



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101907833 A

(43) 申请公布日 2010. 12. 08

(21) 申请号 201010243111. 7

(22) 申请日 2010. 08. 03

(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 赵磊 巩岩 张巍 倪明阳
王学亮 袁文全

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 陶尊新

(51) Int. Cl.

G03F 7/20 (2006. 01)

G02B 7/02 (2006. 01)

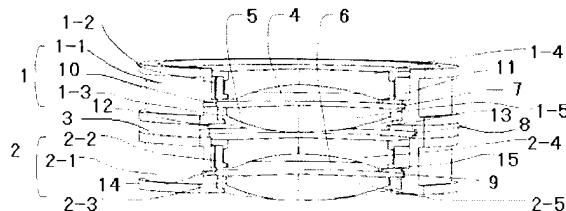
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 3 页

(54) 发明名称

投影物镜系统中光学元件重力变形气压差补偿装置及方法

(57) 摘要

投影物镜系统中光学元件重力变形气压差补偿装置及方法，涉及一种光学元件重力补偿的装置及方法，它解决了现有光学元件重力补偿装置安装调试困难，制造成本高，无法实现光学元件的中心区域补偿等问题，它包括第一镜简单单元组件、第二镜简单单元组件、隔圈、第一气体压力传感器、第二气体压力传感器和第三气体压力传感器；所述第一镜简单单元组件与第二镜简单单元组件之间设置隔圈；其方法为：气体压力传感器测量密封腔内的气压，将信号经数据采集卡输入到主控制器；主控制器调整供气管道和排气管道工作状态，进而实现光学元件的重力补偿。本发明适用于深紫外投影光刻物镜系统的光学元件重力补偿。



1. 投影物镜系统中光学元件重力变形气压差补偿装置,其特征是,它包括第一镜简单元组件(1)、第二镜简单元组件(2)、隔圈(3)、第一气体压力传感器(7)、第二气体压力传感器(8)和第三气体压力传感器(9);所述第一镜简单元组件(1)与第二镜简单元组件(2)之间设置隔圈(3);

所述第一镜简单元组件(1)包括第一镜简单元(1-1)、第一镜框单元(1-2)、第二镜框单元(1-3)、第一光学元件(1-4)和第二光学元件(1-5);所述第一镜简单元(1-1)为环形结构;第一镜框单元(1-2)和第二镜框单元(1-3)依次安装在第一镜简单元(1-1)内;所述第一光学元件(1-4)和第二光学元件(1-5)分别设置在第一镜框单元(1-2)和第二镜框单元(1-3)内;

第二镜简单元组件(2)包括第二镜简单元(2-1)、第三镜框单元(2-2)、第四镜框单元(2-3)、第三光学元件(2-4)和第四光学元件(2-5);所述第三镜框单元(2-2)和第四镜框单元(2-3)依次安装在第二镜简单元(2-1)内;第三光学元件(2-4)和第四光学元件(2-5)分别设置在第三镜框单元(2-2)和第四镜框单元(2-3)内;

所述第一光学元件(1-4)和第二光学元件(1-5)之间形成第一密封腔(4);所述第一密封腔(4)内设置第一气体压力传感器(7);第二光学元件(1-5)与第三光学元件(2-4)之间形成第二密封腔(5);第三光学元件(2-4)与第四光学元件(2-5)之间形成第三密封腔(6);所述第三密封腔(6)内设置第三气体压力传感器(9);所述第二光学元件(1-5)与第三光学元件(2-4)之间形成的第二密封腔(5)由隔圈(3)形成;所述隔圈(3)上设置第二气体压力传感器(8);

所述第一密封腔(4)的右侧设置第一进气管道(10),第一密封腔的左侧设置第一排气管道(11);所述第二密封腔(5)的右侧设置第二进气管道(12),第二密封腔的左侧设置第二排气管道(13);所述第三密封腔(6)的右侧设置第三进气管道(14),第三密封腔的左侧设置第三排气管道(15)。

2. 根据权利要求1所述的投影物镜系统中光学元件重力变形气压差补偿装置,其特征在于,所述的每个密封腔内设置气体浓度传感器。

3. 根据权利要求1所述的投影物镜系统中光学元件重力变形气压差补偿装置,其特征在于,所述的每个镜简单元的阶梯环形面边缘分别设置凹槽,所述凹槽中涂有密封剂。

4. 根据权利要求1所述的投影物镜系统中光学元件重力变形气压差补偿装置,其特征在于,所述第一光学元件(1-4)、第二光学元件(1-5)、第三光学元件(2-4)和第四光学元件(2-5)的直径在100mm-300mm之间,所述每个光学元件的重量小于6kg,所述光学元件的材料为熔石英或者氟化钙。

5. 根据权利要求1所述的投影物镜系统中光学元件重力变形气压差补偿装置,其特征在于,所述镜框单元为圆环形,所述镜框单元的内侧均匀设置三个凸台;所述三个凸台上均匀涂有低应力胶。

6. 根据权利要求1所述的投影物镜系统中光学元件重力变形气压差补偿装置,其特征在于,所述镜框单元的材料选用钢36或黄铜C360。

7. 根据权利要求1所述的投影物镜系统中光学元件重力变形气压差补偿装置,其特征在于,所述的镜简单元组件为多个,相邻的镜简单元组件之间设置隔圈;每个镜简单元组件内包括多个镜框组件,每个镜框组件包括一个光学元件。

8. 投影物镜系统中光学元件重力变形气压差补偿的方法,其特征是,该方法的具体步骤为:

步骤一、第一气体压力传感器(7)、第二气体压力传感器(8)和第三气体压力传感器(9)分别测量第一密封腔(4)、第二密封腔(5)和第三密封腔(6)内的气压,将获得三个密封腔内的气压值经数据采集卡输入到主控制器;

步骤二、主控制器根据步骤一获得气压值与预定气压值比较;如果所述的气体压力传感器检测密封腔内的气体压力值未达到或大于预定的气压值,则调整供气管道和排气管道工作状态,返回步骤一;如果所述的每个气体压力传感器检测密封腔内的气体压力值与预定的气体压力值相等,则实现光学元件的重力补偿。

9. 根据权利要求8所述的投影物镜系统中光学元件重力变形气压差补偿的方法,其特征在于,步骤二所述的预定气压值计算方法为:

根据光学元件在物镜系统光轴方向上受力平衡的关系,可得公式:

$$P_2 \cdot \pi (d/2)^2 - P_1 \cdot \pi (d/2)^2 = G + F,$$

式中G为光学元件的重力,d为光学元件直径,P₁和P₂分别为两个密封腔内的气体压强,F为每个镜框单元与对应光学元件间的轴向力;根据设定的F值得到密封腔内的预定气压值P₁与P₂。

投影物镜系统中光学元件重力变形气压差补偿装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种光学元件重力补偿的装置及方法,具体涉及于深紫外投影光刻物镜系统的光学元件重力补偿。

背景技术

[0002] 投影光刻装备是大规模集成电路制造工艺中的关键设备,投影光刻物镜又是投影光刻装置的核心部件,因此保证投影光刻物镜系统的光学性能具有重要意义。

[0003] 近年来,随着集成电路线宽精细程度的不断提高,投影光学装备的分辨率亦逐渐提高,目前波长 193. 368nm 的 ArF 准分子激光器投影光刻装备已成为 90nm、65nm 和 45nm 节点集成电路制造的主流装备。不断提高的光学装备性能,需要其核心部件投影光刻系统具有更高的性能要求,例如需要光学系统具有更高的数值孔径 (NA)、更小的系统波像差等,从而相应地对投影光刻系统的光机结构设计提出了更多的挑战。

[0004] 投影光学系统光机结构设计时,若采用传统的环形支撑方式,由于环形面加工精度受限制,无法预测支撑引起变形的形状和大小,也就无法通过面形补偿的方法改善光学系统的性能。因此光刻装备均采用三点支撑或者运动学支撑的方式,但是不论采用何种支撑均无法避免光学元件自身重力对其面形的影响,例如当采用三点支撑时,虽然可以预测光学元件变形的形状和大小,但由于光学元件上远离三个支撑点的区域会产生较大的位移量,导致光学系统产生三叶像差,将会影响投影光学系统的光学性能。

[0005] 美国专利 US6239924B1,于 2001 年公开了一种运动学主支撑、多点辅助支撑的透镜固定装置,在镜框圆周方向上均匀分布三个主支撑座,用于透镜的支撑固定,并通过在主支撑座间布置多个弹片进行辅助支撑,以减小三叶像差,实现对透镜自身重力变形的补偿。由于起辅助支撑作用的弹片在光轴方向上具有足够的弹性,不会对光学元件造成约束。但是该方法由于采用多个弹片机械式辅助支撑,无法实现绝对均匀的重力补偿,在抑制三叶像差的同时,会产生其他高级像差,并且由于多个弹片的预载力难以做到准确、实时控制,很难有效实现对透镜重力变形的补偿。

[0006] 美国专利 US6909493B2,于 2005 年公开了一种补偿修正光学元件自身重力变形的新方法、新装置。透镜保持装置镜框包括三个支撑部、施加与重力相反方向力的第一弹性构件以及施加与重力相同方向力的第二弹性构件,其中第一弹性构件和第二弹性构件均由多个弹片组成,并且第一弹性构件产生的力大于第二构件,因此能够使透镜在圆周方向上重力分布均匀,从而实现重力的补偿。但是该种方法只能实现光学元件边缘部分的重力补偿,无法从整体上提高光学元件的光学性能,并且该装置对零部件的加工、装调精度要求极高,增加了生产制造成本。

发明内容

[0007] 本发明为解决现有光学元件重力补偿装置安装调试困难,制造成本高,无法实现光学元件的中心区域补偿等问题,提供一种投影物镜系统中光学元件重力变形气压差补偿

装置及方法。

[0008] 投影物镜系统中光学元件重力变形气压差补偿装置,它包括第一镜简单元组件、第二镜简单元组件、隔圈、第一气体压力传感器、第二气体压力传感器和第三气体压力传感器;所述第一镜简单元组件与第二镜简单元组件之间设置隔圈;

[0009] 所述第一镜简单元组件包括第一镜简单元、第一镜框单元、第二镜框单元、第一光学元件和第二光学元件;所述第一镜简单元为环形结构;第一镜框单元和第二镜框单元依次安装在第一镜简单元内;所述第一光学元件和第二光学元件分别设置在第一镜框单元和第二镜框单元内;

[0010] 第二镜简单元组件包括第二镜简单元、第三镜框单元、第四镜框单元、第三光学元件和第四光学元件;所述第三镜框单元和第四镜框单元依次安装在第二镜简单元内;第三光学元件和第四光学元件分别设置在第三镜框单元和第四镜框单元内部;

[0011] 所述第一光学元件和第二光学元件之间形成第一密封腔;所述第一密封腔内设置第一气体压力传感器;第二光学元件与第三光学元件之间形成第二密封腔;第三光学元件与第四光学元件之间形成第三密封腔;所述第三密封腔内设置第三气体压力传感器;所述第二光学元件与第三光学元件之间形成的第二密封腔由隔圈形成;所述隔圈上设置第二气体压力传感器;

[0012] 所述第一密封腔的右侧设置第一进气管道,第一密封腔的左侧设置第一排气管道;所述第二密封腔的右侧设置第二进气管道,第二密封腔的左侧设置第二排气管道;所述第三密封腔的右侧设置第三进气管道,第三密封腔的左侧设置第三排气管道。

[0013] 投影物镜系统中光学元件重力变形气压差补偿的方法,该方法的具体步骤为:

[0014] 步骤一、第一气体压力传感器、第二气体压力传感器和第三气体压力传感器分别测量第一密封腔、第二密封腔和第三密封腔内的气压,将获得三个密封腔内的气压值经数据采集卡输入到主控制器;

[0015] 步骤二、主控制器根据步骤一获得气压值与预定气压值比较;如果气体压力传感器检测密封腔内的气体压力值未达到或大于预定的气压值,则调整供气管道和排气管道工作状态,返回步骤一;如果所述的每个气体压力传感器检测密封腔内的气体压力值与预定的气体压力值相等,则实现光学元件的重力补偿。

[0016] 本发明的工作原理:本发明所述的投影物镜系统中的相邻光学元件间均形成独立的密闭腔,为保证密封腔的密封效果,在镜简单元组件与镜框单元之间涂有密封剂,密封剂可选用金属密封材料或氟化树脂密封材料,并经过脱气处理,以清除氧气、水蒸气等对光源有害的吸收性气体。密封腔内分布有气体压力传感器和气体浓度传感器,分别用于检测密封腔的气压和有害性气体的浓度。密封腔周围有进气管道、排气管道,气体进入密封腔之前需经过粉尘清洁器和气体清洁器处理,以过滤其中的粉尘颗粒和有害性气体。

[0017] 本发明在镜框单元内壁的三个凸台上均匀涂有低应力胶,低应力胶可以选用专用环氧树脂胶,并经过了脱气处理,胶层的厚度取值在0.1mm~1mm之间。镜框上开有挠性狭缝,狭缝可以通过电火花、电化学腐蚀加工等方法形成。由于采用了低应力胶和挠性结构,能够保证温度、振动等环境变化时,镜框能够随着光学元件沿径向顺应性变化,从而保证光学元件与投影光刻物镜系统光轴始终同心。

[0018] 假定光学元件重力为G,光学元件直径为d,光学元件上下密封腔的气

体压强分别为 P_1 、 P_2 ，镜框对光学元件的轴向支撑力为 F 。根据平衡条件，有公式 $P_2 \cdot \pi (d/2)^2 - P_1 \cdot \pi (d/2)^2 = G+F$ 成立。光学元件的重力首先作用在镜框内壁支承座上，并最终由镜框与光学元件间的轴向支撑力 F 决定光学元件上的变形量，因此重力补偿就是要减小 F 的大小。本发明基于上述原理，通过合理调整 P_1 与 P_2 以减小 F ，最终实现重力补偿的效果。

[0019] 本发明所述的方法分为气体更换阶段和气压调控阶段，整个过程中压力传感器测量密封腔的气压，并将信号经数据采集卡输入到主控制器内，主控制器调整供气管路以及排气管路的工作状态，最终实现密封腔气体压力的准确控制。初始气体进行更换时，主控制器打开供气管路和排气管路，使惰性气体源源不断地流经密封腔，当检测到的密封腔内氧气、水蒸气、碳化氮气等有害性气体的浓度满足 ppm 量级要求时，进入气压调控阶段。调控阶段，根据密封腔的预定气压值，主控制器调节排气管路和供气管路，使进入到密封腔的惰性气体逐渐增多，以增加密封腔内的气压值，最终使密封腔内的气压达到预定数值。

[0020] 本发明的有益效果：本发明通过在光学元件上下密封腔内通以不同压力的气体，采用气体压力差来补偿或消除重力变形，从而保证镜片在三点支撑或运动学支撑下的光学性能。本发明还具有利用惰性气体的流动清洁光路中有害的吸收性气体作用。

附图说明

- [0021] 图 1 为本发明所述的装置结构示意图；
 - [0022] 图 2 为本发明所述装置中镜简单元组件的装配示意图；
 - [0023] 图 3 为本发明所述装置中镜简单元组件的装配剖视图；
 - [0024] 图 4 为本发明所述装置中镜简单元的结构示意图；
 - [0025] 图 5 为本发明所述装置中第一镜框单元的装配示意图；
 - [0026] 图 6 为本发明所述装置中第二镜框单元的装配示意图；
 - [0027] 图 7 为本发明所述的隔圈结构示意图；
 - [0028] 图 8 为本发明装置的工作原理图。
- [0029] 图中：1、第一镜简单元组件，1-1、第一镜简单元，1-2、第一镜框单元，1-3、第二镜框单元，1-4、第一光学元件，1-5、第二光学元件，2、第二镜简单元组件，2-1、第二镜简单元，2-2、第三镜框单元，2-3、第四镜框单元，2-4、第三光学元件，2-5、第四光学元件，3、隔圈，4、第一密封腔，5、第二密封腔，6、第三密封腔，7、第一气体压力传感器，8、第二气体压力传感器，9、第三气体压力传感器，10、第一进气管道，11、第一排气管道，12、第二进气管道，13、第二排气管道，14、第三进气管道，15、第三排气管道。

具体实施方式

[0030] 具体实施方式一、结合图 1 至图 8 说明本实施方式，投影物镜系统中光学元件重力变形气压差补偿装置，其特征是，它包括第一镜简单元组件 1、第二镜简单元组件 2、隔圈 3、第一气体压力传感器 7、第二气体压力传感器 8 和第三气体压力传感器 9；所述第一镜简单元组件 1 与第二镜简单元组件 2 之间设置隔圈 3；

[0031] 所述第一镜简单元组件 1 包括第一镜简单元 1-1、第一镜框单元 1-2、第二镜框单元 1-3、第一光学元件 1-4 和第二光学元件 1-5；所述第一镜简单元 1-1 为环形结构；第一镜

框单元 1-2 和第二镜框单元 1-3 依次安装在第一镜简单元 1-1 内；所述第一光学元件 1-4 和第二光学元件 1-5 分别设置在第一镜框单元 1-2 和第二镜框单元 1-3 内；

[0032] 第二镜简单元组件 2 包括第二镜简单元 2-1、第三镜框单元 2-2、第四镜框单元 2-3、第三光学元件 2-4 和第四光学元件 2-5；所述第三镜框单元 2-2 和第四镜框单元 2-3 依次安装在第二镜简单元 2-1 内；第三光学元件 2-4 和第四光学元件 2-5 分别设置在第三镜框单元 2-2 和第四镜框单元 2-3 内部。

[0033] 本实施方式所述的每个镜简单元上下环形面边缘分别设置凹槽，所述凹槽中涂有密封剂。所述镜简单元和隔圈选用不锈钢材料，并经过真空脱气和耐压处理，使得不锈钢中的有害性气体的浓度降低，比如氢的含量可以降低至 2ppm 以下。

[0034] 所述第一光学元件 1-4 和第二光学元件 1-5 之间形成第一密封腔 4；所述第一密封腔 4 内设置第一气体压力传感器 7；第二光学元件 1-5 与第三光学元件 2-4 之间形成第二密封腔 5；第三光学元件 2-4 与第四光学元件 2-5 之间形成第三密封腔 6；所述第三密封腔 6 内设置第三气体压力传感器 9。所述第二光学元件 1-5 与第三光学元件 2-4 之间形成的第二密封腔 5 由隔圈 3 形成；所述隔圈 3 上设置第二气体压力传感器 8。所述的每个密封腔内设置气体浓度传感器，用于实时测量密封腔内水蒸气、氧气等有害性气体的浓度。

[0035] 所述第一密封腔 4 的右侧设置第一进气管道 10，第一密封腔的左侧设置第一排气管道 11；所述第二密封腔 5 的右侧设置第二进气管道 12，第二密封腔的左侧设置第二排气管道 13；所述第三密封腔 6 的右侧设置第三进气管道 14，第三密封腔的左侧设置第三排气管道 15。所述的每个密封腔外接有颗粒清洁器和气体清洁器，用于过滤进入、进出气体中含有的粉尘颗粒和有害性气体。

[0036] 本实施方式所述的第一光学元件 1-4、第二光学元件 1-5、第三光学元件 2-4 和第四光学元件 2-5 的直径在 100mm~300mm 之间，所述每个光学元件的重量小于 6kg，所述光学元件的材料为熔石英或者氟化钙，其中氟化钙材质较软、抛光困难，只在光学系统的关键区域选用，大部分光学元件优先选用物理性能好、加工性能好、商品化程度高的熔石英材料。所述光学元件可根据需要在外圆柱面上加工出凸缘，凸缘厚度为光学元件整体边缘厚度的 1/5~1/2。

[0037] 本实施方式所述的镜框单元为圆环形，所述镜框单元的内侧均匀设置三个凸台；所述三个凸台上均匀涂有低应力胶；以实现镜框与镜片间的粘接。低应力胶可以选用环氧树脂胶，并经过了脱气处理，胶层的厚度根据光学元件大小和质量略有区别，取值范围在 0.1mm~1mm 之间。镜框上分布有三处挠性狭缝，狭缝可以通过电火花微细孔加工、精密电火花线切割以及电化学腐蚀加工等方式形成。

[0038] 本实施方式所述镜框单元材料，需要依据与光学元件材料热膨胀系数接近的原则进行配选。具体来说，当光学元件为熔石英时，所述镜框单元选用铟钢 36，当光学元件为氟化钙时，所述镜框单元选用黄铜 C360。镜框单元需经真空脱气和恰当热处理，以提高材料的清洁度，降低氧气、氢气等有害性气体的含量。为了保证光学元件上下侧密封腔的密封效果，在光学元件凸缘外环面与镜框单元内环面的间隙内涂有经过脱气处理过金属密封剂或氟化树脂密封剂。

[0039] 具体实施方式二、本实施方式为投影物镜系统中光学元件重力变形气压差补偿的方法，该方法的具体步骤为：

[0040] 步骤一、第一气体压力传感器 7、第二气体压力传感器 8 和第三气体压力传感器 9 分别测量第一密封腔 4、第二密封腔 5 和第三密封腔 6 内的气压, 将获得三个密封腔内的气压值经数据采集卡输入到主控制器;

[0041] 步骤二、主控制器根据步骤一获得气压值与预定气压值比较; 如果所述的每个气体压力传感器检测密封腔内的气体压力值未达到或大于预定气压值, 则调整供气管道和排气管道工作状态, 返回步骤一; 如果所述的每个气体压力传感器检测密封腔内的气体压力值与预定的气体压力值相等, 则实现光学元件的重力补偿。

[0042] 本实施方式所述的步骤二所述的预定气压值计算方法为:

[0043] 根据光学元件在物镜系统光轴方向上受力平衡的关系, 可得公式:

$$P_2 \cdot \pi (d/2)^2 - P_1 \cdot \pi (d/2)^2 = G + F,$$

[0045] 式中 G 为光学元件的重力, d 为光学元件直径, P_1 和 P_2 分别为两个密封腔内的气体压强; F 为每个镜框单元与对应光学元件间的轴向力, 根据 F 值可以获得密封腔内的预定气压值 P_1 与 P_2 。

[0046] 本实施方式为具体实施方式二的具体实施例:

[0047] 第一体气压力传感器 7、第二气体压力传感器 8 和第三气体压力传感器 9 分别测量第一密封腔 4、第二密封腔 5 和第三密封腔 6 内的气体压力, 通过多路数据采集卡将测量信号输入到主控制器内, 主控制器根据测量得到的压力信号与实际所需压力信号的关系, 调整第一进气管道 10、第二进气管道 12 和第三进气管道 14 及第一排气管道 11、第二排气管道 13 和第三排气管道 15 的开启或关闭, 最终实现各密封腔气体压力值的准确控制。

[0048] 所述投影光刻物镜系统气体压力在调控之前, 需要对第一密封腔 4 和第二密封腔 5 内的初始气体进行更换, 所述初始气体中含有对 ArF 光源吸收率高的氧气、水蒸气、碳化氮气等有害性气体, 因此需要在光路中通以吸收率低的氦气、氮气等惰性气体。密封腔气体更换阶段时, 主控制器打开第一进气管道 10 和第二进气管道 12 以及第一排气管道 11 和第二排气管道 13; 使惰性气体经第一进气管道 10 和第二进气管道 12 分别进入第一密封腔 4 和第二密封腔 5, 并由第一排气管道 11 和第二排气管道 13 排出, 经过 10 分钟 -1 小时的稳定后, 例如, 当气体浓度传感器检测到的有害性气体达到所需的 ppm 量级时, 便完成气体更换阶段。

[0049] 完成上述的气体交换后, 根据第一密封腔 4 和第二密封腔 5 的预定气压值, 主控制器将关闭或关小第一排气管道 11 和第二排气管道 13, 同时保持或开大第一进气管道 10 和第二进气管道 12, 使实际进入到第一密封腔 4 和第二密封腔 5 内的惰性气体逐渐增多, 以达到增加第一密封腔 4 和第二密封腔 5 内的空气压力的效果, 密封腔内壁上的压力传感器用于检测气体压力值, 当检测到的压力值达到预定数值时, 将保持当前状态。此时既能保证第一密封腔 4 和第二密封腔 5 处于预定压力状态, 实现光学元件的重力补偿, 又能使惰性气体按照一定的流量通过光路, 起到清洁有害性气体的作用。

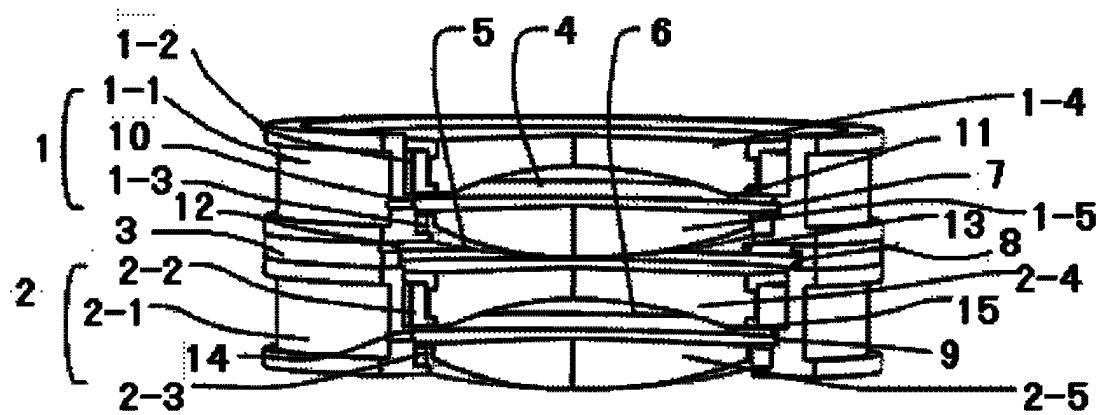


图 1

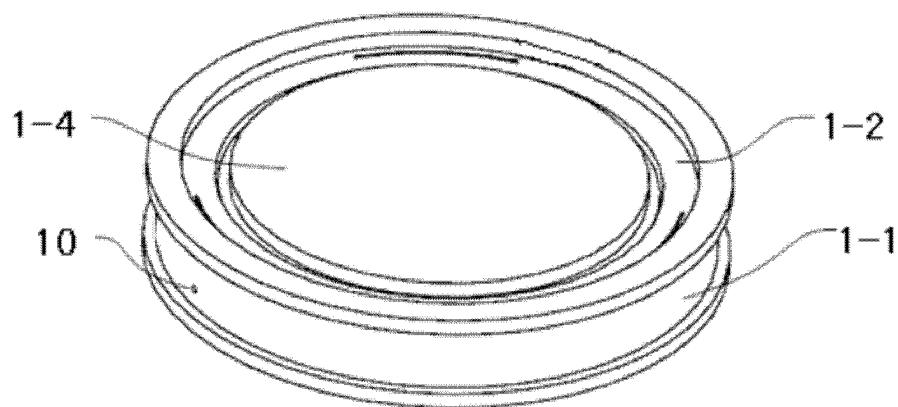


图 2

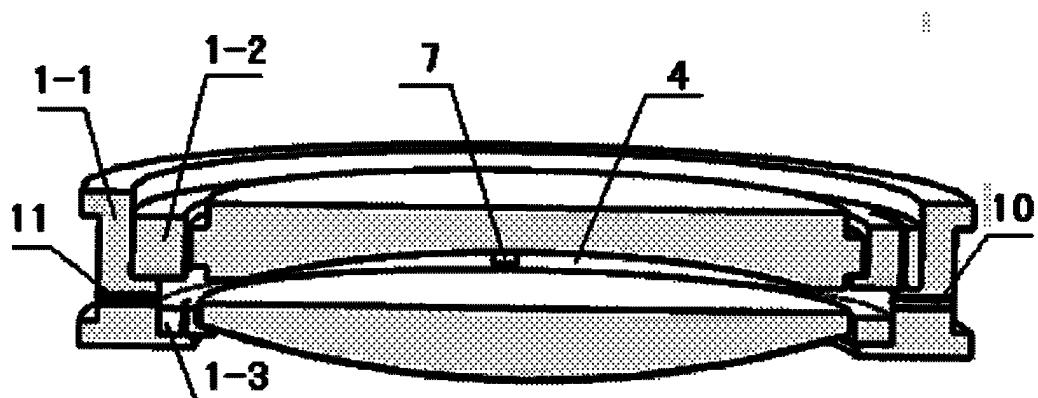


图 3

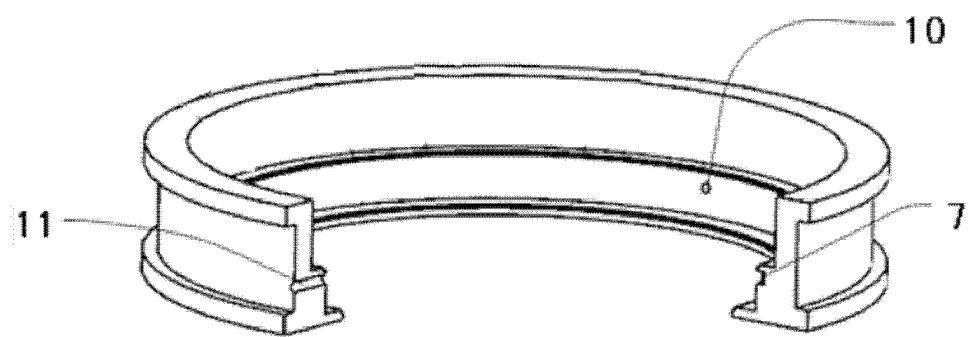


图 4

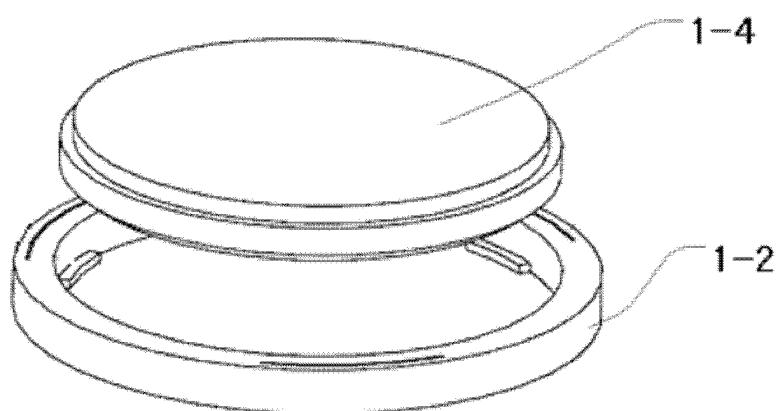


图 5

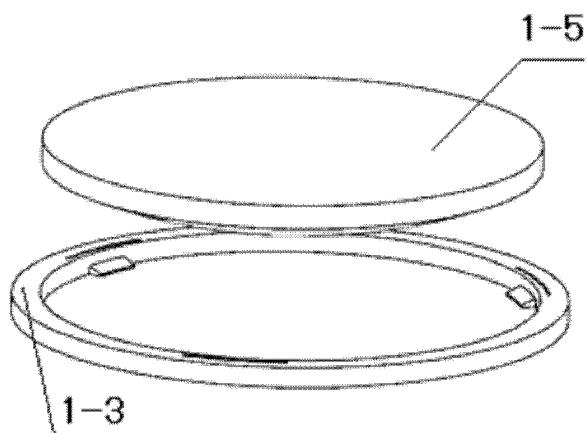


图 6

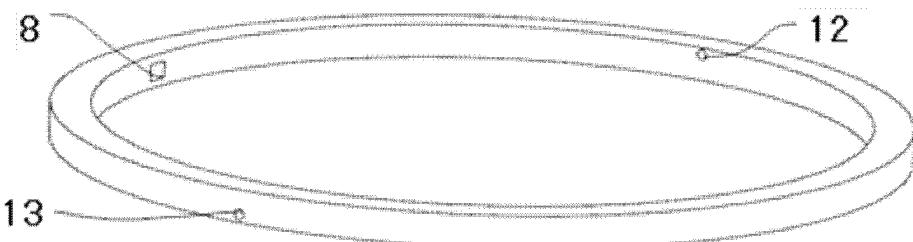


图 7

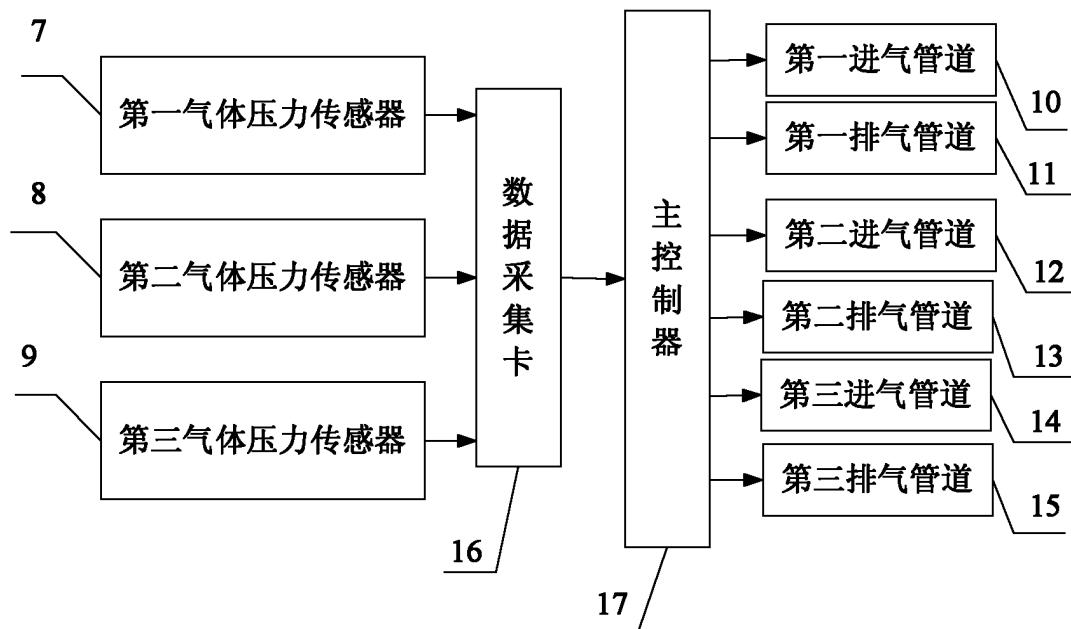


图 8