



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104516212 B

(45)授权公告日 2017.06.30

(21)申请号 201410497939.3

(22)申请日 2014.09.25

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104516212 A

(43)申请公布日 2015.04.15

(30)优先权数据

2013-205353 2013.09.30 JP

(73)专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京都大田区下丸子3丁目30-2

(72)发明人 崔长植 井本浩平

(74)专利代理机构 北京怡丰知识产权代理有限公司 11293

代理人 迟军

(51)Int.Cl.

G03F 7/20(2006.01)

G02B 7/182(2006.01)

G02B 26/08(2006.01)

审查员 何定飞

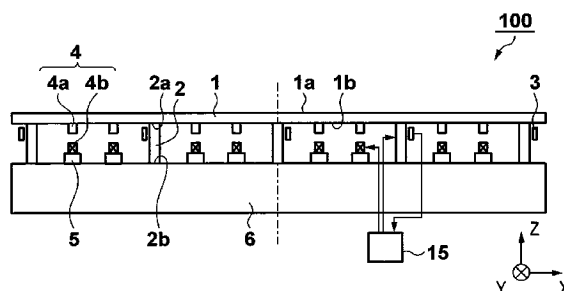
权利要求书2页 说明书8页 附图7页

(54)发明名称

光学装置、投影光学系统、曝光装置及物品的制造方法

(57)摘要

本发明提供一种光学装置、投影光学系统、曝光装置以及物品的制造方法。该光学装置用于使镜的反射面变形，所述光学装置包括：底板；多个第一致动器，其各自被构造为向与所述反射面相背对的面施加力；多个第二致动器，其各自具有比所述第一致动器低的刚度，并且被构造为向与所述反射面相背对的面施加力；传感器，其被构造为检测表示所述多个第一致动器中的各个的驱动状态的信息；以及控制单元，其被构造为基于所述传感器的输出，以将所述反射面的形状改变为目标形状的方式对所述多个第一致动器中的各个的驱动以及所述多个第二致动器中的各个的驱动进行控制。



1. 一种用于使镜的反射面变形的光学装置,该光学装置包括:

底板;

多个第一致动器,其各自具有连接到与所述镜的所述反射面相背对的第一端子以及连接到所述底板的第二端子,并且所述多个第一致动器被构造为通过改变所述第一端子与所述第二端子之间的距离以使所述镜的反射面变形,来向与所述反射面相背对的面施加力;

多个第二致动器,其各自具有比所述第一致动器低的刚度,布置在所述镜与所述底板之间,并且所述多个第二致动器被构造为向与所述反射面相背对的面施加力以使所述镜的反射面变形,其中,所述多个第二致动器中的各个包括彼此不接触的定子和可动元件,并且所述定子和所述可动元件中的一个被固定至所述镜,并且另一个被固定至所述底板;

多个传感器,其被构造为检测表示所述多个第一致动器的驱动状态的信息;以及

控制单元,其被构造为基于由所述多个传感器检测到的信息,确定所述多个第一致动器中的各个的驱动命令值和所述多个第二致动器中的各个的驱动命令值,以使所述反射面的形状改变为目标形状,并且基于所确定的驱动命令值,对所述多个第一致动器中的各个的驱动以及所述多个第二致动器中的各个的驱动进行控制,其中,所述多个第一致动器以在相邻的第一致动器之间布置有所述多个第二致动器中的至少一个的方式彼此分开布置。

2. 根据权利要求1所述的光学装置,所述光学装置还包括:

固定构件,其被构造为将所述镜的一部分固定至所述底板。

3. 根据权利要求1所述的光学装置,其中,所述多个第二致动器中的各个被构造为驱动可动元件,所述可动元件包括连接到所述镜的弹性构件。

4. 根据权利要求1所述的光学装置,其中,所述多个传感器包括位移传感器,所述位移传感器被构造为检测所述多个第一致动器中的各个的所述第一端子与所述第二端子之间的位移,作为表示所述驱动状态的信息。

5. 根据权利要求1所述的光学装置,其中,所述多个传感器中的各个包括力传感器,所述力传感器被构造为检测由所述多个第一致动器中的各个施加至与所述反射面相背对的面上的力,作为表示所述驱动状态的信息。

6. 根据权利要求1所述的光学装置,所述光学装置还包括:

基准板,其布置在所述镜与所述底板之间,

其中,所述多个传感器中的各个检测所述基准板与所述镜之间的距离,作为表示所述驱动状态的信息。

7. 根据权利要求1所述的光学装置,其中,所述控制单元包括用于将被施加至与所述反射面相背对的面上的力转换为所述反射面的位移量的柔度矩阵,并且以将所述反射面改变为所述目标形状的方式,基于所述柔度矩阵,确定所述多个第一致动器中的各个的所述驱动命令值以及所述多个第二致动器中的各个的所述驱动命令值。

8. 根据权利要求7所述的光学装置,其中,所述控制单元基于当依次驱动包括所述多个第一致动器和所述多个第二致动器的多个致动器时的所述反射面的形状,生成所述柔度矩阵。

9. 一种用于将掩模的图案投影到基板上的投影光学系统,该投影光学系统包括:

根据权利要求1至8中任一项所述的光学装置。

10.一种用于对基板进行曝光的曝光装置,该曝光装置包括:
根据权利要求9所述的投影光学系统。

11.一种物品的制造方法,该物品的制造方法包括以下步骤:

使用曝光装置对基板进行曝光;

使所曝光的基板显影;以及

对所显影的基板进行处理以制造所述物品,

其中,用于对所述基板进行曝光的所述曝光装置包括具有光学装置的投影光学系统,

其中,用于使镜的反射面变形的所述光学装置包括:

底板;

多个第一致动器,其各自具有连接到与所述镜的所述反射面相背对的第一端子以及连接到所述底板的第二端子,并且所述多个第一致动器被构造为通过改变所述第一端子与所述第二端子之间的距离以使所述镜的反射面变形,来向与所述反射面相背对的面施加力;

多个第二致动器,其各自具有比所述第一致动器低的刚度,布置在所述镜与所述底板之间,并且所述多个第二致动器被构造为向与所述反射面相背对的面施加力以使所述镜的反射面变形,其中,所述多个第二致动器中的各个包括彼此不接触的定子和可动元件,并且所述定子和所述可动元件中的一个被固定至所述镜,并且另一个被固定至所述底板;

多个传感器,其被构造为检测表示所述多个第一致动器的驱动状态的信息;以及

控制单元,其被构造为基于由所述多个传感器检测到的信息,确定所述多个第一致动器中的各个的驱动命令值和所述多个第二致动器中的各个的驱动命令值,以使所述反射面的形状改变为目标形状,并且基于所确定的驱动命令值,对所述多个第一致动器中的各个驱动以及所述多个第二致动器中的各个的驱动进行控制,其中,所述多个第一致动器以在相邻的第一致动器之间布置有所述多个第二致动器中的至少一个的方式彼此分开布置。

光学装置、投影光学系统、曝光装置及物品的制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于使镜的反射面变形的光学装置、使用该光学装置的投影光学系统、曝光装置以及物品的制造方法。

背景技术

[0002] 由于天文望远镜以及用来制造半导体设备等的曝光装置需要提高分辨率,因此有必要精确地校正这些装置中使用的光学系统的光学像差。为了实现此,提出了如下光学装置:通过使光学系统中包括的镜的反射面变形,校正光学系统的光学像差(参见专利文献1和2)。专利文献1和2中描述的各光学装置具有各自用于向镜的背面(与反射面相背对的面)施加力的多个致动器,并且能够通过控制各致动器的驱动以使镜的反射面变形,校正光学系统的光学像差。

[0003] 如果当光学装置使镜的反射面变形时镜发生振动,则可能难以精确地校正光学系统的光学像差。因此,需要光学装置以镜的固有频率变高的方式支持镜。然而,在专利文献1和2中描述的光学装置中,使用具有低刚度的致动器作为用于向镜的背面施加力的各致动器,并且能够由支持构件在镜的周边部支持镜。因此,在专利文献1和2中描述的光学装置中,难以以镜的固有频率变高的方式支持镜。

[0004] [专利文献1] 日本特开第2005-4146号公报

[0005] [专利文献2] 日本特开第2004-64076号公报

发明内容

[0006] 本发明提供例如一种在使镜的反射面变形方面有利的光学装置。

[0007] 根据本发明的一个方面,提供了一种用于使镜的反射面变形的光学装置,该光学装置包括:底板;多个第一致动器,其各自具有连接到与所述镜的所述反射面相背对的面上的第一端子以及连接到所述底板的第二端子,并且被构造为通过以改变所述第一端子与所述第二端子之间的距离的方式进行变形,向与所述反射面相背对的面施加力;多个第二致动器,其各自具有比所述第一致动器低的刚度,布置在所述镜与所述底板之间,并且被构造为向与所述反射面相背对的面施加力;传感器,其被构造为检测表示所述多个第一致动器中的各个的驱动状态的信息;以及控制单元,其被构造为基于所述传感器的输出,以将所述反射面的形状改变为目标形状的方式对所述多个第一致动器中的各个的驱动以及所述多个第二致动器中的各个的驱动进行控制。

[0008] 根据本发明的一个方面,提供了一种物品的制造方法,该物品的制造方法包括以下步骤:使用曝光装置对基板进行曝光;使所曝光的基板显影;以及对所显影的基板进行处理以制造所述物品,其中,用于对所述基板进行曝光的所述曝光装置包括投影光学系统,该投影光学系统具有光学装置,其中,用于使镜的反射面变形的所述光学装置包括:底板;多个第一致动器,其各自具有连接到与所述镜的所述反射面相背对的面上的第一端子以及连接到所述底板的第二端子,并且被构造为通过以改变所述第一端子与所述第二端子之间的距

离的方式进行变形,向与所述反射面相背对的面施加力;多个第二致动器,其各自具有比所述第一致动器低的刚度,布置在所述镜与所述底板之间,并且被构造为向与所述反射面相背对的面施加力;传感器,其被构造为检测表示所述多个第一致动器中的各个的驱动状态的信息;以及控制单元,其被构造为基于所述传感器的输出,以将所述反射面的形状改变为目标形状的方式对所述多个第一致动器中的各个的驱动以及所述多个第二致动器中的各个的驱动进行控制。

[0009] 通过以下参照附图对示例性实施例的描述,本发明的其他特征将变得清楚。

附图说明

- [0010] 图1A是示出根据第一实施例的光学装置的截面图;
- [0011] 图1B是示出根据第一实施例的光学装置的图;
- [0012] 图2是示出根据第一实施例的光学装置的截面图;
- [0013] 图3是示出第二致动器的示例的图;
- [0014] 图4是示出当生成柔度矩阵时的光学装置的布置的截面图;
- [0015] 图5是示出根据第二实施例的光学装置的截面图;
- [0016] 图6是示出根据第二实施例的光学装置的截面图;
- [0017] 图7是示出根据第三实施例的光学装置的截面图;
- [0018] 图8是示出曝光装置的图;
- [0019] 图9是示出使用耦合机构连接第一致动器和镜的情况的图;
- [0020] 图10是用于说明耦合机构的图;
- [0021] 图11A是用于说明使用耦合机构对光学装置的组装的截面图;
- [0022] 图11B是用于说明使用耦合机构对光学装置的组装的截面图;
- [0023] 图11C是用于说明使用耦合机构对光学装置的组装的截面图;以及
- [0024] 图11D是用于说明使用耦合机构对光学装置的组装的截面图。

具体实施方式

[0025] 下面,将参照附图描述本发明的示例性实施例。请注意,相同的附图标记在所有图中表示相同的构件,并且将不给出其重复描述。

[0026] <第一实施例>

[0027] 将参照图1A描述根据第一实施例的光学装置100。图1A是示出根据第一实施例的光学装置100的截面图。第一实施例的光学装置100包括镜1、底板6、多个第一致动器2、多个第二致动器4、多个位移传感器3以及控制单元15。控制单元15包括CPU和存储器,并且控制各第一致动器2的驱动以及各第二致动器4的驱动。

[0028] 镜1包括反射光的反射面1a、以及作为与反射面1a相背对的面背面1b。镜1经由多个第一致动器2被底板6支持。镜1可以经由至少3个第一致动器2被底板6支持。各第一致动器2包括连接到镜1的背面1b的第一端子2a、以及连接到底板6的第二端子2b。各第一致动器2能够变形,以改变第一端子2a与第二端子2b之间的距离,从而将力施加至背面1b上的连接第一端子2a的位置。诸如压电致动器、磁致伸缩元件或电丝杠等具有高刚度的致动器被用作第一致动器2。参照图1A,第一致动器2的第一端子2a直接连接到镜1的背面1b,第一致

动器2的第二端子2b直接连接到底板6。然而,本发明并不限于此。例如,第一致动器2的第一端子2a可以经由弹性构件或刚体连接到镜1的背面1b,第一致动器2的第二端子2b可以经由弹性构件或刚体连接到底板6。

[0029] 由于光学装置100包括多个第一致动器2,因此当组装光学装置100时难以使所有第一致动器的长度与预定值匹配。因此,镜1在组装时可能被扭曲。为了在维持镜1的满意的形状精度的同时组装光学装置100,有必要吸收各第一致动器2的长度的误差。此外,驱动镜1以使其变形,因此镜1具有低刚度,并且容易因外力而变形。由于一般的螺纹紧固方法对镜1施加外力,因此无法在组装时使用该方法,从而使得不能够维持满意的形状精度。

[0030] 如图9所示,耦合机构18能够通过吸收各第一致动器2的长度的误差,连接镜1和第一致动器2。耦合机构18能够根据各第一致动器2的长度的误差(第一端子2a与第二端子2b之间的距离的误差)进行调整。

[0031] 下面,将参照图10描述耦合机构18。耦合机构18包括锥形部18a、V形槽部18b及球端杆18c。锥形部18a由磁铁部18a₂以及形成有圆锥状凹槽(下文中称为“锥形”)的、由非磁性材料制成的非磁性锥形部18a₁构成。在V形槽部18b中,在垂直方向上形成V形槽。锥形部18a连接到镜1,V形槽部18b连接到第一致动器2。球端杆18c的锥形部18a侧的球由磁性材料制成。

[0032] 下面,将参照图11A至图11D说明使用耦合机构18对光学装置100的组装。图11A至图11D是各自示出由图10中的单点划线表示的面的截面图。锥形部18a被附装到镜1侧,V形槽部18b被附装到第一致动器2。如图11A所示,使球端杆18c的一个球沿V形槽部18b的V形槽接触。如图11B所示,使球与V形槽轻微接触。如图11C所示,在使球与V形槽保持轻接触的同时,另一个球被插入至锥形部18a的锥形。此时,锥形部18a的磁铁部18a₂的磁力吸引球。因此,没有必要施加力以将球插入至锥形部18a,从而使由于施加力以插入球而导致的镜的改变最小化。由于非磁性锥形部18a₁的圆锥形状,能够顺畅地地插入磁性球,直到使磁性球与锥形线接触为止。如果无法降低锥形部18a与球之间的摩擦,则可以通过向锥形或球的表面提供诸如DLC(类金刚石碳)等的摩擦降低方法,来促进球的顺畅插入。

[0033] 通过以上处理,镜1侧的球被约束。接下来,底板6侧的球将被约束。参照图11C,球仅接触V形槽。因此,如图11D所示,使用约束部18b₁按压球并将球约束在V形槽部18b中。即使如图11D所示,锥形部18a和V形槽部18b不在一条直线(Z轴)上,球端杆18c也能够连接镜1和第一致动器2。可以不考虑镜1与第一致动器2之间的间隔,而以任意的间隔连接这两者。由于在连接时没有施加使镜1变形的不必要的力,因此在组装光学装置100时能够使镜1的变形最小化。

[0034] 与上述弹性构件类似地,耦合机构18可以相对于第一致动器2布置在镜1或底板6侧。弹性构件可以配设在球端杆18c的杆部分中。此外,为了提高耦合机构18的稳定性,在组装之后,球和锥形部18a或者球和V形槽部18b可以被粘附并固定。

[0035] 多个位移传感器3中的各个配设在第一致动器2中的相应的一个附近,并且检测第一致动器2的第一端子2a与第二端子2b之间的位移,以进行第一致动器2的反馈控制。在下文中,第一致动器2的第一端子2a与第二端子2b之间的位移将被称为“驱动位移”。如果例如压电致动器被用作第一致动器2,则在压电致动器中发生滞后,因此,可能无法获得与压电致动器的命令值(电压)相对应的位移。因此,有必要在光学装置100中配设用于检测表示多

个第一致动器2中的各个的驱动状态的信息的传感器。在第一实施例中,位移传感器3用作传感器,并且检测第一致动器2的驱动位移作为表示驱动状态的信息。当压电致动器用作第一致动器2时,位移传感器3检测第一致动器2的驱动位移,并且通过基于检测出的驱动位移(位移传感器3的输出)与目标位移之差的命令值,进行反馈控制。

[0036] 在第一实施例的光学装置100中,在各个第一致动器2附近配设了位移传感器3。然而,例如,也可以替代位移传感器3,配设各自用于检测第一致动器2的驱动力的力传感器30。图2是示出当使用力传感器30时的光学装置100的截面图。各力传感器30布置在例如第一致动器2与底板6之间,并且能够检测由第一致动器2施加至镜1的背面1b的力,即第一致动器2的驱动力。

[0037] 多个第二致动器4中的各个布置在镜1与底板6之间,并且使用具有比第一致动器2低的刚度的致动器。包括彼此不接触的可动元件4a和定子4b的非接触式致动器(例如,线性电机、电磁铁或静电致动器)用作第二致动器4。在第一实施例中,定子4b经由构件5被固定至底板6,可动元件被固定至镜1的背面1b。这使得各第二致动器4能够通过向镜1的背面1b施加力来改变镜1与底板6之间的距离。与第一致动器2不同,各第二致动器4不包括用于检测第二致动器4的位移的传感器。这是因为在第二致动器4中难以发生滞后,并且能够获得与第二致动器4的命令值(电流或电压)相对应的位移。即,没有必要使用传感器的检测结果(输出)进行第二致动器4的反馈控制。如图3所示,各第二致动器4可以被构造为包括串联连接的弹性构件22和致动器20。例如,串联连接到弹性构件22的致动器20包括电磁电机20a和和螺杆20b。在这种情况下,可动元件包括螺杆20b、弹性构件22和耦合衬垫23。定子包括电磁电机20a。致动器20通过控制单元15向电磁电机20a供给信号,在垂直方向上驱动螺杆20b。例如,螺旋弹簧用作弹性构件22,并且一端连接到螺杆20b的端部,另一端经由所述耦合衬垫23连接到镜1的背面1b。

[0038] 图1B是示出根据第一实施例的光学装置100中的多个致动器的布置的示例的图。参照图1B,实心圆圈分别表示第一致动器2,空心圆圈分别表示第二致动器4。多个第一致动器2例如均等地分担镜1的质量,并且可以布置为使得光学装置100的最低阶固有频率变为等于或高于期望频率。此外,如图1B所示,多个第一致动器2彼此分开布置,使得至少一个第二致动器4布置在相邻的第一致动器2之间。通过如上所述布置多个第二致动器4,能够加宽相邻的第一致动器2的间隔。

[0039] 在具有上述布置的光学装置100中,为了控制镜1的反射面1a的形状,用于驱动多个第一致动器2和多个第二致动器4的柔度矩阵是必要的。柔度矩阵包括用于将施加至镜1的背面1b的力(电流或电压)转换为反射面1a的位移量的转换系数。将描述使用如图1B所示的多个第一致动器2和多个第二致动器4在光学装置100中生成柔度矩阵的方法。在柔度矩阵的生成中,M代表第一致动器2的数量与第二致动器4的数量的和,N代表测量镜1的反射面1a的变形(位移量)的点的数量。

[0040] 图4是示出当生成柔度矩阵时的光学装置100的布置的截面图。为了生成柔度矩阵,有必要检测各第一致动器2的驱动电压或驱动力。能够从命令值中容易地获取驱动电压。然而,如果期望获取驱动力,则如图4所示,有必要仅在各第一致动器2的侧面上配设应变片7,并且通过应变片7检测第一致动器2的驱动力。

[0041] 控制单元15逐个依次驱动包括多个第一致动器2和多个第二致动器4的所有致动

器。当逐个驱动致动器时,控制单元15获取各第一致动器2的驱动电压、或者由应变片7检测出的各第一致动器2的驱动力、以及各第二致动器4的驱动力(换算自命令值)。当逐个驱动致动器时,控制单元15还获取表示镜1的反射面1a的变形的信息。然后,控制单元15能够基于各第一致动器2的驱动电压或驱动力、各第二致动器4的驱动力以及表示镜1的反射面1a的变形的信息,生成柔度矩阵。用于测量镜1的反射面1a的形状的测量单元(未示出)可以配设在光学装置100中,以获取表示镜1的反射面1a的变形的信息。

[0042] 设M是在镜1的背面1b上布置的第一致动器2的数量与第二致动器4的数量的和,N是镜1的反射面1a上的计算点或测量点的数量。为了便于描述,用于生成各第一致动器2中的驱动电压或驱动力以及各第二致动器4中的驱动力的命令值被定义为“驱动命令值”,并且由 F_j ($j=1, \dots, M$) 表示。当驱动命令值 F_j 被提供给镜1的背面1b上的位置j处的致动器时,在镜1的反射面1a上的任意点P(X_i, Y_i)生成的位移量 z_{ij} 由下面的等式给出:

$$[0043] \quad z_{ij} = \frac{F_j}{K_{ij}} = C_{ij} F_j \quad \dots(1)$$

[0044] 其中, K_{ij} 代表点(X_i, Y_i)与致动器作用的位置j之间的弹簧常数,并且 C_{ij} 被称为柔度,并且是弹簧常数 K_{ij} 的倒数,如下面的等式所给出的:

$$[0045] \quad C_{ij} = \frac{1}{K_{ij}} \quad \dots(2)$$

[0046] 基于等式(1),当驱动位置j处的致动器时的点P(X_i, Y_i)处的柔度 C_{ij} 由下面的等式给出:

$$[0047] \quad C_{ij} = \frac{z_{ij}}{F_j} \quad \dots(3)$$

[0048] 如上所述,在测量镜1的反射面1a的位移量的所有点($i=1$ 至N)处,获得当驱动位置j处的致动器时的点P(X_i, Y_i)处的柔度 C_{ij} 。通过该运算,当驱动位置j处的致动器时的柔度向量 C_j 能够由下面的等式给出:

$$[0049] \quad C_j = [C_{1j} \dots C_{ij} \dots C_{Nj}]^T \quad \dots(4)$$

[0050] 此外,通过获得当驱动各致动器时的柔度向量 C_j ,能够获得由下面的等式给出的柔度矩阵:

$$[0051] \quad C = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & \dots & C_{1j} & \dots & C_{1(M-1)} & C_{1M} \\ C_{21} & C_{22} & \dots & C_{2j} & \dots & C_{2(M-1)} & C_{2M} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots & \vdots \\ C_{i1} & C_{i2} & \dots & C_{ij} & \dots & C_{i(M-1)} & C_{iM} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots & \vdots \\ C_{(N-1)1} & C_{(N-1)2} & \dots & C_{(N-1)j} & \dots & C_{(N-1)(M-1)} & C_{(N-1)M} \\ C_{N1} & C_{N2} & \dots & C_{Nj} & \dots & C_{N(M-1)} & C_{NM} \end{bmatrix}_{N \times M} \quad \dots(5)$$

[0052] 如上所述,控制单元15能够依次驱动致动器,并且基于在驱动时的各致动器的驱动命令值、以及表示镜1的反射面1a的变形的信息,生成由等式(5)给出的柔度矩阵C。当生成柔度矩阵C时,控制单元15能够向各致动器提供命令值,使得致动器的驱动命令值变为单

位驱动命令值,即多个致动器中的恒定驱动命令值。通过设置各致动器的驱动命令值作为单位命令值,生成柔度矩阵C变得容易。在柔度矩阵C的生成完成时,用来生成柔度矩阵C的应变片7可以被移除,或者可以保持原样并用来校准柔度矩阵C。如果如图2所示在光学装置100中配设了各自用于检测第一致动器2的驱动力的力传感器30,则没有必要使用应变片7来生成柔度矩阵。

[0053] 镜1的反射面1a的位移量与致动器的驱动命令值之间的关系由下面的等式给出:

$$[0054] \quad Z = CF \quad \dots (6)$$

[0055] 其中,Z代表镜1的反射面1a的位移量的向量,F代表致动器的驱动命令值的向量。向量Z及F分别由下面的等式给出:

$$[0056] \quad Z = [Z_1 \cdots Z_i \cdots Z_N]^T$$

$$[0057] \quad F = [F_1 \cdots F_j \cdots F_M]^T \quad \dots (7)$$

[0058] 控制单元15基于生成的柔度矩阵C确定各第一致动器2的驱动命令值和各第二致动器4的驱动命令值,使得镜1的反射面1a的形状被改变为目标形状 Z_{obj} 。此时,存在基于生成的柔度矩阵C确定各第一致动器2的驱动命令值和各第二致动器4的驱动命令值的一些方法。例如,如上所述,当生成的柔度矩阵C是 $N \times M$ 的非方形矩阵时,作为一种方法,存在使用奇异值分解来确定各致动器的驱动命令值的方法。还提供了通过生成仅针对致动器施加力的位置的柔度矩阵 C' ($M \times M$ 的方形矩阵) 来确定各致动器的驱动命令值的其他方法。作为又一方法,提供了如下最优化方法:使用遗传算法确定各致动器的驱动命令值,使得目标形状 Z_{obj} 与镜的反射面的形状的差最小化。这些方法是公知的,并且将省略其描述。

[0059] 控制单元15基于确定的各致动器的驱动命令值,来控制各第一致动器2和第二致动器4的驱动,并且使镜1的反射面1a变形。例如,假设具有约90GPa的杨氏模量的PZT(锆钛酸铅)的压电致动器用作第一致动器2,并且线性致动器用作第二致动器4。在这种情况下,各压电致动器具有高的杨氏模量,因而具有高的刚度。另一方面,由于可动元件和定子被磁耦合,所以各线性致动器的刚度几乎是零。在这种情况下,控制单元15将与确定的驱动命令值相对应的电压作为命令值,施加至充当第一致动器2的各压电致动器。控制单元15将与确定的驱动命令值相对应的电流作为命令值,供给至充当第二致动器4的各线性致动器。如上所述,此时在压电致动器中发生滞后,因此,即使通过将与确定的驱动命令值相对应的电压作为命令值来施加,也可能无法获得目标位移量,即,可能无法获得与压电致动器的命令值(电压)相对应的位移。因此,控制单元15通过位移传感器3检测压电致动器的位移,并且进行压电致动器的反馈控制,使得检测出的位移量(位移传感器3的输出)与目标位移量之差落在公差范围内。

[0060] 如上所述,在第一实施例的光学装置100中,在镜1与底板6之间,布置了多个第一致动器2、以及各自具有比第一致动器2低的刚度的多个第二致动器4。镜1经由多个第一致动器2被底板6支持。这使得第一实施例的光学装置100能够通过多个第一致动器2支持镜1,从而提高镜的固有频率。因此,能够降低当使镜1的反射面1a变形时发生的振动的影响,并且以高速使镜1的反射面1a精确地变形。

[0061] 如果镜1的反射面1a的目标形状是非对称的,则通过多个致动器改变镜1的反射面1a会使镜1倾斜,从而导致镜1的姿态的改变。此外,当布置光学装置100的环境的温度变化时,镜1的姿态可能改变。随着镜1的姿态如上所述改变,光学装置100的光学性能可能劣化。

第一实施例的光学装置100的控制单元15能够基于针对各个第一致动器2配设的位移传感器3(力传感器30)的检测结果,使用多个第一致动器2中的至少三个来控制镜1的姿态。由于各位移传感器3(各力传感器30)的检测结果一般包括关于镜1的表面变形和刚体位移两者的信息,因此,需要将这些信息分离。作为分离关于表面变形和刚体位移的信息的一种方法,将通过从检测结果中减去镜1的反射面1a的变形所需的目标位移量而获得的值设置为镜的刚体位移。

[0062] <第二实施例>

[0063] 将参照图5描述根据第二实施例的光学装置200。图5是示出根据第二实施例的光学装置200的截面图。当与第一实施例的光学装置100相比较时,第二实施例的光学装置200包括基准板8以及结构体11,并且基准板8和底板6分别经由运动支座(kinematic mount)9和10被结构体11支持。第二实施例的光学装置200包括各自用于检测基准板8与镜1的背面1b之间的距离的检测单元16,作为各自用于检测表示相应的第一致动器2的驱动状态的信息的传感器。各检测单元16可以包括被固定至镜1的背面1b的传感器目标16a、以及被固定至基准板8的传感器探头16b。传感器目标16a可以被配设在镜1的整个背面1b上,以作为多个传感器探头16b的共有目标。例如,如果检测单元16是电容型位移传感器,则可以在镜1的整个背面1b上形成导电膜,作为传感器目标16a。

[0064] 如果驱动第一致动器2和第二致动器4,则这两个致动器的反作用力不仅使镜1变形,而且使底板6变形。结果,如果检测出底板6与镜1之间的距离,并且基于该检测结果控制第一致动器2和第二致动器4,则在镜1的反射面1a的变形中不希望地出现误差。为了解决该问题,在第二实施例的光学装置200中配设了基准板8,并且各检测单元16检测基准板8与镜1之间的距离。在具有上述布置的光学装置200中,控制单元15基于检测单元16的检测结果控制第一致动器2和第二致动器4,使得镜1的反射面1a的形状被改变为目标形状。这使得第二实施例的光学装置200能够以高速使镜1的反射面1a精确地变形。如图6所示,基准板8可以经由运动支座12被底板6支持,而不是被结构体11支持。

[0065] <第三实施例>

[0066] 将参照图7描述根据第三实施例的光学装置300。图7是示出根据第三实施例的光学装置300的截面图。当与第一实施例的光学装置100相比较时,在第三实施例的光学装置300中,镜1的一部分(例如,中心部)经由固定构件13被固定至底板6。如果没有光被发射到用于曝光装置或天文望远镜的镜1的中心部,则没有必要在镜1的中心部使反射面1a变形。在这种情况下,可以将镜1的中心部经由固定构件13固定至底板6,并且与第一实施例的光学装置100相比较,减少第一致动器2的数量。

[0067] <曝光装置的实施例>

[0068] 将参照图8描述根据实施例的曝光装置。根据该实施例的曝光装置50可以包括照明光学系统IL、投影光学系统PO、能够在保持掩模55的同时移动的掩模台MS、以及能够在保持基板56的同时移动的基板台WS。曝光装置50还可以包括用于控制对基板56进行曝光的处理的控制单元51。

[0069] 通过使由照明光学系统IL中包括的光源(未示出)发射的光穿过照明光学系统IL中包括的狭缝(未示出),能够在掩模55上形成在Y方向上长的圆形曝光区域。掩模55和基板56分别被掩模台MS和基板台WS保持,并且经由投影光学系统PO布置在几乎光学共轭的位置

(在投影光学系统P0的物面和像面的位置)。投影光学系统P0具有预定的投影倍率(例如,1/2),并且将在掩模55上形成的图案投影到基板56上。在与投影光学系统P0的物面平行的方向(例如,X方向)上,以与投影光学系统P0的投影倍率相对应的速度比,扫描掩模台MS和基板台WS。这使得能够将在掩模55上形成的图案转印到基板56。

[0070] 如图8所示,投影光学系统P0可以被构造为包括例如平面镜52、凹面镜53以及凸面镜54。由照明光学系统IL发射并且透过掩模55的曝光光被平面镜52的第一面52a偏转了光路,并且入射凹面镜53的第一面53a。然后,由凹面镜53的第一面53a反射的曝光光被凸面镜54反射,从而入射于凹面镜53的第二面53b。由凹面镜53的第二面53b反射的曝光光被平面镜52的第二面52b偏转了光路,并且在基板56上形成图像。在具有上述布置的投影光学系统P0中,凸面镜54的表面充当光瞳。在上述的曝光装置50的布置中,第一实施例至第三实施例的光学装置中的一个可以用作例如用于使充当镜1的凹面镜53的反射面变形的装置。通过将第一实施例至第三实施例的光学装置中的一个用于曝光装置50,能够使凹面镜53的反射面(第一面53a及第二面53b)变形,从而精确地校正投影光学系统P0的光学像差。曝光装置50的控制单元51可以被构造为包括用于控制光学装置中的致动器的控制单元15。

[0071] <物品的制造方法的实施例>

[0072] 根据本发明的实施例的物品的制造方法适于制造物品,例如诸如半导体设备的微型设备或者具有微观结构的元件。根据该实施例的物品的制造方法包括通过使用上述曝光装置在涂布于基板上的感光剂上形成潜像图案的步骤(对基板进行曝光的步骤)、以及使在上述步骤中形成有潜像图案的基板显影的步骤。该制造方法还包括其他公知步骤(例如,氧化、成膜、沉积、掺杂、平坦化、蚀刻、抗蚀剂去除、切割、粘合及封装)。当与传统的方法相比较时,根据该实施例的物品的制造方法在物品的性能、质量、生产率及生产成本中的至少一者上是有利的。

[0073] 虽然参照示例性实施例对本发明进行了描述,但是应当理解,本发明并不限于所公开的示例性实施例。所附权利要求的范围应当被赋予最宽的解释,以涵盖所有这些变型以及等效的结构和功能。

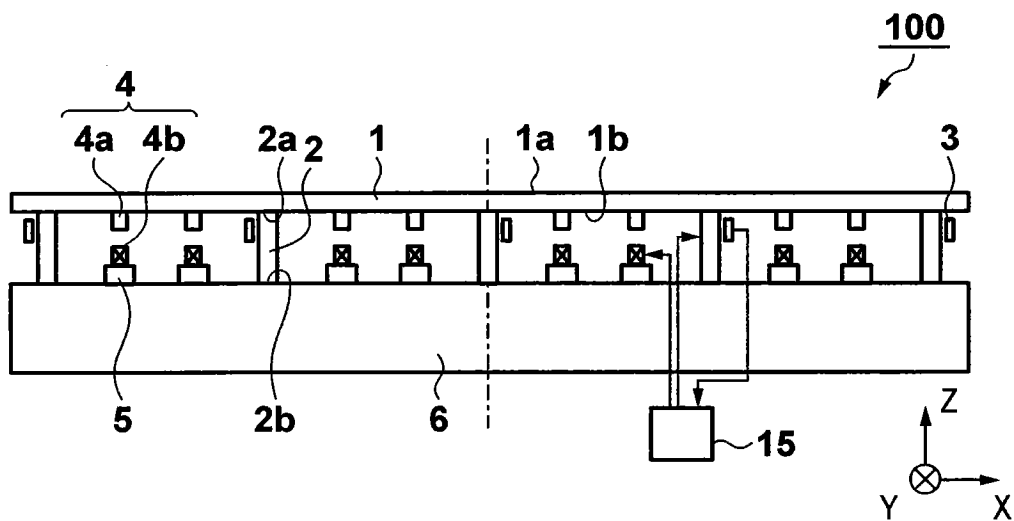


图1A

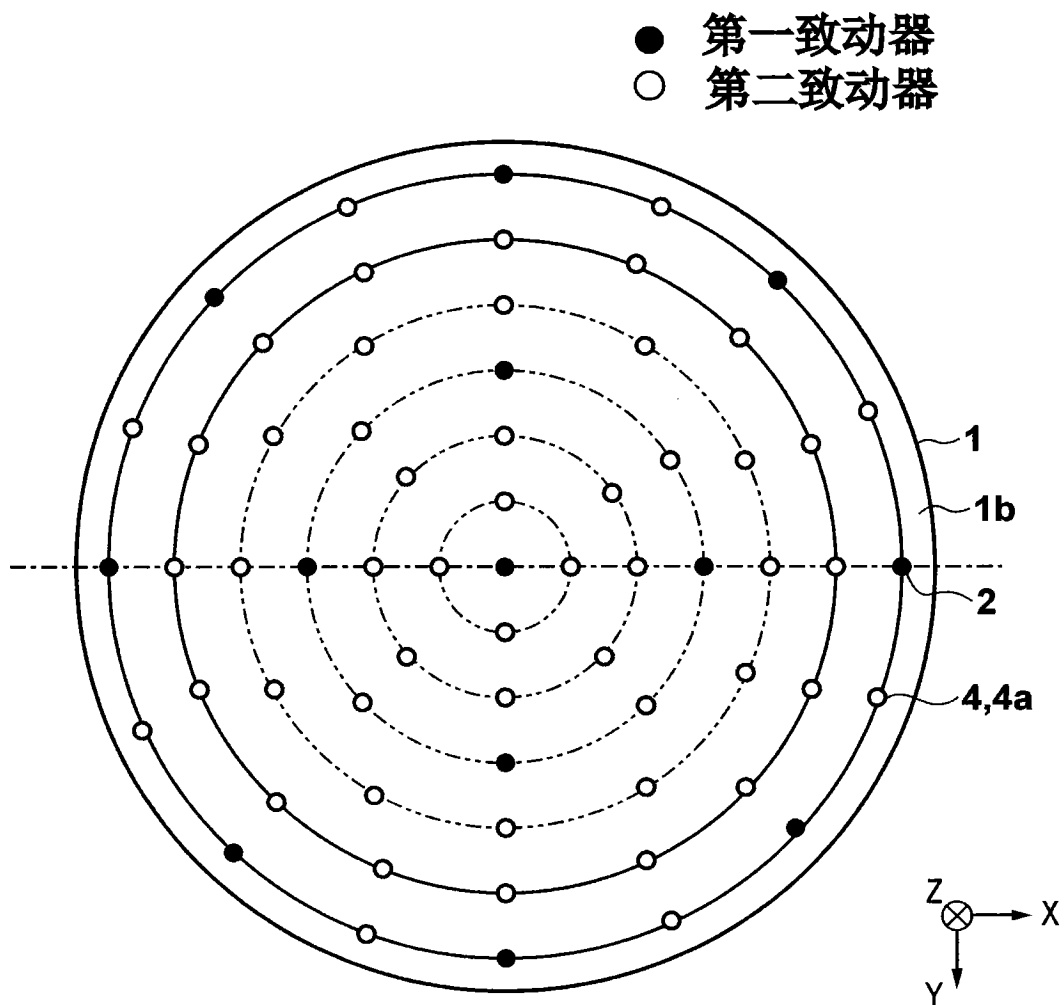


图1B

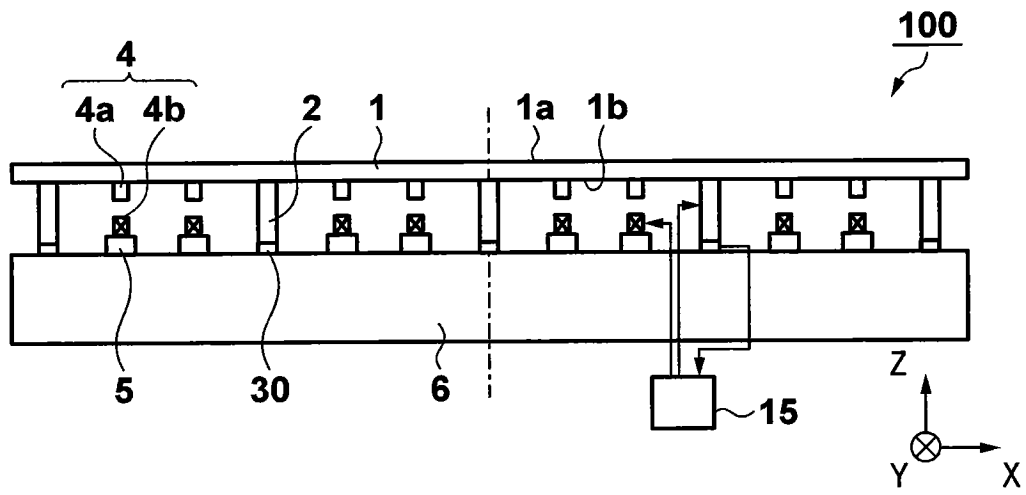


图2

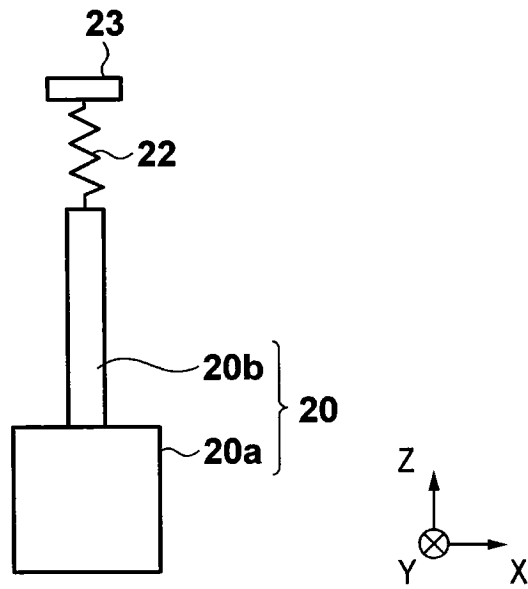


图3

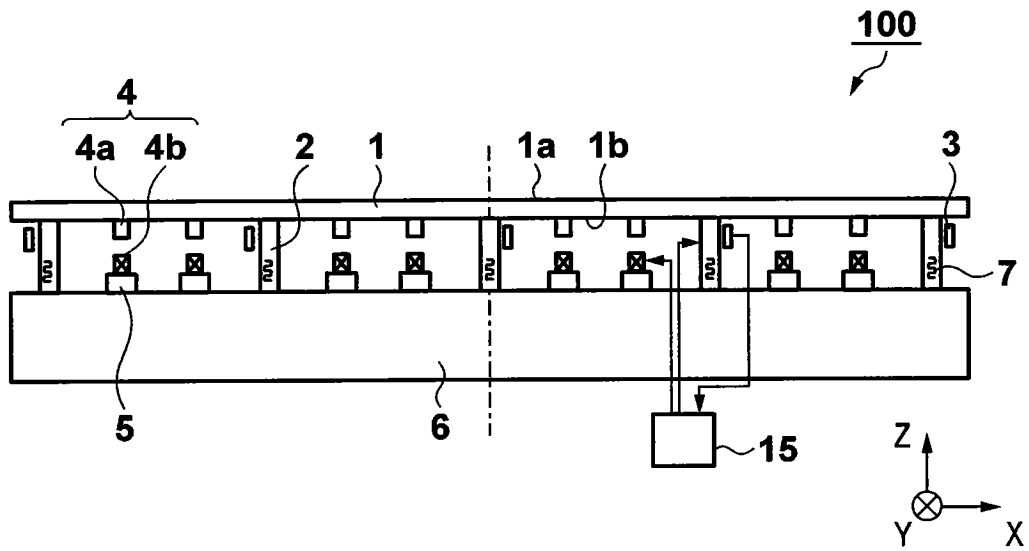


图4

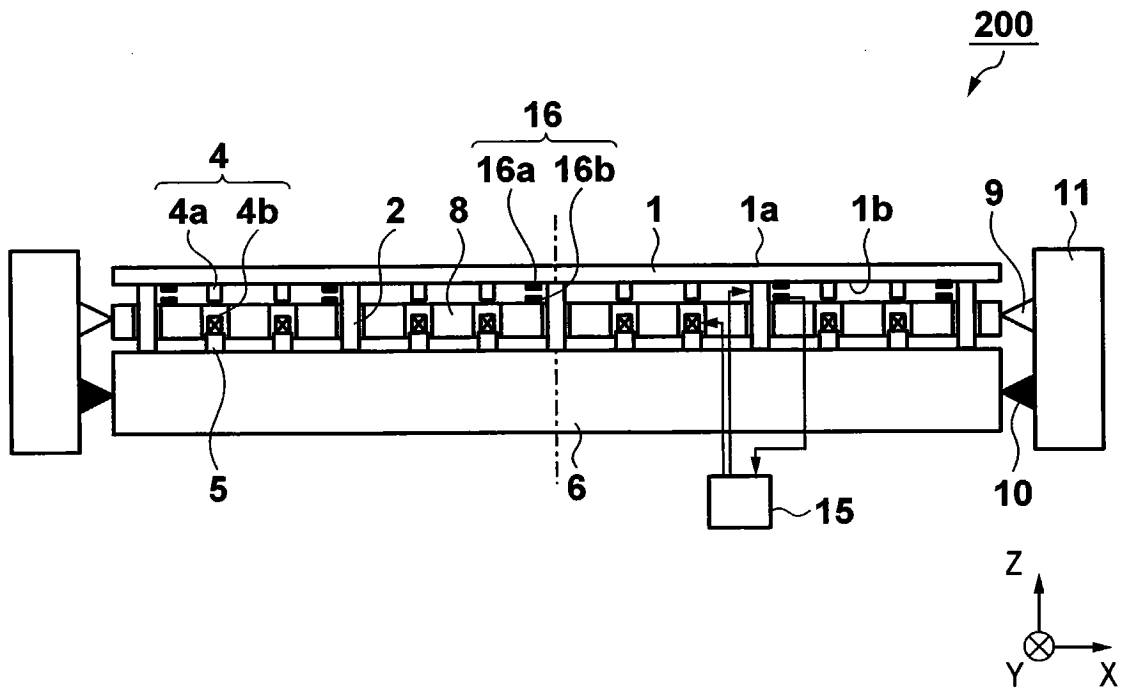


图5

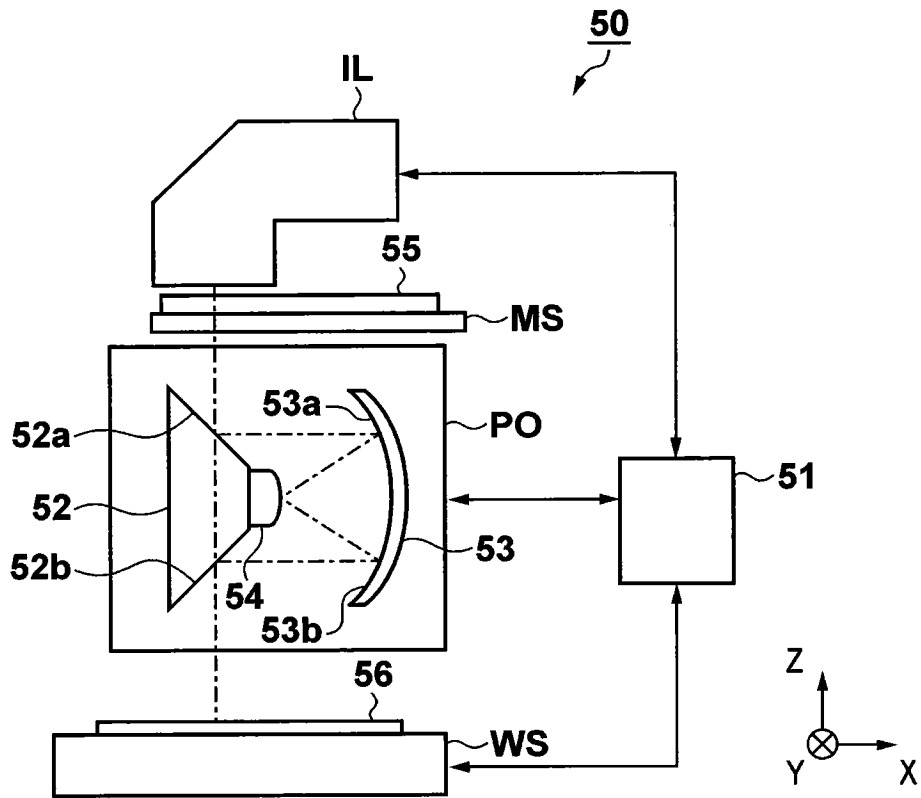


图8

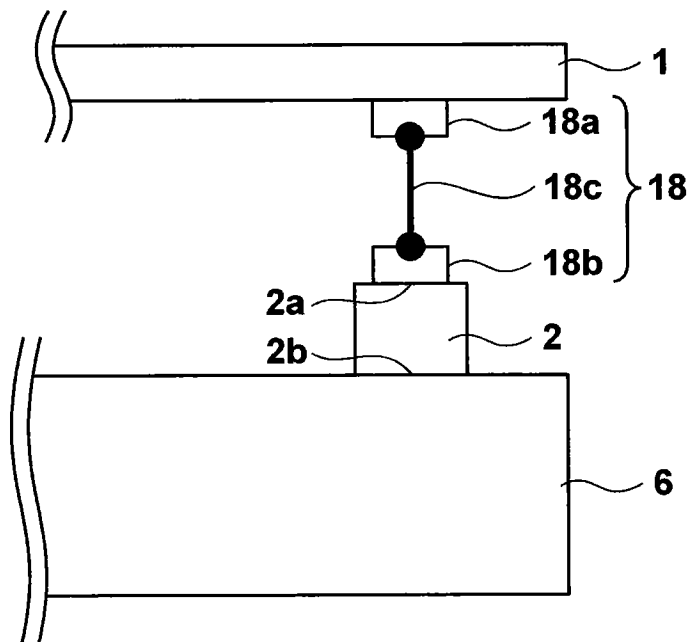


图9

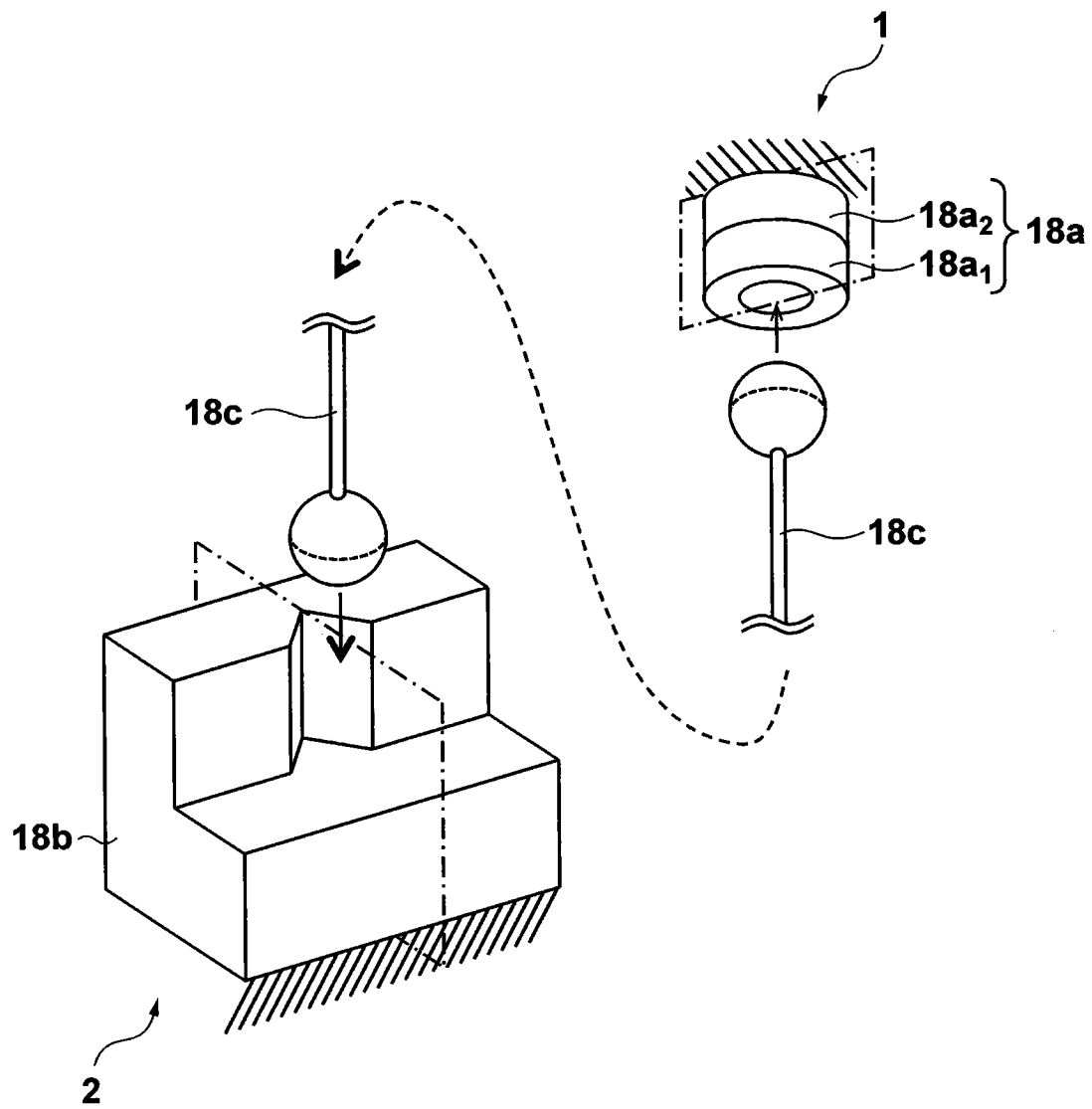


图10

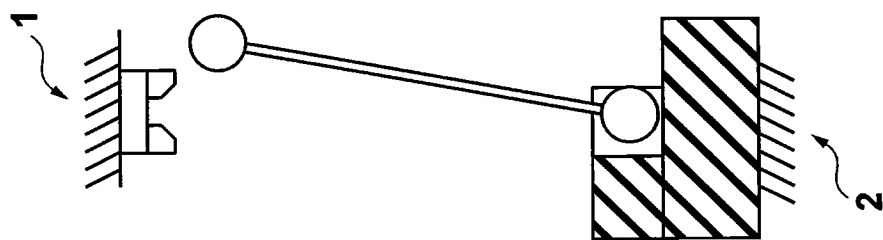


图11A

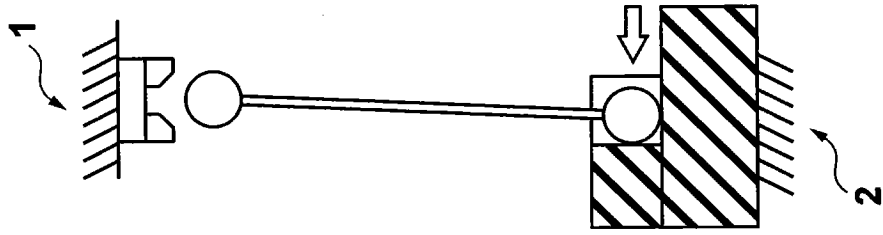


图11B

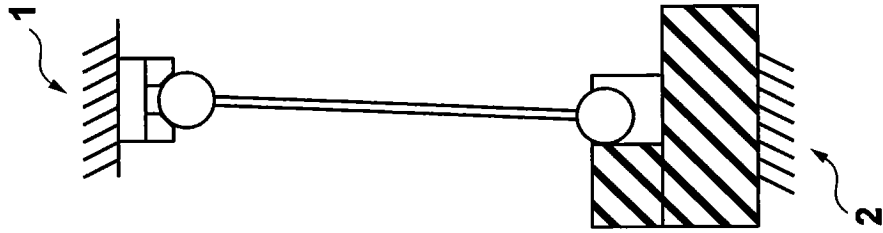


图11C

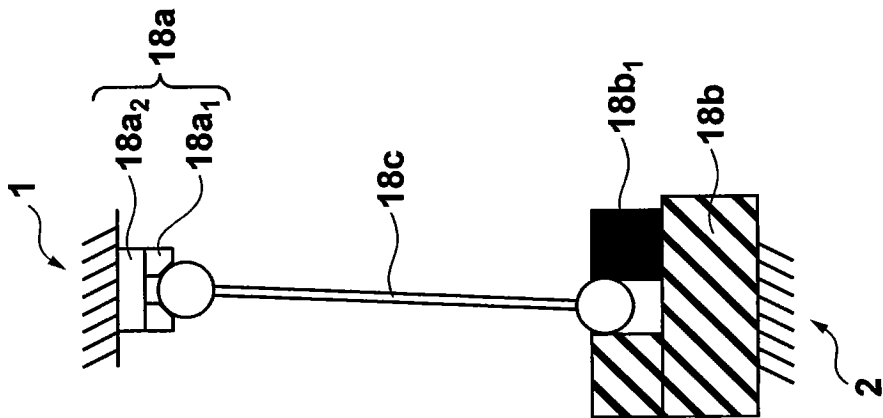


图11D