镜框内环(10a)的下表面(19)上布置了三个定位凹槽,分别为三角形凹槽(18a)、矩形凹槽(18b)、球形凹槽(18c)。

4. 根据权利要求1或3所述的反射镜高精度装夹装置,其特征是:所述的定位支撑结构(20)分别与所述的三角形凹槽(18a)、矩形凹槽(18b)、球形凹槽(18c)配合装配。

5. 根据权利要求1所述的反射镜高精度装夹装置,其特征是:所述的压紧结构(11)包括:紧固螺钉(12)、上垫块(13)、下垫块(14)、弹性压片(15);压紧结构(11)通过紧固螺钉(12)固定在镜框外环(10b)上;所述的上垫块(13)和下垫块(14)之间是成斜面形,上垫块(13)和下垫块(14)之间形成一个凹槽,弹性压片(15)置于该凹槽内。

6. 根据权利要求5所述的反射镜高精度装夹装置,其特征是:所述的弹性压片(15)包括:压紧端(26)、固定端(27)、凸台(28)、连杆(29)、通孔(31)、矩形槽(32);压紧端(26)向下弯曲,固定端(27)向上弯曲呈拱形,且压紧端(26)和固定端(27)通过两个连杆(29)连接在一起;所述的凸台(28)位于压紧端(26)的末端接触镜框内环(10a),且凸台(28)的接触面是平面;所述的固定端(27)上设有通孔(31)、两个矩形槽(32)。

## 反射镜高精度装夹装置

### 技术领域

[0001] 本发明属于超高精度光学元件检测设备,具体说是对光学元件面形要求非常高的超精密光学设备中反射镜或透镜等光学元件的夹持装置。

### 背景技术

[0002] 通常使用超高精度的干涉仪来检测光学元件的面形,要实现如此之高的检测精度也对干涉仪自身的精度提出了很高的要求。对于大口径光学元件来讲,其重力变形在高精度应用中变得尤为重要,如何补偿重力变形对光学元件面形的影响就成为能否实现高精度检测的重要因素。

[0003] 光刻设备是电子行业的集成电路生产设备的核心,其通过一个物镜系统来实现纳米级线宽的光刻加工,为了实现如此高的精度,其自身的光学元件的面形要求需要达到  $1 \sim 2\text{nm}$ 。

[0004] 现在的光刻设备制造商通常使用超高精度的菲索干涉仪来检测光刻镜头中的光学元件。在设计超高精度干涉仪时,如何保证光学元件的面形精度是非常重要的,对于大口径光学元件来讲,如何补偿重力变形则成为保证面形精度的前提。菲索形式的干涉仪为了降低高度,通常会添加一个反射镜来改变光路的方向,这块反射镜与水平成  $45^\circ$ , 因而其口径要远大于光轴上的透镜的口径,并且反射镜对精度的敏感性更高。

[0005] 美国专利(公开号:US 6844994B2;公开日:2005年1月18日)公开了一种补偿光学元件面形的技术。该技术利用压电驱动器,通过闭环反馈控制系统,对光学元件表面施加力和弯矩,来补偿光学元件的面形。但是该技术需要增加反馈控制系统和压电驱动器,结构复杂,并且直接作用在光学元件的表面,不适用于反射镜。

[0006] 美国专利(公开号:US 6239924B1;公开日:2001年5月29日)公开了一种透镜的高精度装夹结构。该结构通过三个挠性支撑来定位光学元件,通过9个弹簧片提供辅助支撑,使重力作用下的变形更加均匀。但是该技术比较适用于透镜的装夹,对于大口径的反射镜来说,其并未能有效地解决重力的影响,该技术中的支撑及压紧结构都是为了使重力变形更加均匀。

### 发明内容

[0007] 本发明的一个目的是提供一种光学元件的装夹装置,它可以将反射镜固定到镜框上,并且不产生过约束,同时可以对重力造成的反射镜面形变化进行补偿,从而保持满意的光学性能。

[0008] 为了解决现有技术存在的不足,本发明提供了以下技术方案。反射镜高精度装夹装置,其特征是:主要包括有固定支架、镜框内环、镜框外环、定位支撑结构、压紧结构;所述的镜框内环和镜框外环组成镜框,并将反射镜固定在镜框中,且反射镜直接与镜框内环接触;所述的镜框外环安装在固定支架上,固定支架通过定位孔安装在对称布置的底板上;所述的镜框内环通过定位支撑结构和与之相对应的压紧结构固定在镜框外环上;所述的定

位支撑结构安装在镜框外环上,并成 120 度均匀分布,与之相对应的压紧结构同时安装在镜框外环上,并成 120 度均匀分布。

[0009] 所述的定位支撑结构和与之相对应的压紧结构为偏心布置。所述镜框内环的下表面上布置了三个定位凹槽,分别为三角形凹槽、矩形凹槽、球形凹槽。所述的定位支撑结构分别与所述的三角形凹槽、矩形凹槽、球形凹槽配合装配。

[0010] 所述的压紧结构包括:紧固螺钉、上垫块、下垫块、弹性压片;压紧结构通过紧固螺钉固定在镜框外环上;所述的上垫块和下垫块之间是成斜面形,上垫块和下垫块之间存在一个凹槽,用于放置弹性压片。所述的弹性压片包括:压紧端、固定端、凸台、连杆、通孔、矩形槽;压紧端向下弯曲,固定端向上弯曲呈拱形,且压紧端和固定端通过两个连杆连接在一起;所述的凸台位于压紧端的末端接触镜框内环,且凸台的接触面是平面;所述的固定端上设有通孔、两个矩形槽。

[0011] 有益效果:本发明广泛应用于超高精度光学元件检测设备中反射镜和透镜光学元件的夹持。有效地解决了重力变形对装置精确度的影响,且克服现有技术中夹持装置过约束的问题。能够严格保证反射镜的纳米级面形精度。特别是对利用菲索干涉仪检测超高精度光学元件面型的准确度给予了充分的保障。

#### 附图说明

[0012] 下面结合附图说明及具体实施方式对本发明做进一步说明。

[0013] 图 1 为现有技术中的菲索干涉仪结构示意图。

[0014] 图 2 为本发明的菲索干涉仪中反射镜装夹结构示意图。

[0015] 图 3 为图 2 的 A-A 向的全剖视图。

[0016] 图 4 为本发明的装夹结构内环仰视图。

[0017] 图 5 为本发明的菲索干涉仪中装夹结构去除内环以后的结构示意图。

[0018] 图 6 为本发明的支撑结构与外环之间构成动力学支撑的结构示意图。

[0019] 图 7 为本发明的压紧结构中弹性压片的结构示意图。

[0020] 图 8 为压紧结构中弹性压片在图 7 中 C 向和 D 向的结构示意图。

[0021] 图 9 为本发明的补偿重力变形作用原理示意图。

[0022] 图 10 为本发明描述装夹流程示意图。

[0023] 图 11 为本发明的菲索干涉仪中反射镜装夹结构示意图。

[0024] 图 12 为图 11 的 E-E 向的全剖视图。

[0025] 图 13 为本发明弹性支撑结构的示意图。

[0026] 图 14 为图 13 的 B-B 向的全剖视图。

[0027] 图 15 为本发明第二实例中反射镜装夹结构去除内环以后的结构示意图。

[0028] 图中:1 为光源、2 为折返镜光机结构、3 为 CCD 系统、4 为准直镜组、5 为反射镜、6 为参考镜光机结构、7 为待测件工作台、8 为定位孔、10a 为镜框内环、10b 为镜框外环、11 为压紧结构、12 为紧固螺钉、13 为上垫块、14 为下垫块、15 为弹性压片、16 为固定支架、17 为底板、18a 为三角形凹槽、18b 为矩形凹槽、18c 为球形凹槽、19 为下表面、20 为定位支撑结构、21 为支撑座、22 为紧固螺钉、23 为紧固螺钉、24 为定位面、25 为球形定位面、26 为压紧端、27 为固定端、28 为凸台、29 为两个连杆、31 为通孔、32 为矩形槽、34 为变形曲线甲、35 为变

形曲线乙、36 丙变形曲线丙、112 为弹性支撑结构、122 为支撑座、123 为紧固螺钉、124 为支撑杆、125 为盲孔、126 为弹簧、127 为细杆。

## 具体实施方式

[0029] 实施例 1 :下面通过参考图 1 到 10 来描述本发明的第一实施例。

[0030] A、菲索干涉仪的构成(见附图 1)。在第一实施例中,菲索干涉仪是一种用于高精度面形检测的精密仪器,其光学系统为典型的菲索型干涉光路,利用参考面形成的参考波前来测量待测光学元件的面形精度。

[0031] 对于光刻机物镜等超高精度仪器,重力变形对其元件性能的影响是非常大的,尤其是当光学元件的光轴非垂直于重力作用的情况下。对此,检测光刻机物镜中光学元件面形时要求光学元件光轴垂直。而一般干涉仪设计时都会设计成水平结构,这样更有利于提高结构性能、便于使用。为此,本发明中的干涉仪需要在检测光路中添加一块反射镜 5,将水平光线转换成垂直光线。

[0032] 图 1 示意性地描述了菲索干涉仪的构形,该设备包括光源 1、折返镜光机结构 2、CCD 系统 3、准直镜组 4、反射镜 5、参考镜光机结构 6、待测件工作台 7。激光光源 1 发出的光线经过准直镜组 4 以后变成平行光,平行光经过反射镜 5 反射以后,变成光轴垂直的光线,然后光线通过参考面形成参考波前(用于检测的标准波前),参考波前由待测元件表面反射形成检测波前,检测波前与参考波前发生干涉,干涉条纹经 CCD 系统 3 采集,经过处理以后就可以获得待测元件表面的面形情况。反射镜 5 光机结构的作用是提供高精度的装夹和定位,以保证反射镜能够将光源射过来的光线高精度地投射在参考面上。一般反射镜的精度对光学系统的影响较同轴类元件更敏感,其对光机结构的精度提出了更高的要求。

[0033] B、反射镜装夹结构的构成(见附图 2、附图 3)。图 2 是用来描述本发明第一实施例的干涉仪中反射镜的装夹结构简图。反射镜 5 固定在镜框中,镜框由镜框内环 10a 和镜框外环 10b 组成。反射镜 5 直接与镜框内环 10a 接触,镜框内环 10a 通过定位支撑结构 20(图 5、图 6)和压紧结构 11 固定在镜框外环 10b 上。定位支撑结构 20 和压紧结构 11 成 120 度均匀分布,为典型的动力学支撑结构。反射镜 5 通过一个固定支架 16 来保证与干涉仪中其他元件的位置,镜框外环 10b 设计在固定支架 16 上。固定支架 16 通过对称布置的底板 17 上的定位孔 8 进行固定。

[0034] 图 3 是用来描述图 2 内部结构的一个全剖视图。定位支撑结构 20 安装在镜框内环 10a 表面的三角形凹槽 18a、矩形凹槽 18b、球形凹槽 18c 上,直接与镜框内环 10a 接触。压紧结构 11 包括:紧固螺钉 12、上垫块 13、下垫块 14、弹性压片 15,弹性压片 15 与每个定位支撑结构之间是偏心布置的。这种偏心结构在弹性压片 15 的压紧力作用下,会对镜框内环 10a 产生一个弯矩作用,并通过镜框内环 10a 与反射镜 5 的接触,将弯矩传递到反射镜上。由于此时弯矩作用与重力作用方向相反,因而可以起到补偿重力变形的作用。弹性压片在压紧结构中是倾斜放置的,这样做更有利于压紧力的施加。

[0035] C、定位支撑结构的构成(见附图 4、附图 5、附图 6)。图 4 是装夹结构内环的一个仰视图。在镜框内环 10a 的下表面 19 上布置了三个用于定位的凹槽,分别为三角形凹槽 18a、矩形凹槽 18b、球形凹槽 18c。这三个凹槽经过工艺处理以后具有很高的硬度,可以在接触定位时具有很高的稳定性。矩形凹槽 18b 可以提供 1 一个自由度的约束,三角形凹槽

18a 可以提供 2 个自由度的约束,球形凹槽 18c 可以提供 3 个自由度的约束。通过这三个凹槽与三个定位支撑结构 20 的配合,就可以实现对镜框内环 10a 的动力学约束。

[0036] 图 5 是去除了镜框内环 10a 以后的装夹结构图,可以看出每个定位支撑结构与每个压紧结构均匀布置,并呈偏心分布。

[0037] 图 6 是描述定位支撑结构的一个全剖视图。每个定位支撑结构包括:支撑座 21、紧固螺钉 22、紧固螺钉 23。支撑座 21 通过定位面 24 定位在镜框外环 10b 上,通过紧固螺钉 22、23 进行固定。支撑座 21 上的球形定位面 25 与镜框内环 10a 上的凹槽相互配合,球形定位面也是经过特殊处理的,其硬度很高。在压紧力的作用下,球形接触表面可以相互转动,避免过约束的产生。由于需要通过定位支撑结构来定位内环 10a,所以对定位支撑结构的定位精度是有要求的,特别是要保证其轴向、倾斜、俯仰的精度。这三种定位精度可以通过在装配时,修磨支撑座 21 的定位面 24 来获得。

[0038] D、压紧结构的构成(见附图 2、附图 7、附图 8)。图 2 中,压紧结构 11 包括:紧固螺钉 12、上垫块 13、下垫块 14、弹性压片 15。上垫块 13 和下垫块 14 之间被设计成斜面的形式,这样的结构有利于压紧力的施加。上垫块 13 和下垫块 14 之间存在一个凹槽,用于放置弹性压片 15。压紧时,通过紧固螺钉 12 将压紧结构固定在镜框外环 10b 上,同时调节紧固螺钉可以起到调节压紧力的作用。

[0039] 图 7 和图 8 描述了弹性压片 15 的结构示意图。本发明中的弹性压片 15 被设计成了特殊的形式。从图 8 中可以看出,其整体结构是一个拱形,压紧端 26 向下弯曲,固定端 27 向上弯曲,压紧端 26 和固定端 27 通过两个连杆 29 连接在一起。压紧端 26 的末端是一个凸台 28,负责与镜框内环 10a 接触,将压紧力传递到镜框内环 10a 上。凸台 28 的接触面被设计成平面,这样做可以改善压紧力的作用,避免应力过于集中。固定端 27 上的通孔 31,用于紧固螺钉 12(图 2)通过。固定端 27 上的两个矩形槽 32 用于降低固定端 27 的刚度。紧固螺钉旋紧时,固定端 27 在矩形槽 32 中被压平,由此会增加弹性压片的整体刚度,能够更好地将压紧力传递到压紧端 26。作为一个整体,弹性压片 15 的刚度应该实现精确设计好,因为这里要求弹性压片在具有足够的刚度的情况下,还必须具有一定程度挠性。具有挠性的弹性压片可以有效地解决温度变化时热应力的产生。

[0040] 第一实施例采用的是动力学支撑形式,三点支撑形式在镜子表面会产生三阶 Zernike 面形误差,其变形方向与重力变形方向是相反的,因而相互叠加作用就会对面形进行补偿。镜框内环 10a 中的定位支撑结构 20 应该设计成相对刚度很大的结构,这样就可以将压紧结构 11 所施加的作用进行缓解。

[0041] E、装夹流程(见附图 9、附图 10)。图 9 为本发明所应用的补偿重力原理的示意图,图中曲线为通过光学元件中心的剖面的变形量。光轴垂直放置的光学元件在重力作用下,会产生沿重力作用方向的表面变形,其变形量是关于光轴旋转对称的,这种变形量的影响可以通过调节给以一定程度的消除。但是干涉仪中的反射镜的光轴与水平成 45 度角,重力作用下的变形为非旋转对称的高次曲面,很难通过调节其他元件的位置对其进行补偿。

[0042] 干涉仪中的反射镜为平面镜,这里在考虑其重力变形时,我们只需研究其反射面法向的变形情况。提取重力作用下的反射镜表面变形的法向变形量,得到曲线丙 36,可见,法向变形量为对称分布的高次曲线。如果在反射镜上施加一个作用方向与重力相反的弯矩,就会在反射面上形成一个沿着法向向上弯曲的变形曲线甲 34。两个变形曲线 34、36 相

互叠加就是实际上反射镜表面的变形量曲线乙 35,可以看出变形量减少了很多。通过分析可以得出,同过不断地调节施加在反射镜上的弯矩,就可以获得接近理想的反射面。

[0043] 图 10 是描述装夹流程的示意图。为了实现纳米级别的面形误差的镜子装夹,机械结构的精度要求非常之高,往往超过了现有的加工和装配的精度能力。为了解决机械结构的精度限制,本发明提供了一种反射镜的装夹流程,按照此流程以及本发明所提供的反射镜装夹结构,可以有效地实现高精度的反射镜的装夹,并可以有效地补偿重力作用产生的变形。具体的装夹流程为:

[0044] 1、根据公式  $F = ma_g/3$  (其中:F 为压紧力,m 为元件质量, $a_g$  为加速度),计算每个压紧结构 11 需要提供的压紧力 F;

[0045] 2、按照上述计算的压紧力初步压紧;

[0046] 3、测量压紧后反射镜 5 的面形;

[0047] 4、分析对比测量结果与理想面形之间的差异;

[0048] 5、修改压紧结构 11 的作用力,重新夹紧;

[0049] 6、重复 3、4、5,直至获得满意的面形精度。

[0050] 实施例 2:下面通过参考图 11 到 15 来描述本发明的第二实施例。

[0051] A、反射镜装夹结构的构成(见附图 11、附图 12)。本发明第一实施例中采用三点支撑形式,在重力作用下会产生三阶 Zernike 面形误差,由于阶次较低,对重力变形的补偿效果相对粗糙。针对这个问题,本发明的第二实施例对此进行了相应的设计。

[0052] 图 11 是用来描述本发明第二实例的干涉仪中反射镜装夹结构简图。压紧结构 11 和定位支撑结构 20 和弹性支撑结构 112 成 30 度均匀分布,为多点支撑形式,这种分布的支撑结构会使反射镜表面产生变形更加均匀,如果选择合适的压紧力,该结构对重力变形的补偿效果更好。

[0053] 图 12 描述的是图 11 的一个剖视图。通常多点支撑会带来一个过约束的问题,尤其是在高精度的镜子夹持时。本发明的第二实施例对此设计了一种弹性支撑结构 112,可以在提供足够的支撑力的情况下,不会引入过约束。第二实施例中添加了弹性支撑结构 112,其支撑点与定位支撑的支撑点处于同一分布圆周上,与压紧结构 11 为偏心布置。

[0054] B、弹性支撑结构 112 的构成(附图 13、附图 14)。图 13 和图 14 是用来描述弹性支撑结构 112 的示意图。弹性支撑结构 112 包括:支撑座 122、紧固螺钉 123、支撑杆 124、弹簧 126。支撑座 122 的下表面与镜框外环 10b 接触,用于定位,通过紧固螺钉 123 固定。支撑座 122 上设计有一个盲孔 125,用于放置支撑杆 124 和弹簧 126。支撑杆 124 的顶端设计有一个凹槽,弹簧 126 就是装配在这个凹槽中。支撑杆 124 顶端的外径与支撑座 122 的盲孔 125 之间存在一定的间隙,以便弹性支撑结构 112 与镜框内环 10a 接触时可以产生一定的转动。装配时,首先将弹簧 126 套在支撑杆 124 下部的细杆 127 上,然后将支撑杆 124 装入支撑座 122 的盲孔 125 内。弹簧 126 的长度以及弹性常数都必须实现经过精确计算获得。

[0055] 图 15 描述的是装配在镜框外环 10b 上的结构。夹紧机构和支撑结构相互配合,提供多点支撑。



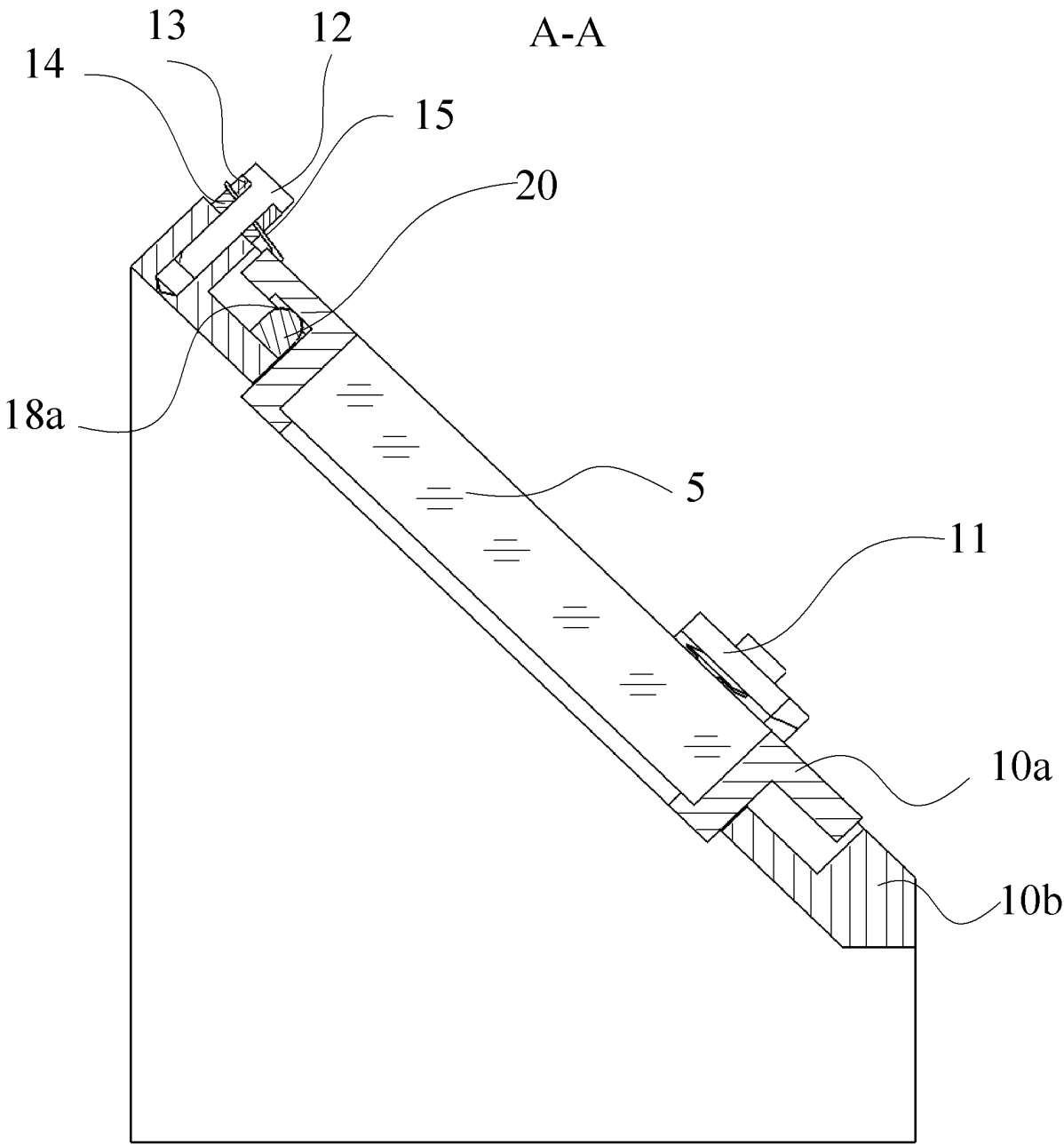


图 3

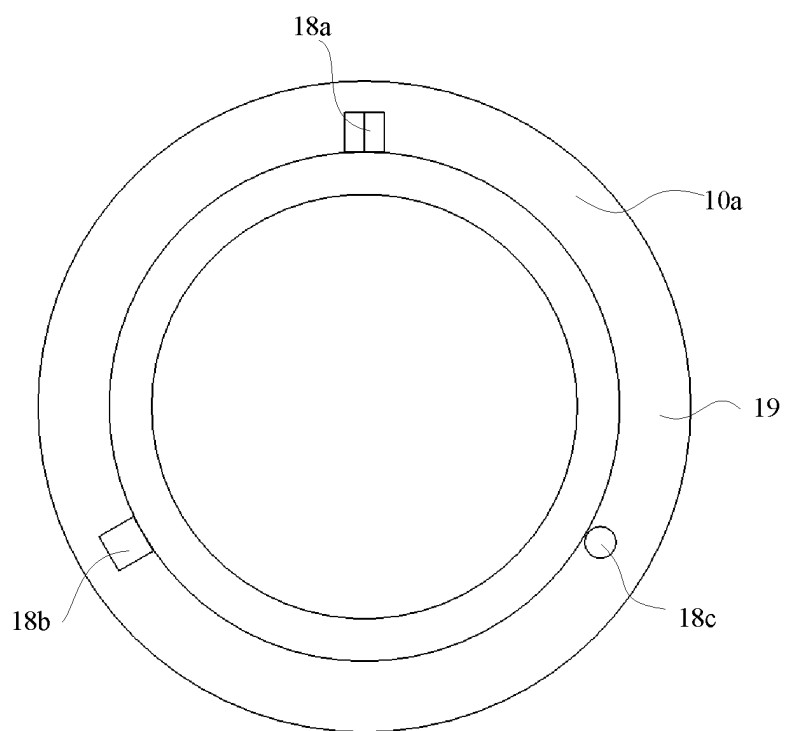


图 4

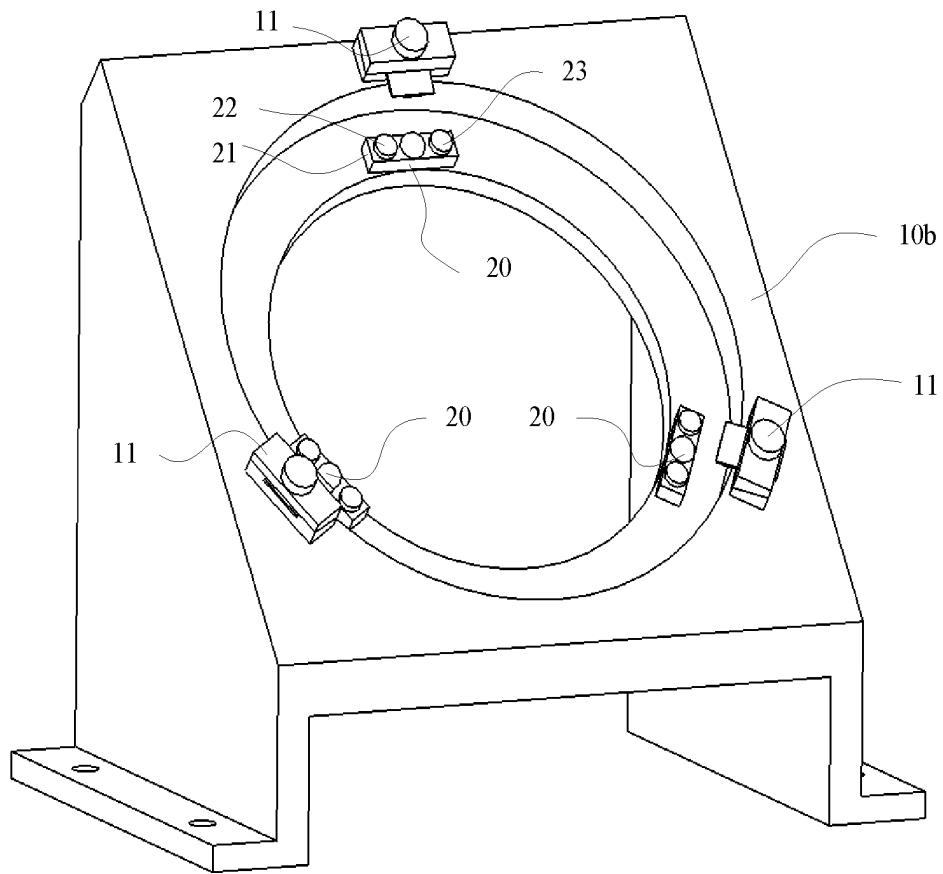


图 5

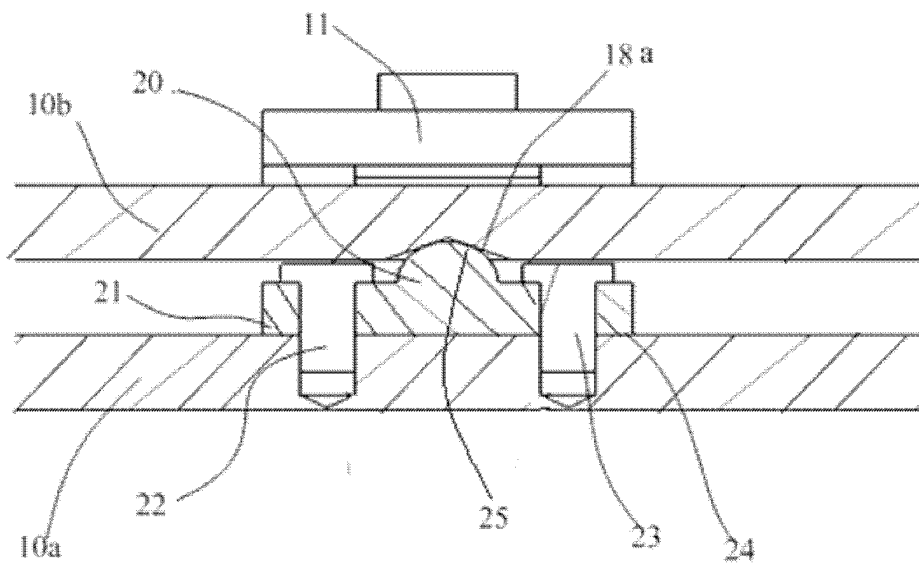


图 6

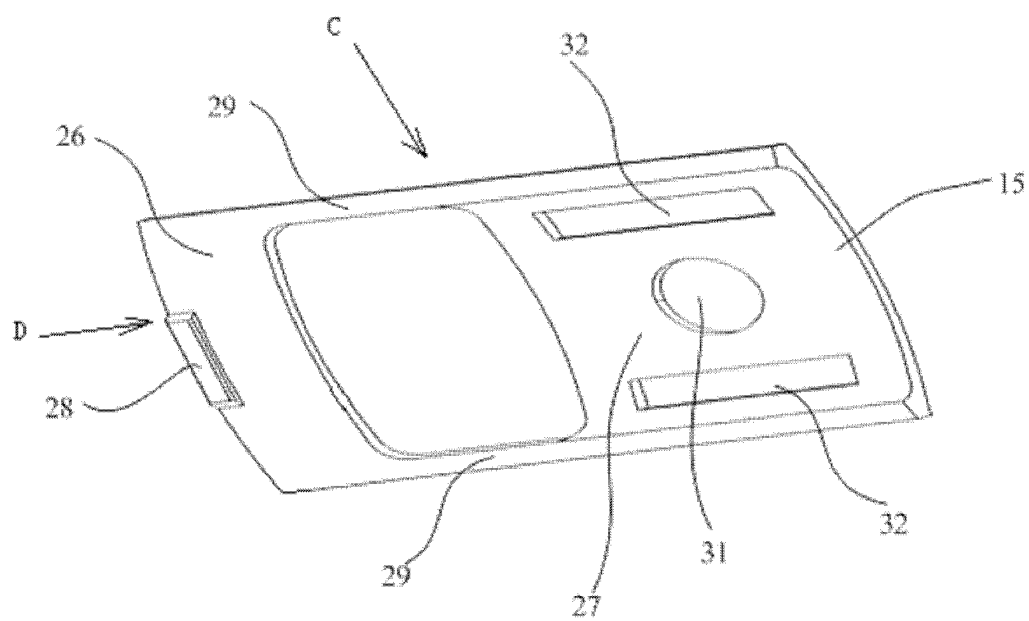


图 7

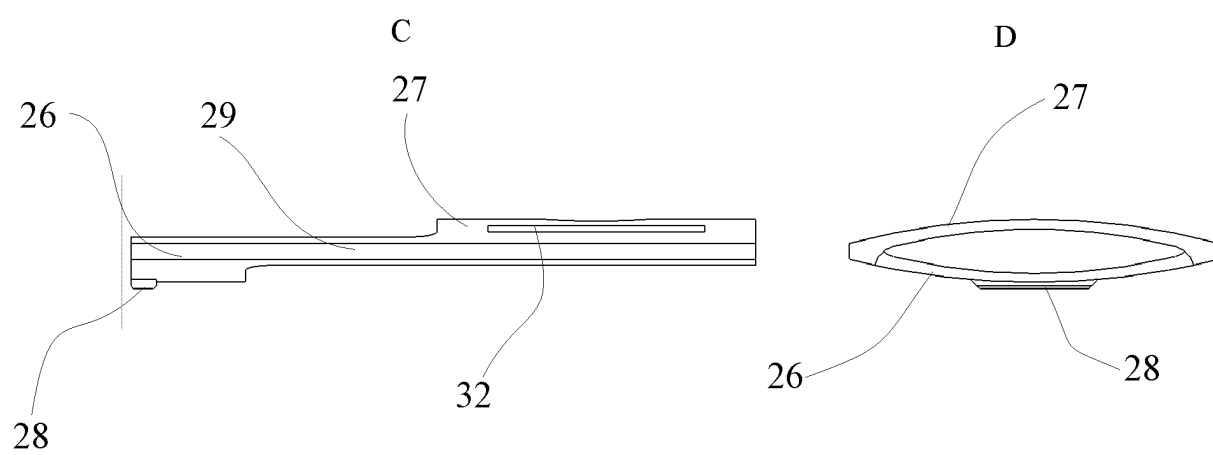


图 8

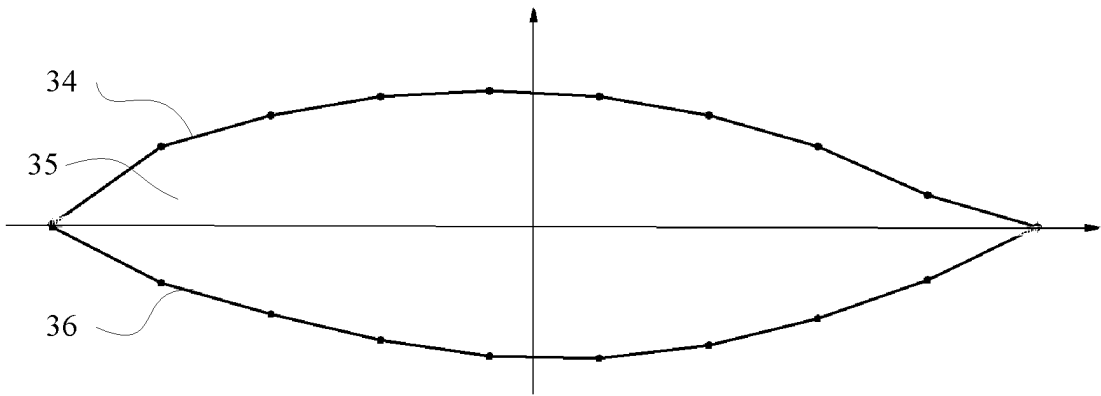


图 9

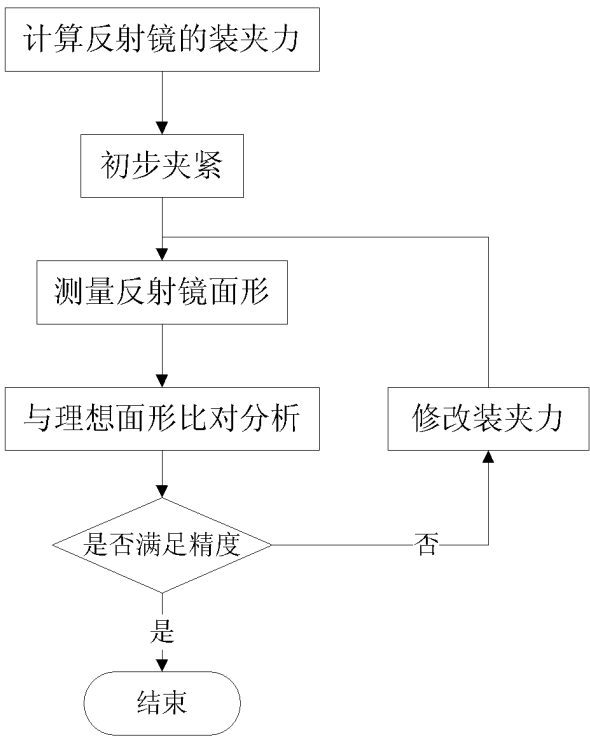


图 10

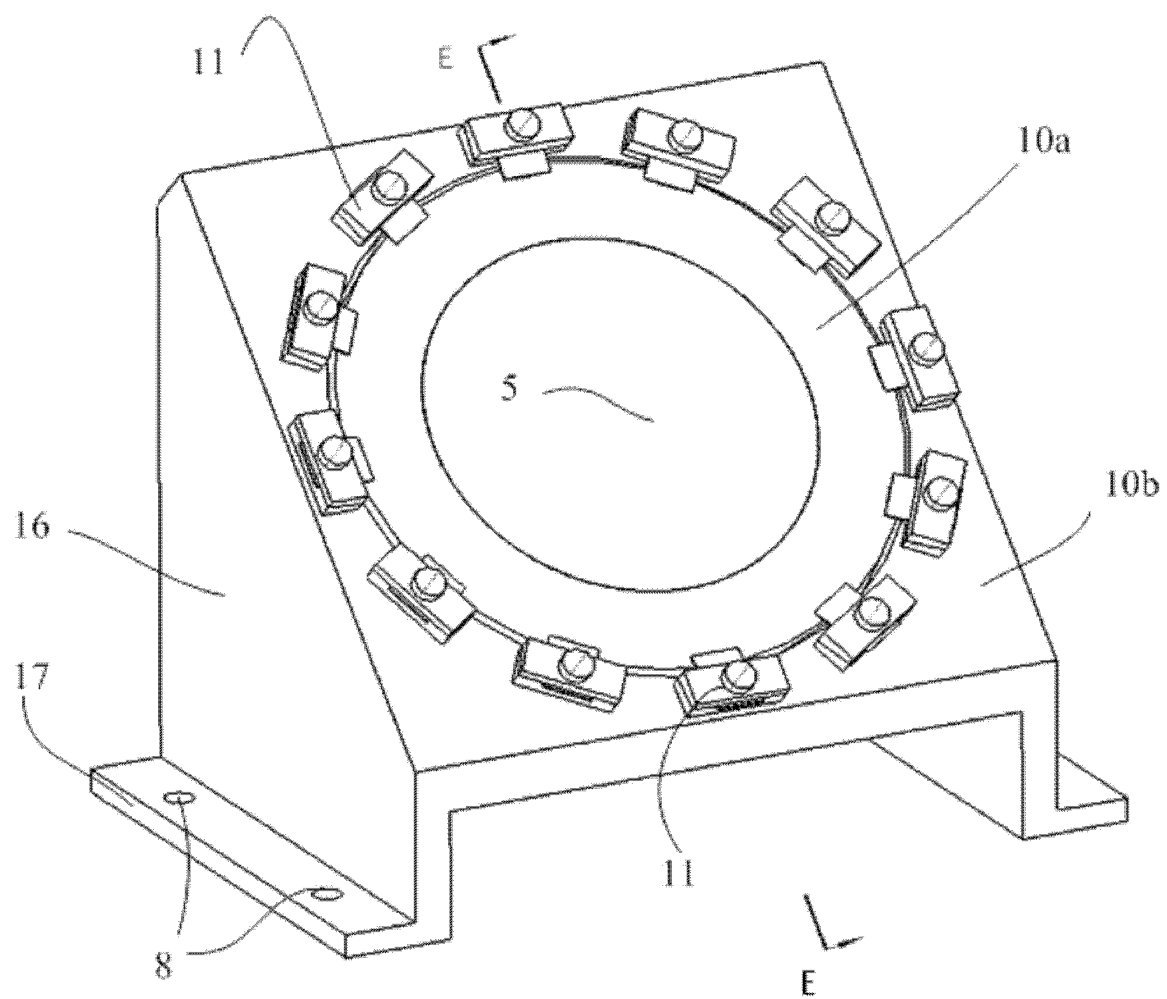


图 11

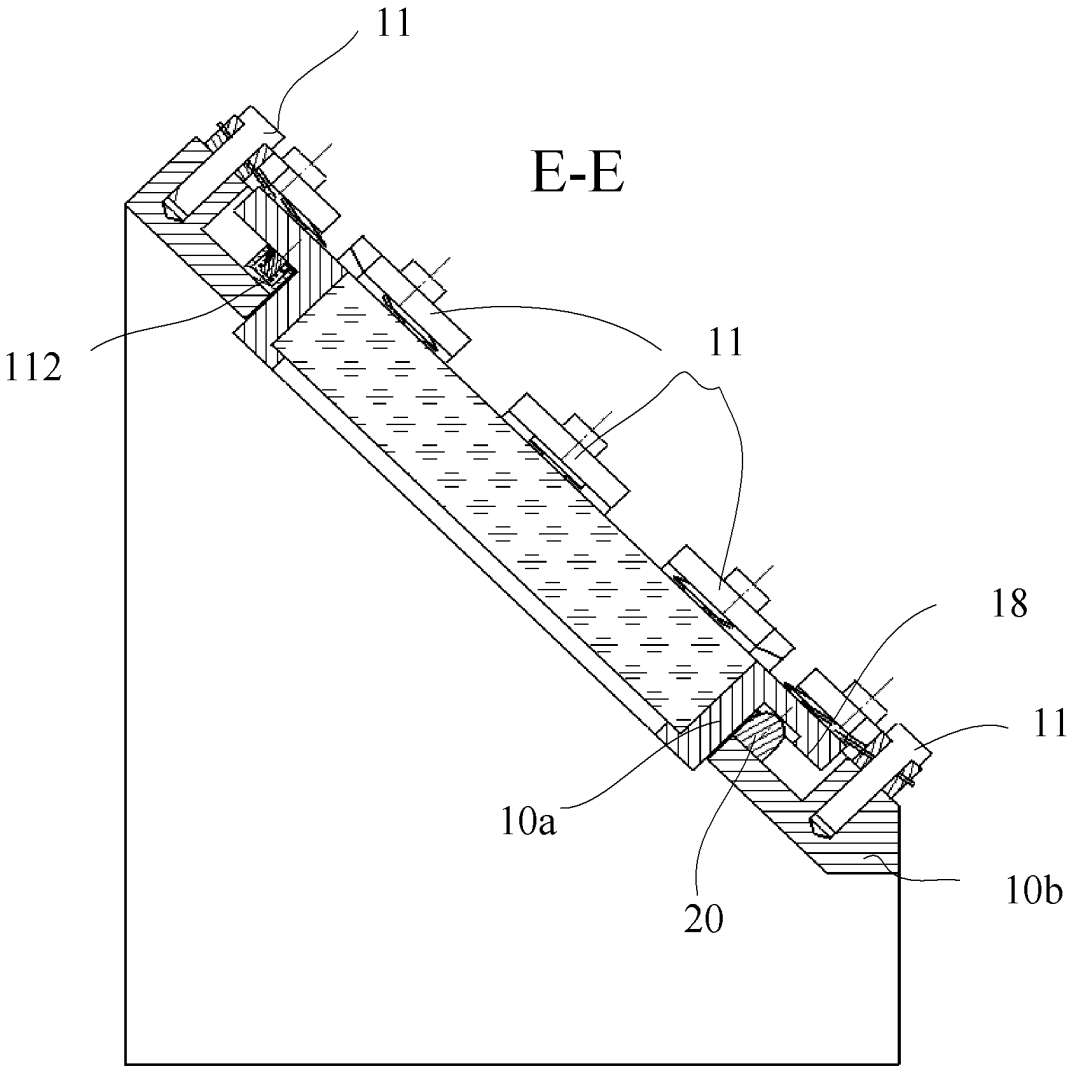


图 12

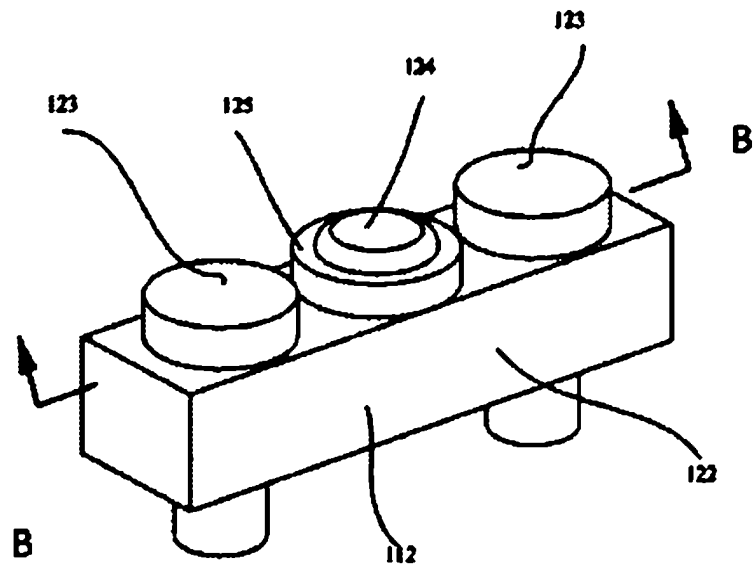


图 13

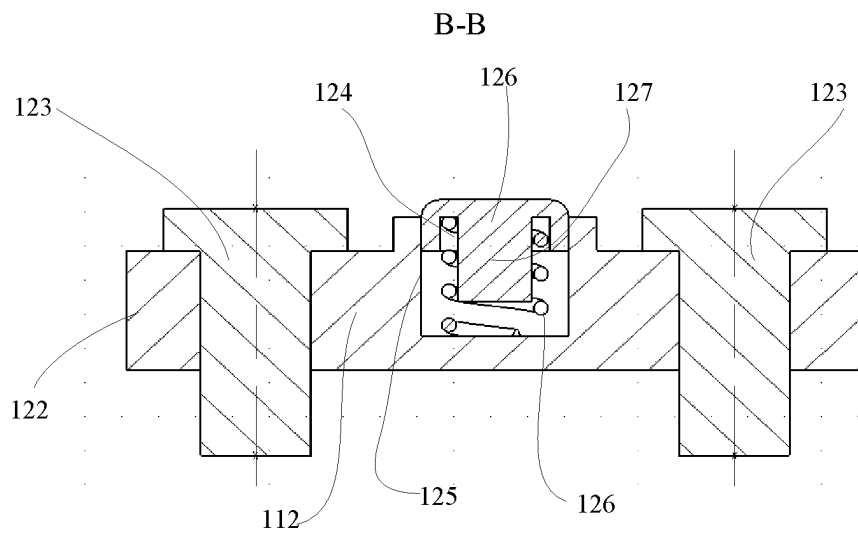


图 14

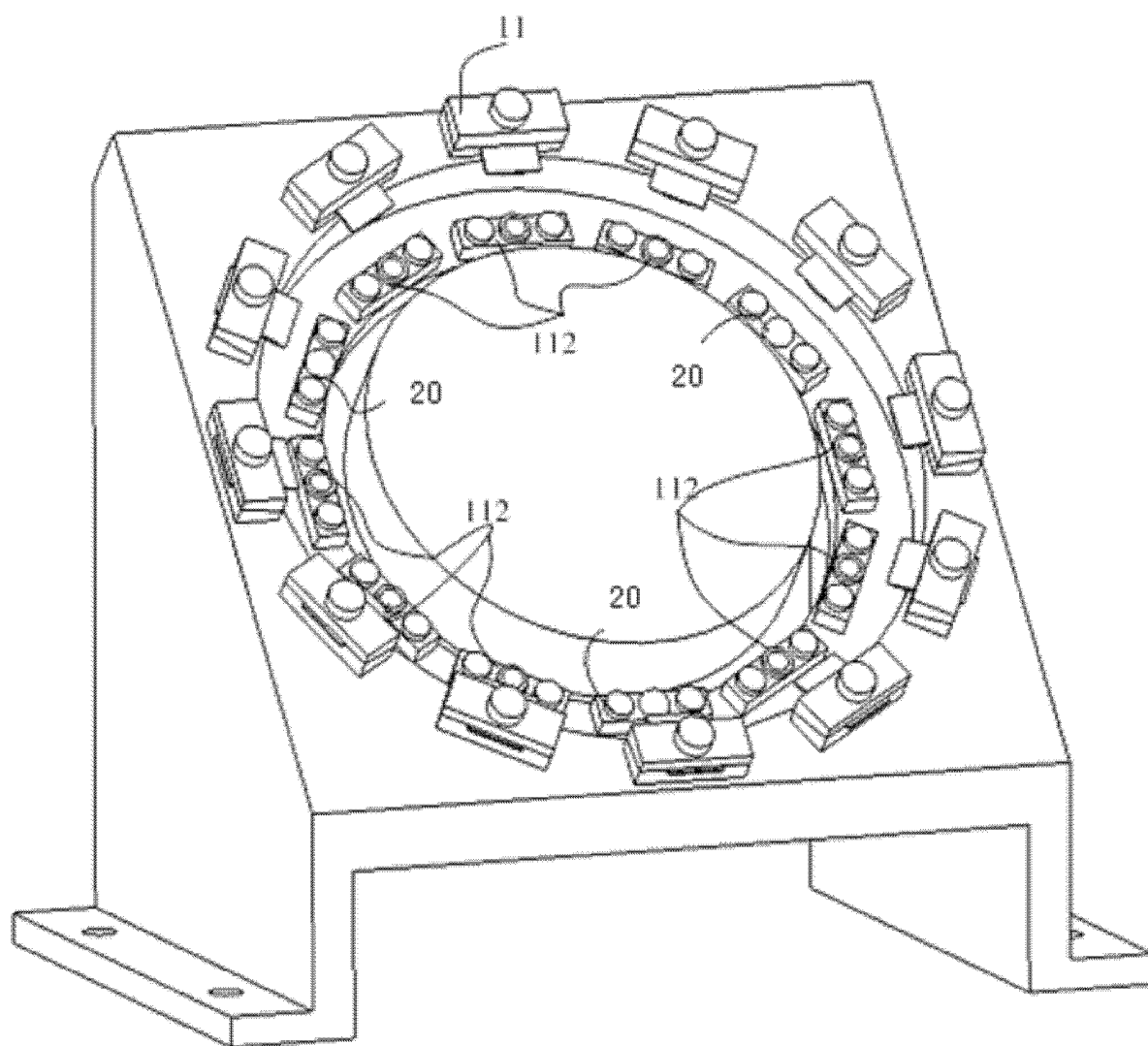


图 15